

**T.2.1.3.- Componentes de las Instalaciones Frigoríficas**

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

**Departamento:** Ingeniería Eléctrica y Energética  
**Area:** Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO [renedoc@unican.es](mailto:renedoc@unican.es)

Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28

<http://www.diee.unican.es/cjre.htm>

Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

- 1.- Introducción
- 2.- Compresores
- 3.- Elementos Auxiliares del Compresor
- 4.- Condensadores
- 5.- Dispositivos de Expansión
- 6.- Evaporadores
- 7.- Tuberías
- 8.- Otros Elementos
- 9.- Selección de Componentes
- 10.- Cámaras Frigoríficas
- 11.- Transporte Frigorífico

**1.- Introducción**

En este tema se hace referencia a los principales elementos y dispositivos de las enfriadoras y bombas de calor

**2.- Compresores (I)**

El componente más importante del equipo

- Partes móviles (mantenimiento, ruido)
- Mayor consumo energético
- Costoso

Aspira el freón proveniente del evaporador (vapor a baja presión y temperatura) por la tubería de aspiración. Lo comprime (elevando su presión y temperatura), expulsándolo por la tubería de descarga hacia el condensador

La presión de condensación no se determina con el compresor. Viene fijada por el medio exterior con el que se refrigere el condensador (agua/aire)

La compresión requiere energía mecánica ⇒ consumo energético

La capacidad del compresor se puede controlar variando las revoluciones del motor que lo acciona. En plantas pequeñas el compresor se controla ON/OFF, con el termostato de la cámara, sin ningún control de capacidad

**2.- Compresores (II)**

Son aptos para un fluido refrigerante (indicado en su placa característica)

Han de ser estancos al aire (humedad)

Fabricantes: Copeland, L'Unite Hermetique Danfoss, Bitzer, Tecumseh, Carlyle...



2.- Compresores: Compresión (I)

Comprimen, mediante el empleo de un trabajo exterior, un vapor o un gas

La compresión elevan la temperatura

Teóricamente es isoentrópica, y el trabajo aplicado es:

$$w_{compS} = h_{Salida} - h_{Entrada}$$

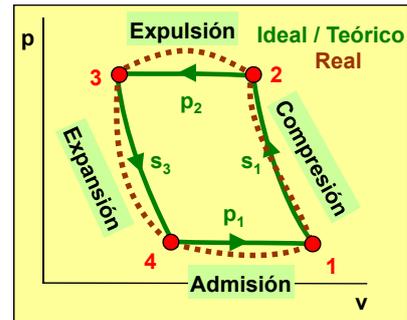
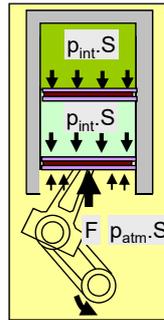
Por unidad de masa

Los **compresores volumétricos**:

- Para bajos caudales
- Las válvulas hacen que el ciclo real sea mayor

Las etapas del ciclo de compresión son:

- 1-2 compresión (s cte)
- 2-3 expulsión (p cte)(abre val. de escape)
- 3-4 expansión (s cte)
- 4-1 admisión (p cte) (abre val. de adm.)



$$\eta_{vol} = \frac{V_1 - V_4}{V_1 - V_3}$$

$\eta \uparrow$  al  $\downarrow$  el espacio muerto ( $V_3$ )  
(al modificar  $V_3$  también lo hace  $V_4$ )

técnicamente es necesario por las válvulas y las tolerancias mecánicas

2.- Compresores: Compresión (II)

$w_{comp}$  se puede  $\downarrow$  si se extrae Q, (refrigerando)

Suponiendo la compresión adiabática es:

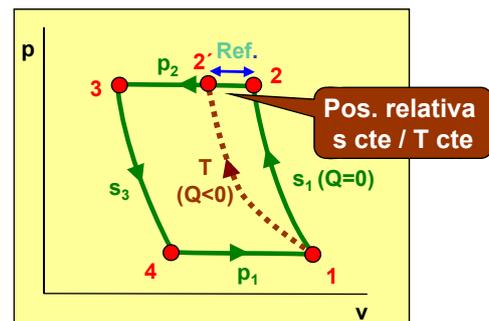
$$\left. \begin{aligned} w_{comp} &= h_2 - h_1 \\ c_p &= \frac{\Delta h}{\Delta T} \end{aligned} \right\} w_{comp} = c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

Si la capacidad térmica es cte, en una compresión con  $s = cte$ :

$$T_2 = T_1 \cdot \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

De esta manera se puede expresar el trabajo como:

$$\left. \begin{aligned} c_p &= \frac{R \cdot \gamma}{\gamma - 1} \\ w_{comp} &= c_p \cdot (T_2 - T_1) \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} w_{comp} &= \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \cdot [T_2 - T_1] \\ T_2 &= T_1 \cdot \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \end{aligned} \right\} w_{comp} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \cdot \left[ T_1 \cdot \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - T_1 \right]$$



$$w_{comp} = \frac{\gamma \cdot R}{\gamma - 1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

Por unidad de masa

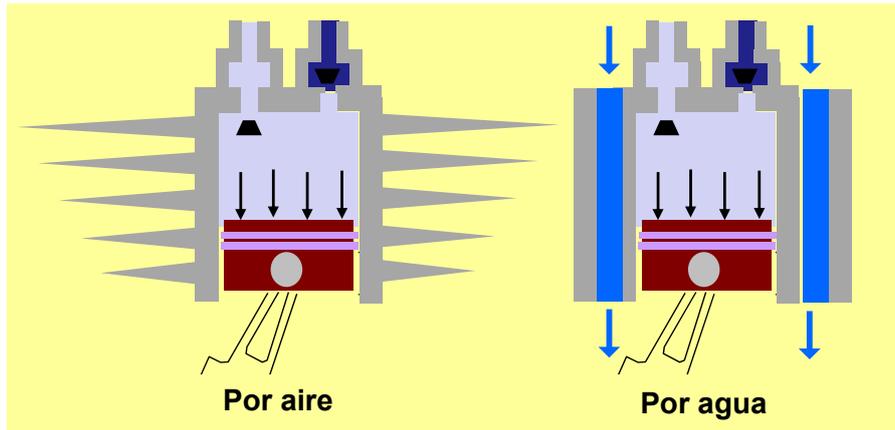
Interesa  $T_1$  baja

2.- Compresores: Compresión (III)

La compresión  $\Rightarrow \uparrow T^a$  en el aire comprimido  $\Rightarrow \uparrow T^a$  la cámara de compresión  $\Rightarrow$

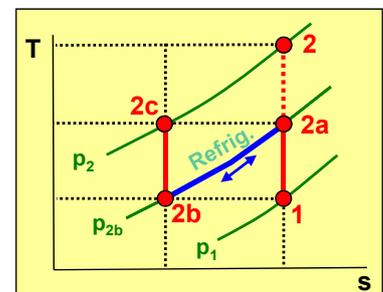
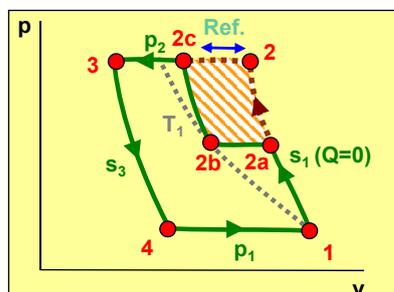
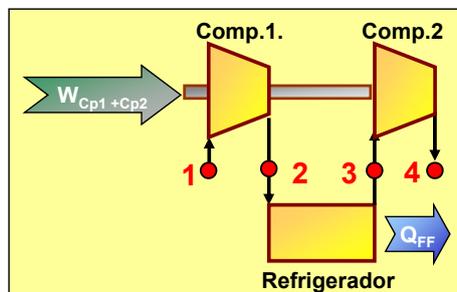
$\Rightarrow \uparrow T^a$  en el aire admitido comprimido  $\Rightarrow \downarrow$  masa de aire admitido

El efecto se mejora **refrigerando** la cámara de compresión



2.- Compresores: Compresión (IV)

Constructivamente es difícil refrigerar en el interior del compresor; en la práctica se instalan dos compresores, y una etapa intermedia de refrigeración



$w_{comp}$  es suma de dos etapas

$$w_{comp} = \frac{\gamma \cdot R}{\gamma - 1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{p_{2a}}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] + \frac{\gamma \cdot R}{\gamma - 1} \cdot T_{2b} \cdot \left[ \left( \frac{p_2}{p_{2b}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

La refrigeración ideal es la que iguala la  $T$  de entrada a la segunda etapa a la de entrada a la primera; además será ideal si no se pierde presión

$$T_1 = T_{2b}; p_{2a} = p_{2b}$$

2.- Compresores: Compresión (V)

Para optimizar la presión intermedia,  $p_c$ :

$$W_{\text{comp}} = \frac{\gamma \cdot R}{\gamma - 1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{p_{2a}}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] + \frac{\gamma \cdot R}{\gamma - 1} \cdot T_{2b} \cdot \left[ \left( \frac{p_2}{p_{2b}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

$$\frac{dw}{dp_c} = 0$$

Se obtiene:  $p_c = \sqrt{p_1 \cdot p_2}$        $\frac{p_c}{p_1} = \frac{p_2}{p_d}$

Es decir, la relación de presiones es la misma en cada etapa

Si la compresión se realizara en más etapas esta regla se mantendría

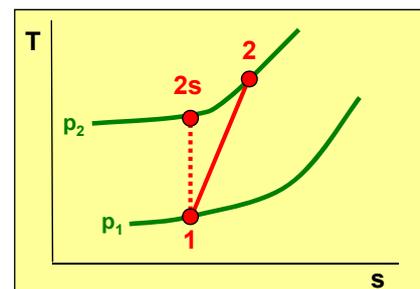
$$\frac{p_c}{p_1} = \frac{p_e}{p_d} = \frac{p_2}{p_f} \quad p_c = \sqrt[3]{p_1^2 \cdot p_2} \quad p_e = \sqrt[3]{p_1 \cdot p_2^2}$$

2.- Compresores: Compresión (VI)

El Compresor tiene un rendimiento isoentrópico

$$\eta_{s \text{ comp}} = \frac{W_{s \text{ comp}}}{W_{\text{comp}}} \quad \begin{cases} W_{s \text{ comp}} = h_{2s} - h_1 \\ W_{\text{comp}} = h_2 - h_1 \end{cases} \quad \eta_{s \text{ comp}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{s \text{ comp}}}$$



$$c_p = \frac{\Delta h}{\Delta T} \Rightarrow \Delta h = c_p \cdot \Delta T \quad \begin{cases} W_{s \text{ comp}} = c_p \cdot (T_{2s} - T_1) \\ W_{\text{comp}} = c_p \cdot (T_2 - T_1) \end{cases} \quad \eta_{s \text{ comp}} = \frac{T_{2s} - T_1}{T_2 - T_1}$$

• con  $s = \text{cte}$ :  $T_{2s} = T_1 \cdot \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

$$T_2 = T_1 + \frac{T_{2s} - T_1}{\eta_{s \text{ comp}}}$$

2.- Compresores: Clasificación (I)

Se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos

Por el Motor de Accionamiento

- Eléctricos (habitual)
- Gas (favorecido por las compañías de gas para desestacionalizar su demanda)
- Motor diesel
- Turbina de gas ...



Por la Separación respecto a su Accionamiento

- Herméticos (eléctricos, pequeña potencia)
- Semiherméticos
- Abiertos (sin interacción de averías)



2.- Compresores: Clasificación (II)

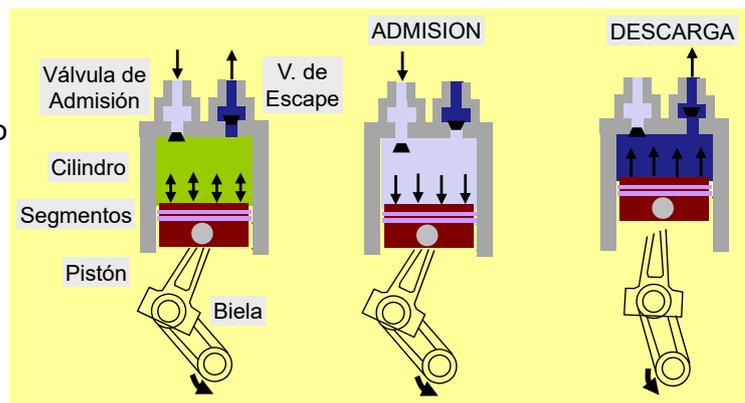
Por el Modo de Compresión (I)

➤ **Alternativos** (reciprocantes) (I)

- La presión se ajusta
- Vibraciones
- 2 válvulas
- Flujo pulsante
- Comportamiento conocido



La capacidad se puede regular si se puede descargar (válvula de admisión abierta) alguno de los cilindros del compresor; pero el rendimiento no se mantiene



$p_{adm} > p_{int} \Rightarrow$ V.A. abierta	$p_{adm} < p_{int} \Rightarrow$ V.A. cerrada
$p_{des} > p_{int} \Rightarrow$ V.D. cerrada	$p_{des} < p_{int} \Rightarrow$ V.D. <u>abierta</u>

2.- Compresores: Clasificación (III)

Por el Modo de Compresión (II)

- **Alternativos** (reciprocantes) (I)
  - La presión se ajusta
  - Vibraciones
  - 2 válvulas
  - Flujo pulsante
  - Comportamiento conocido

La capacidad se puede regular si se puede descargar (válvula de admisión abierta) algún cilindro; pero el rendimiento no se mantiene

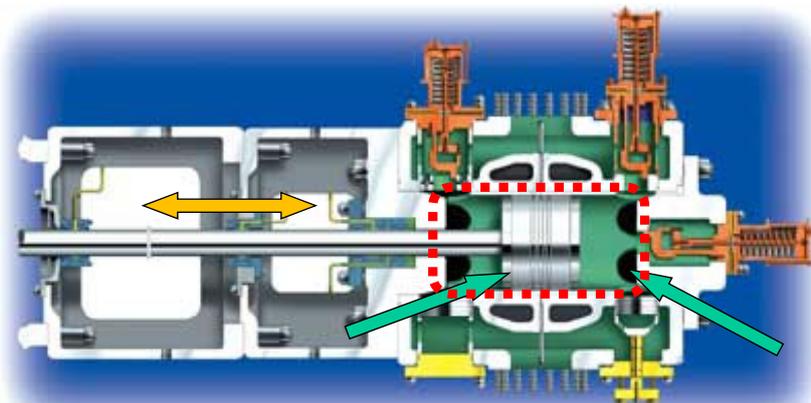
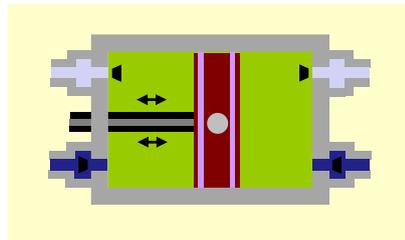


13

2.- Compresores: Clasificación (IV)

Por el Modo de Compresión (III)

- **Alternativos Lineales**
  - Tiene dos cámaras en línea
  - El accionamiento debe ser lineal
  - Cada cámara tiene diferente volumen



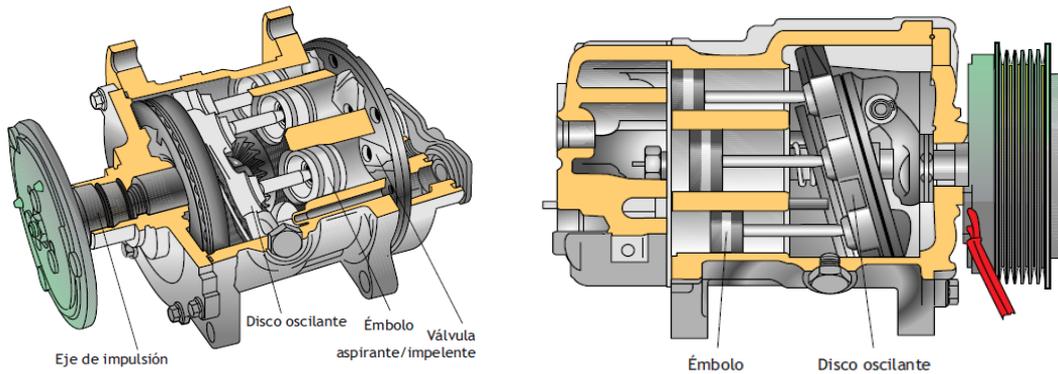
14

2.- Compresores: Clasificación (V)

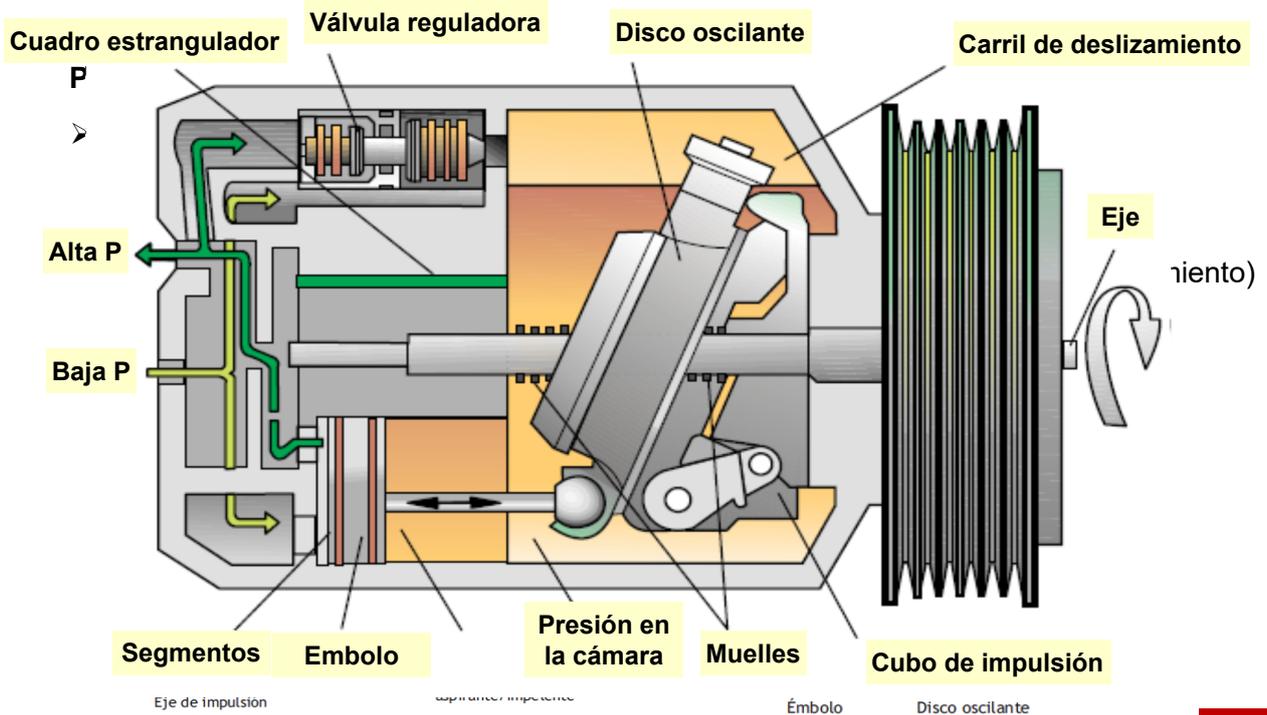
Por el Modo de Compresión (IV)

➤ Alternativos de Pistones Axiales

- Tiene varias cámaras en la dirección del eje
- Un plato guía fuerza la entrada-salida del émbolo
- La inclinación del plato permite regular la capacidad (+ o - mantiene el rendimiento)
- Tienen una única entrada/salida por cilindro y válvulas antiretorno



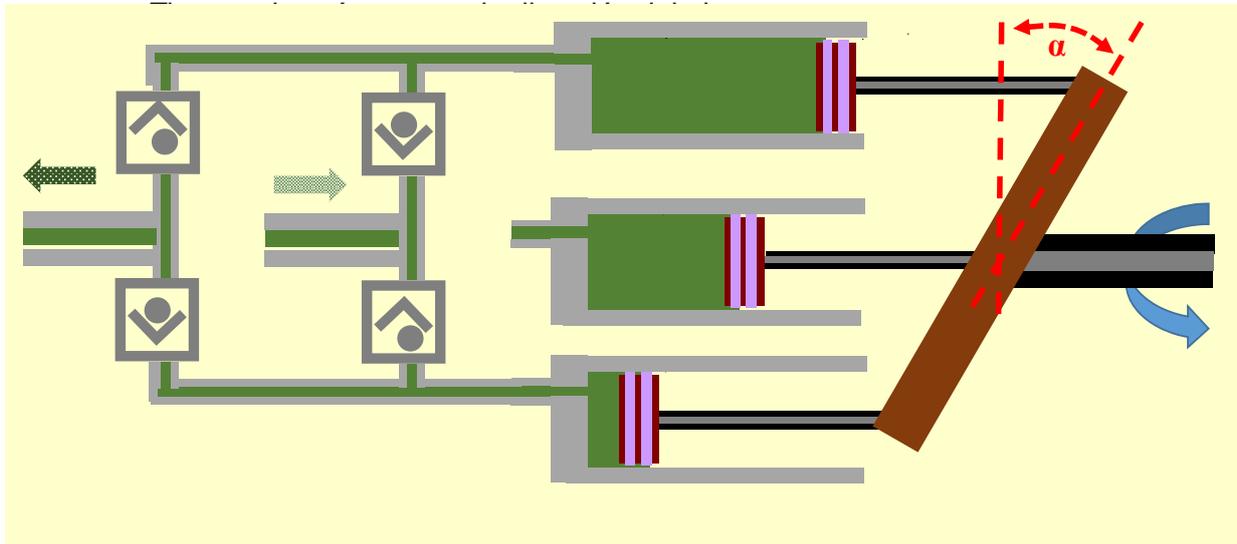
2.- Compresores: Clasificación (VI)



2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el Modo de Compresión (IV)

➤ *Alternativos de Pistones Axiales*

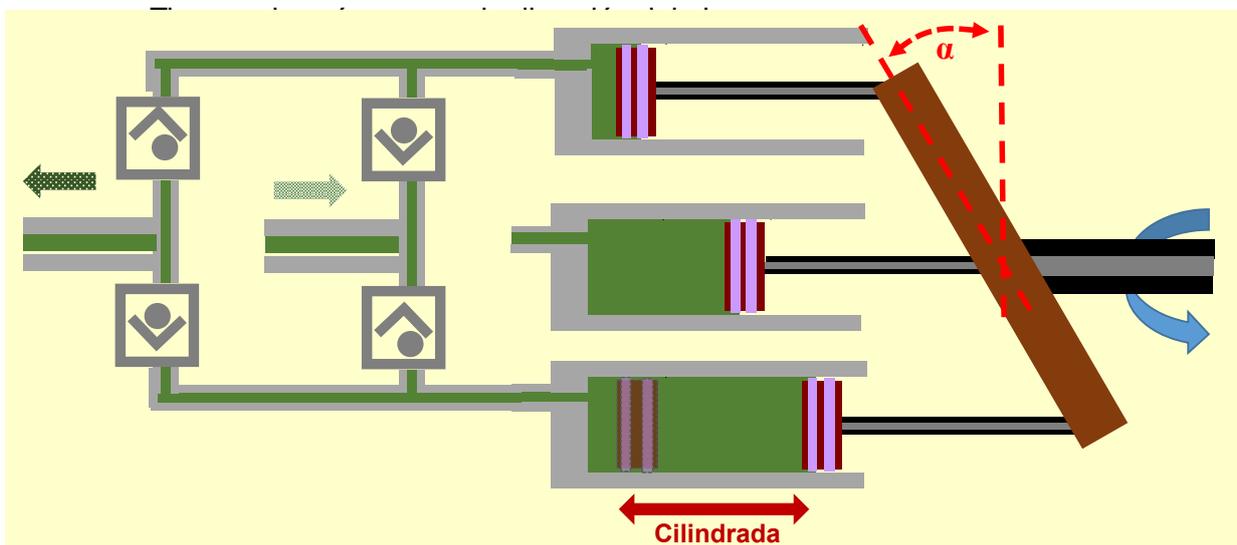


17

2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el Modo de Compresión (IV)

➤ *Alternativos de Pistones Axiales*

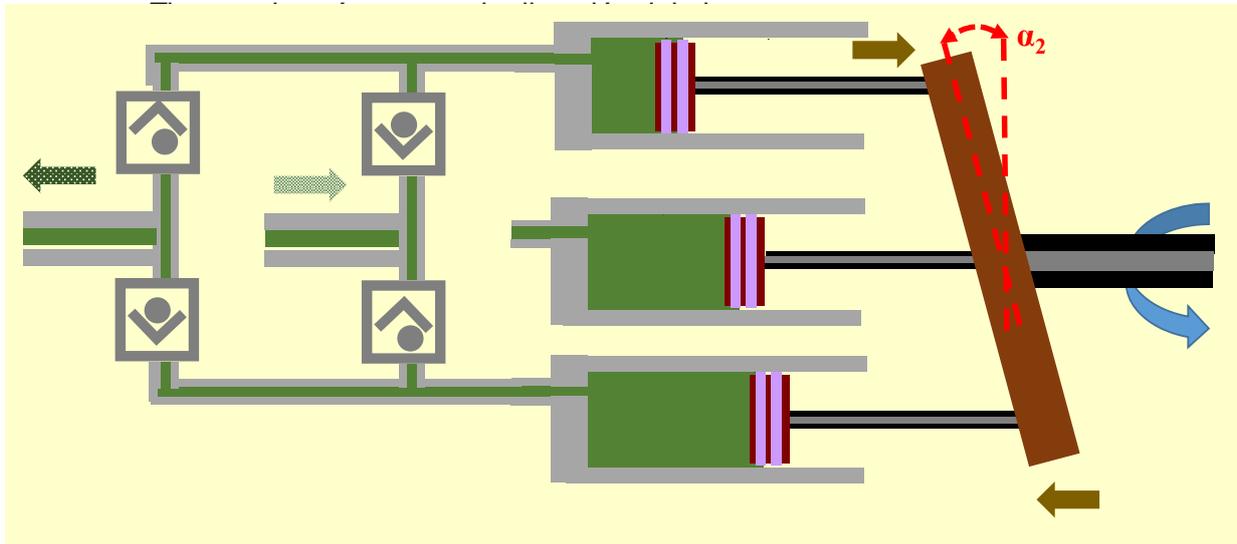


18

2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el Modo de Compresión (IV)

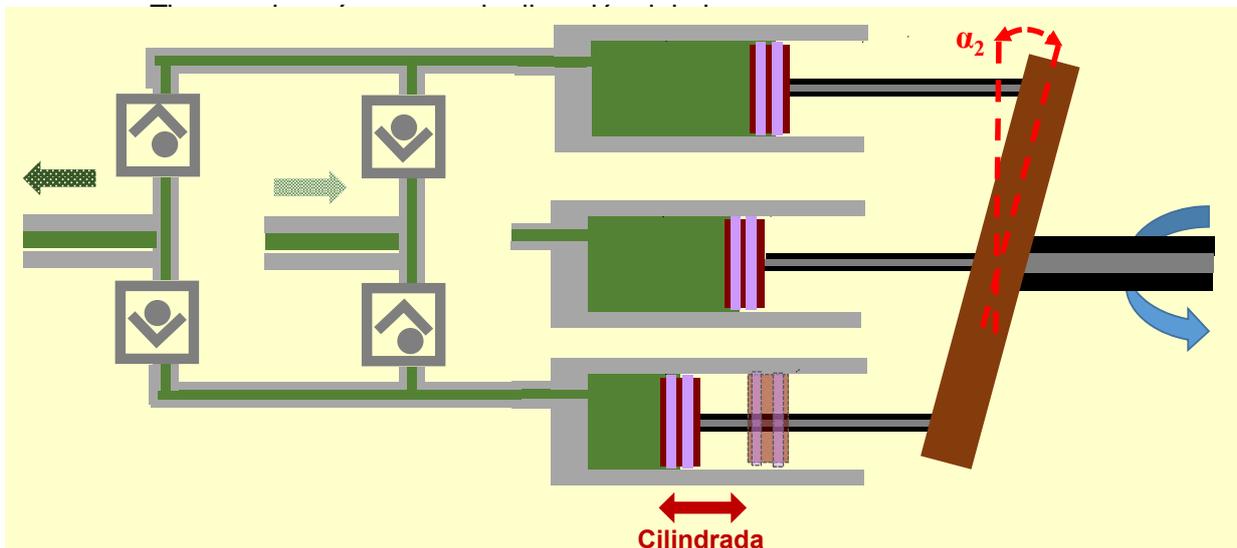
➤ *Alternativos de Pistones Axiales*



2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el Modo de Compresión (IV)

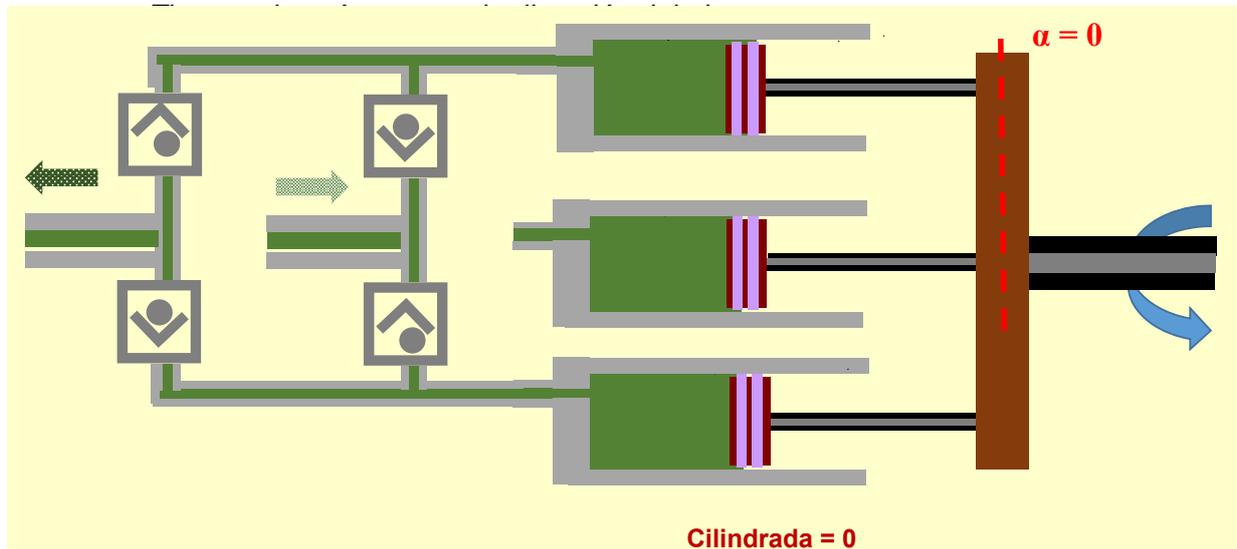
➤ *Alternativos de Pistones Axiales*



2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el Modo de Compresión (IV)

➤ *Alternativos de Pistones Axiales*



21

2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el Modo de Compresión (IV)

➤ *Alternativos de Pistones Axiales*

- Tiene
- Un pla
- La inc
- Tiene



rendimiento)

22

2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el Modo de Compresión (IV)

- **Alternativos de Pistones Axiales**
  - Tiene varias cámaras en la dirección
  - Un plato guía fuerza la entrada-s
  - La inclinación del plato permite re
  - Tienen una única entrada/salida



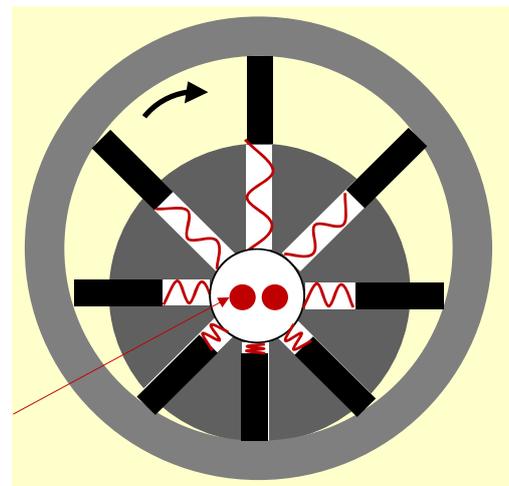
23

2.- Compresores: Clasificación (VI)

Por el Modo de Compresión (V)

- **Alternativos de Pistones Radiales**
  - Tiene varias cámaras en la dirección del radio
  - Tienen válvulas antiretorno

Puertos de  
Entrada  
y Salida



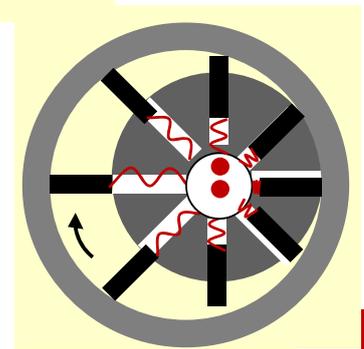
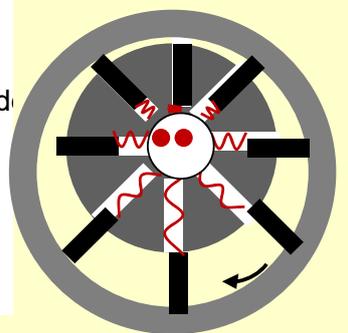
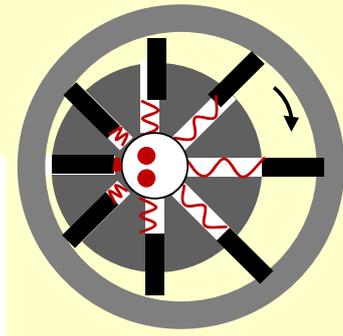
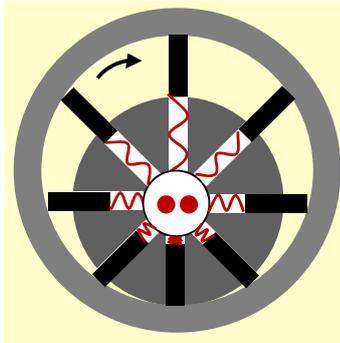
24

2.- Compresores: Clasificación (VI)

Por el Modo de Compresión (V)

➤ **Alternativos de Pistones Radiales**

- Tiene varias cámaras en la dirección de s antiretorno

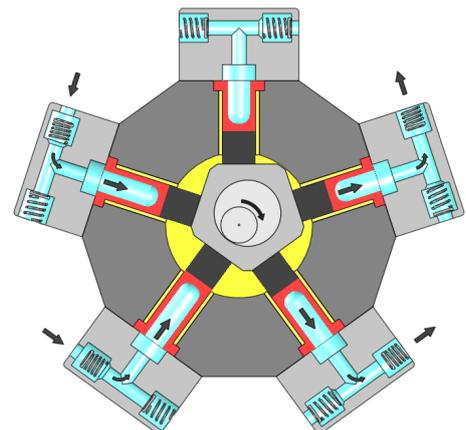
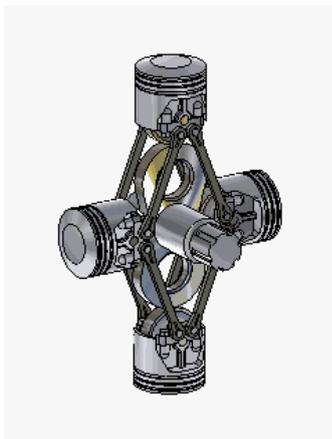


2.- Compresores: Clasificación (VI)

Por el Modo de Compresión (V)

➤ **Alternativos de Pistones Radiales**

- Tiene varias cámaras en la dirección del radio
- Tienen válvulas antiretorno



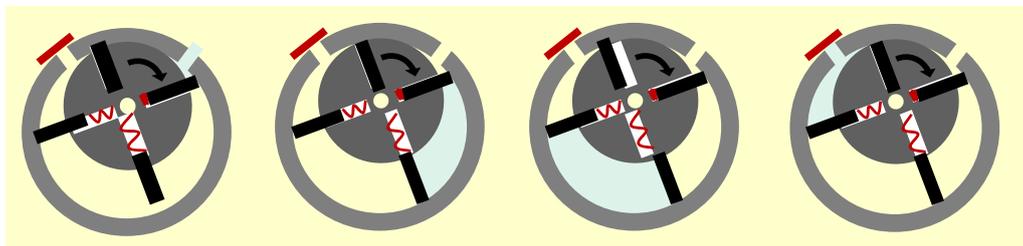
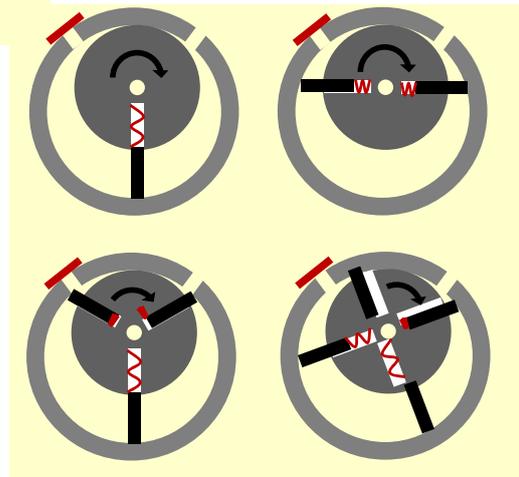
2.- Compresores: Clasificación (VII)

Por el Modo de Compresión (VI)

➤ Rotativos (I)

☐ De paletas:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido
- Débil estanqueidad  
(bajas relaciones de compresión)



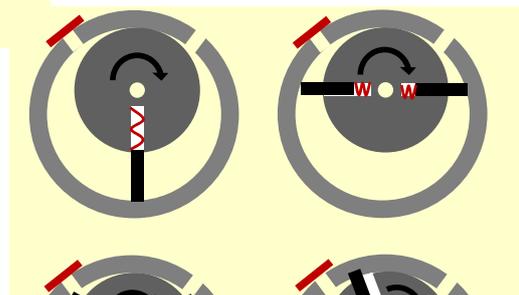
2.- Compresores: Clasificación (VII)

Por el Modo de Compresión (VI)

➤ Rotativos (I)

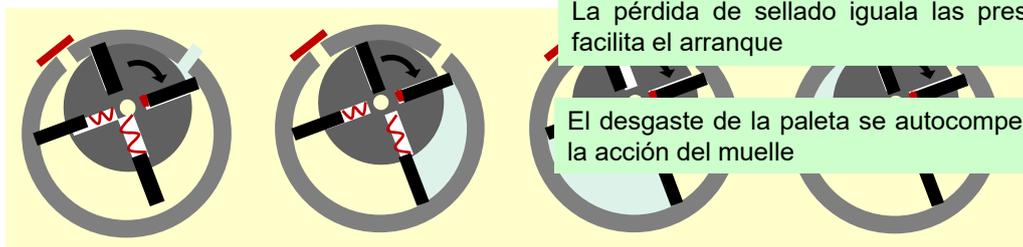
☐ De paletas:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido
- Débil estanqueidad  
(bajas relaciones de compresión)



Con la lubricación se realiza el sellado de la cámara de compresión  
Si el compresor está parado se pierde el sellado, por lo que se hace necesario una válvula de retención que impida el reflujo del vapor comprimido hacia el evaporador  
La pérdida de sellado iguala las presiones y facilita el arranque

El desgaste de la paleta se autocompensa por la acción del muelle



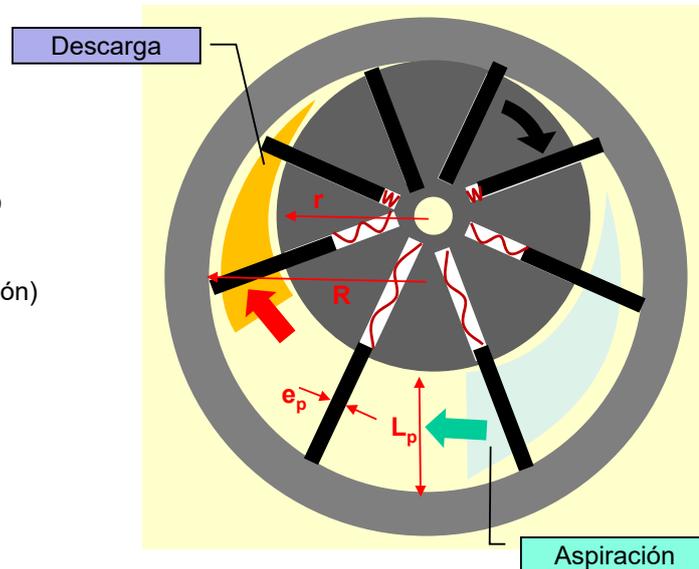
2.- Compresores: Clasificación (VII)

Por el Modo de Compresión (VI)

➤ Rotativos (I)

☐ De paletas:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido
- Débil estanqueidad (bajas relaciones de compresión)



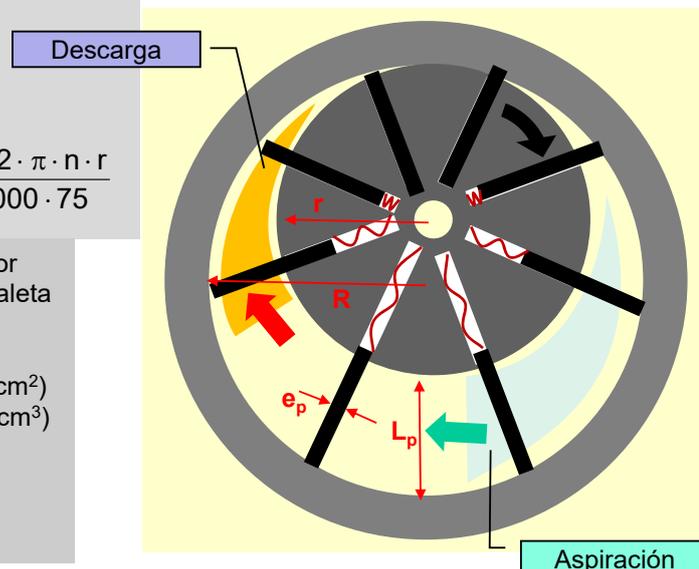
$$V = [\pi \cdot (R^2 - r^2) - (e_p \cdot L_p \cdot N_p / 2)] \cdot L_r \cdot n \cdot 60 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{Par} = F \cdot r = [P_1 \cdot S_1] \cdot r$$

$$Q_N = V_1 \cdot c \cdot n \cdot (P_1 + 1)$$

$$\text{Pot} = \frac{\text{Trabajo}}{t} = \frac{F \cdot e}{t} = F \cdot v = [P_1 \cdot S_1] \cdot [w \cdot r] = \frac{P_1 \cdot S_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r}{60 \cdot 1000 \cdot 75}$$

- R y r los radios del estator y el rotor  
 L<sub>r</sub> y L<sub>p</sub> longitudes del rotor y de la paleta  
 e<sub>p</sub> el espesor de la paleta  
 N<sub>p</sub> el número de paletas  
 S superficie máx de la paleta (cm<sup>2</sup>)  
 V<sub>1</sub> volumen de la cámara máx (cm<sup>3</sup>)  
 n la velocidad de giro  
 v velocidad  
 c n° de cámaras  
 P<sub>1</sub> presión relativa



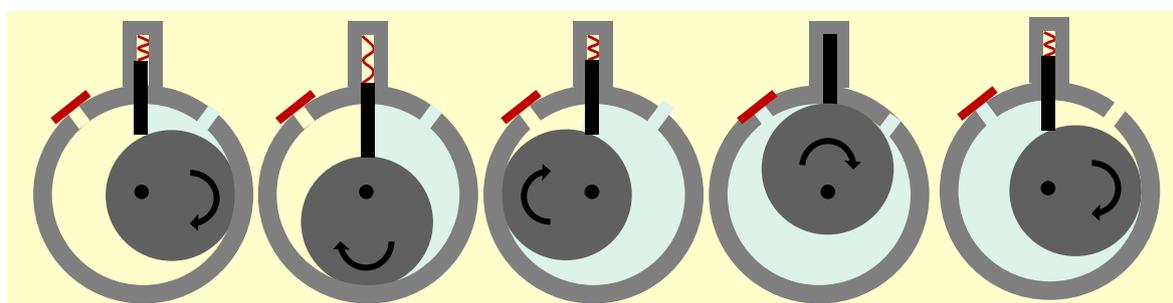
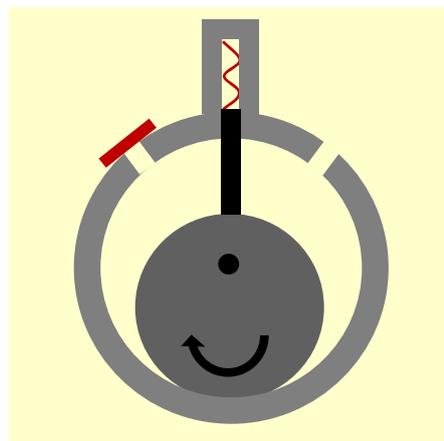
2.- Compresores: Clasificación (VIII)

Por el Modo de Compresión (VII)

➤ Rotativos (II)

☐ De rodillo:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido
- Débil estanqueidad  
(bajas relaciones de compresión)



31

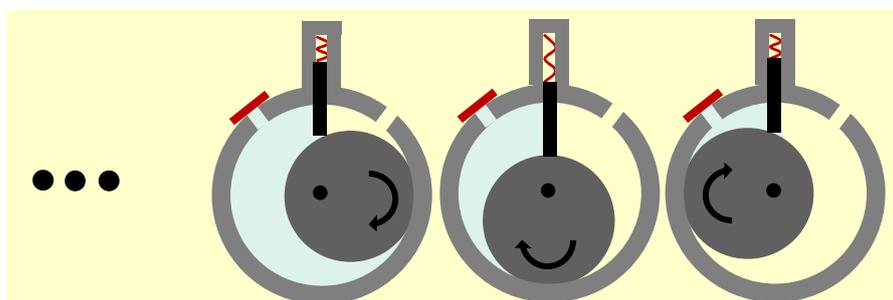
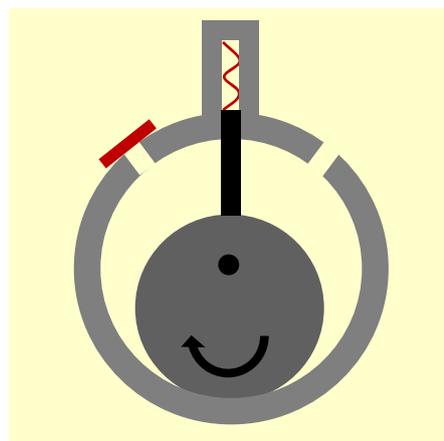
2.- Compresores: Clasificación (VIII)

Por el Modo de Compresión (VII)

➤ Rotativos (II)

☐ De rodillo:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido
- Débil estanqueidad  
(bajas relaciones de compresión)



32

2.- Compresores: Clasificación (VIII)

Por el Modo de Compresión (VII)

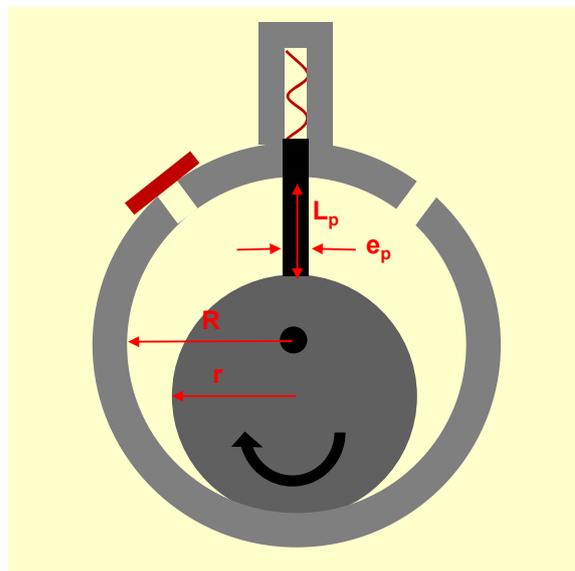
➤ Rotativos (II)

☐ De rodillo:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido
- Débil estanqueidad (bajas relaciones de compresión)

$$V = (\pi \cdot (R^2 - r^2) - (e_p \cdot L_p \cdot N_p)) \cdot L_r \cdot n \cdot 60 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$R$  y  $r$  los radios del estator y el rotor  
 $L_r$  y  $L_p$  longitudes del rotor y de la paleta  
 $e_p$  el espesor de la paleta  
 $N_p$  el número de paletas  
 $n$  la velocidad de giro



33

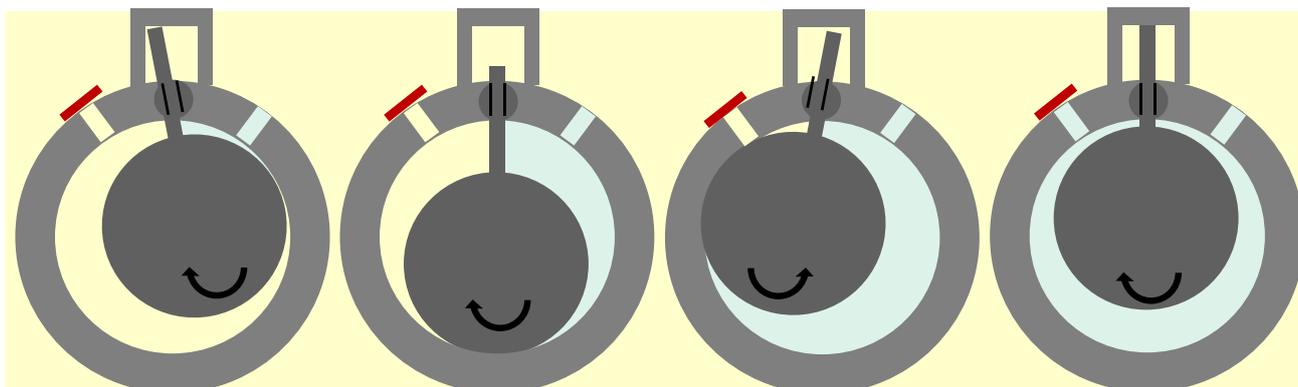
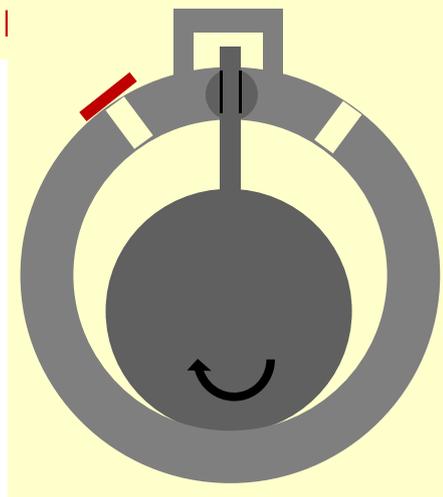
2.- Compresores: Clasificación (IX)

Por el Modo de Compresión (VIII)

➤ Rotativos (III)

☐ Swing:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido



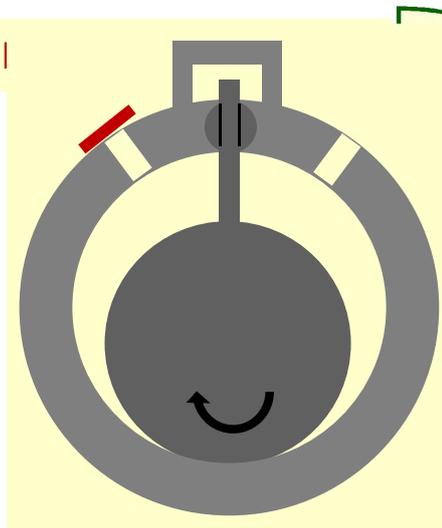
2.- Compresores: Clasificación (IX)

Por el Modo de Compresión (VIII)

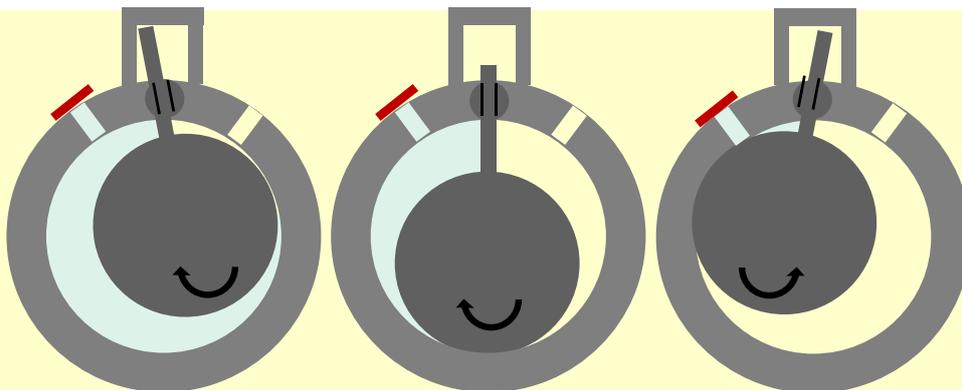
➤ Rotativos (III)

☐ Swing:

- Silenciosos
- Sin válvula de admisión
- Sensibles golpe de líquido



...



2.- Compres

Por el Modo de

➤ Rotativos (II)

☐ Swing:

- Silencio
- Sin válv
- Sensibl



...



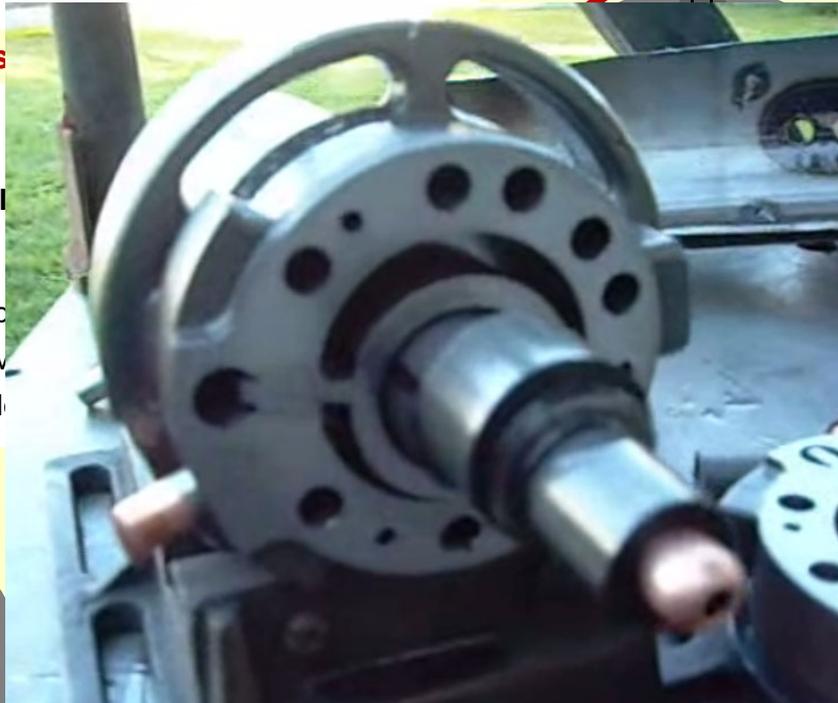
2.- Compres

Por el Modo de

➤ Rotativos (II)

☐ Swing:

- Silencio
- Sin válv
- Sensibl



2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el Modo de Compresión (IX)

➤ Rotativos (IV)

☐ Revolving vane compressor:

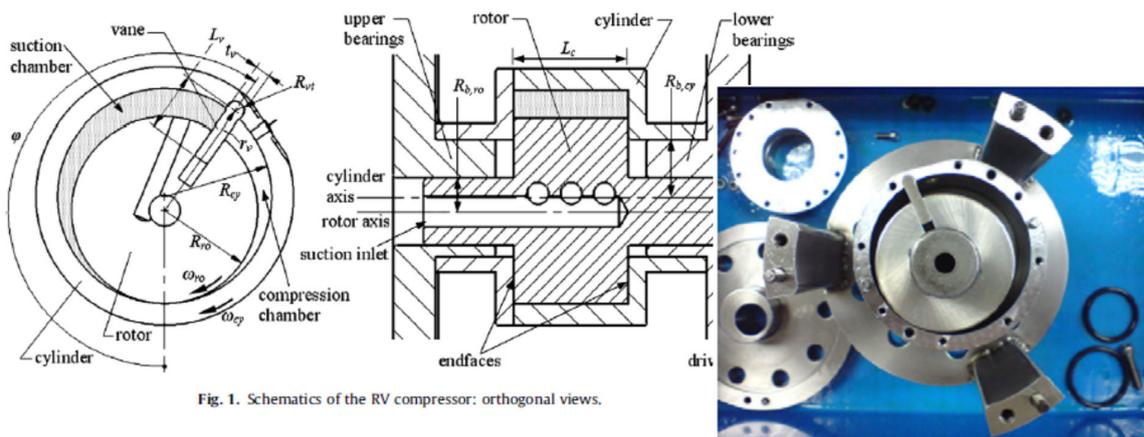


Fig. 1. Schematics of the RV compressor: orthogonal views.

**2.- Compresores: Clasificación (XI)**

Por el Modo de Compresión (X)

➤ **Rotativos (V)**

☐ **De Tornillo (I):**

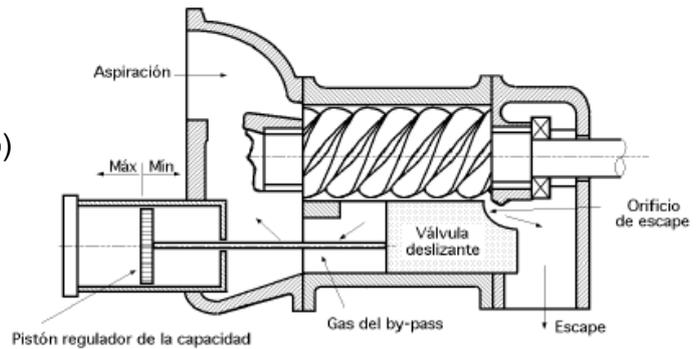
✓ **De Doble Tornillo**

- Macho-hembra
- Sellado con aceite
- Sin válvulas
- Relación de compresión fija
- Regulación de capacidad (no mantiene el rendimiento)
- Inyección de vapor frío



5 lóbulos

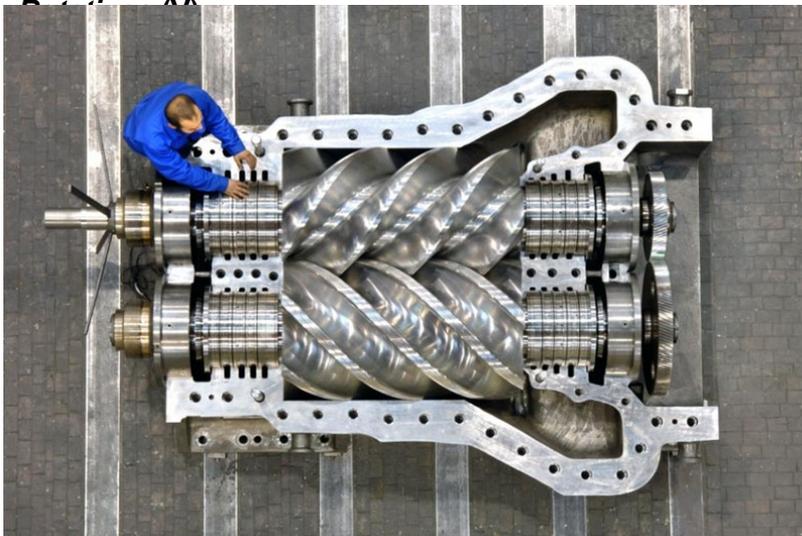
6 huecos



**2.- Compresores: Clasificación (XI)**

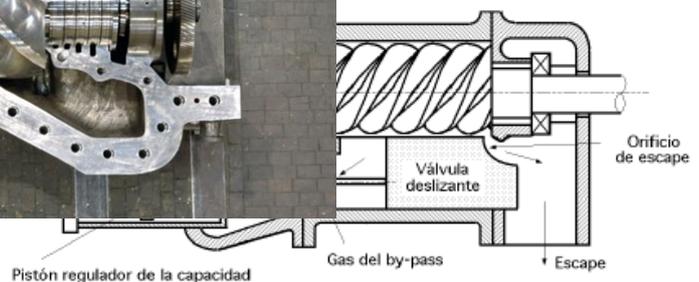
Por el Modo de Compresión (X)

➤ **Rotativos (V)**



5 lóbulos

6 huecos



2.- Comp

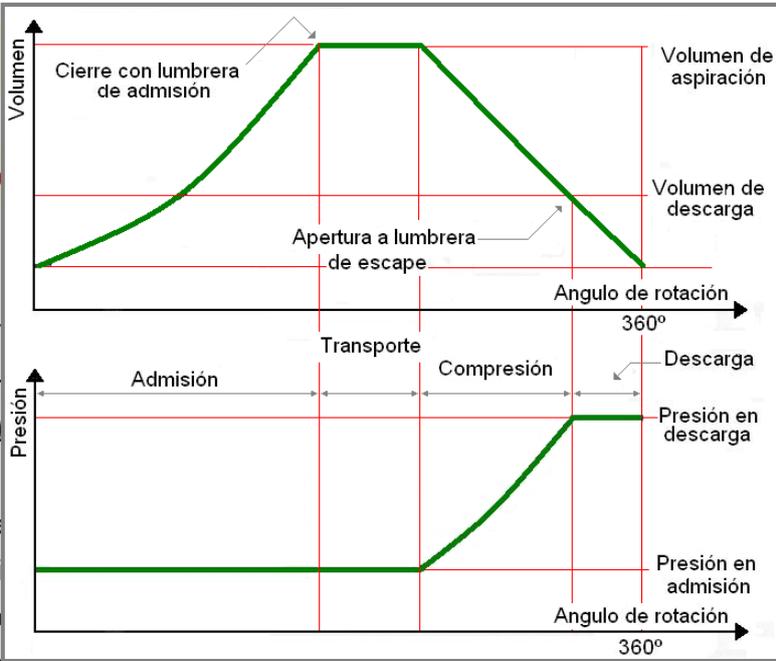
Por el Modo

➤ Rotativo

De Tor

De l

- M
- Se
- Si
- R
- Regulación de capacidad



2.- Comp

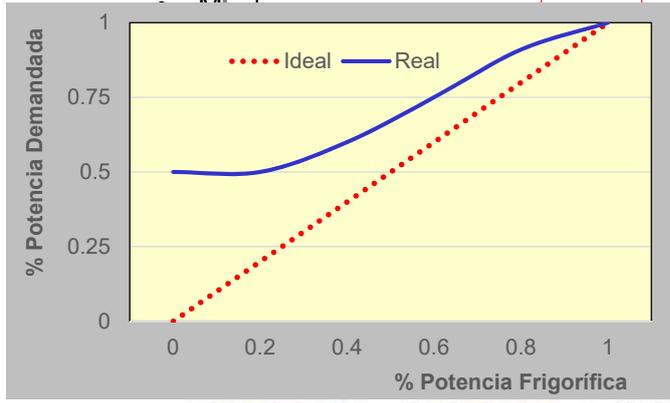
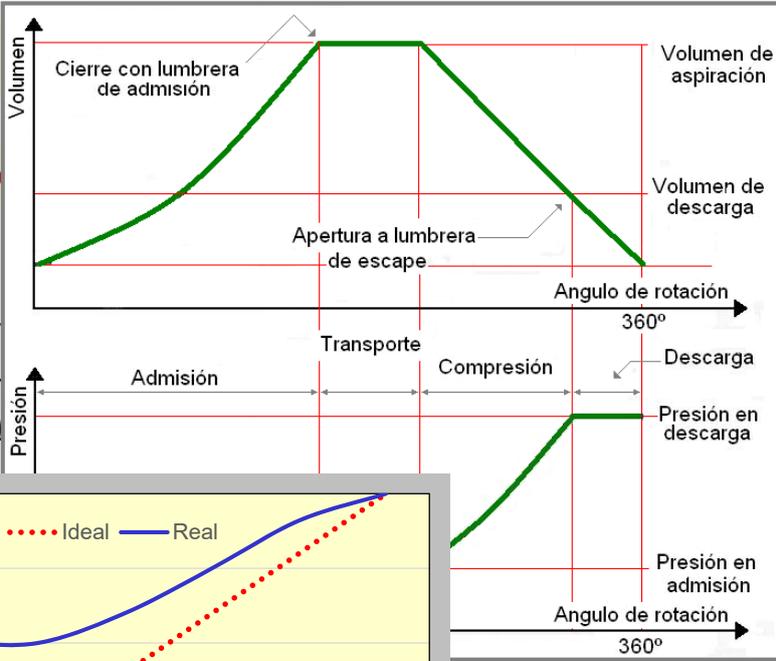
Por el Modo

➤ Rotativo

De Tor

De l

- M
- Se
- Si
- R
- Regulación de capacidad



**2.- Compresores: Clasificación (XI)**

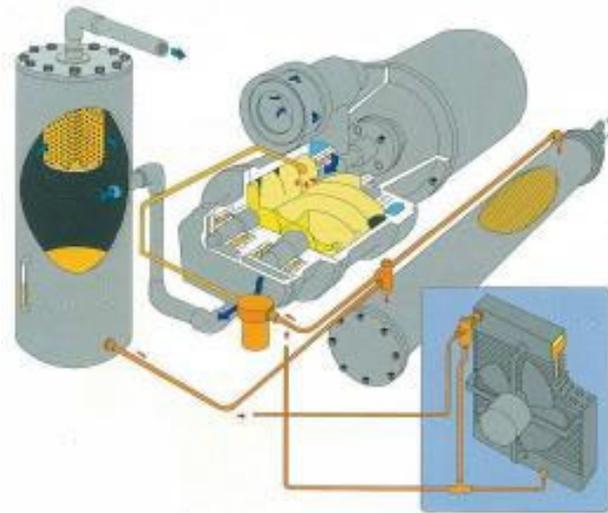
Por el Modo de Compresión (X)

➤ **Rotativos (V)**

☐ *De Tornillo (I):*

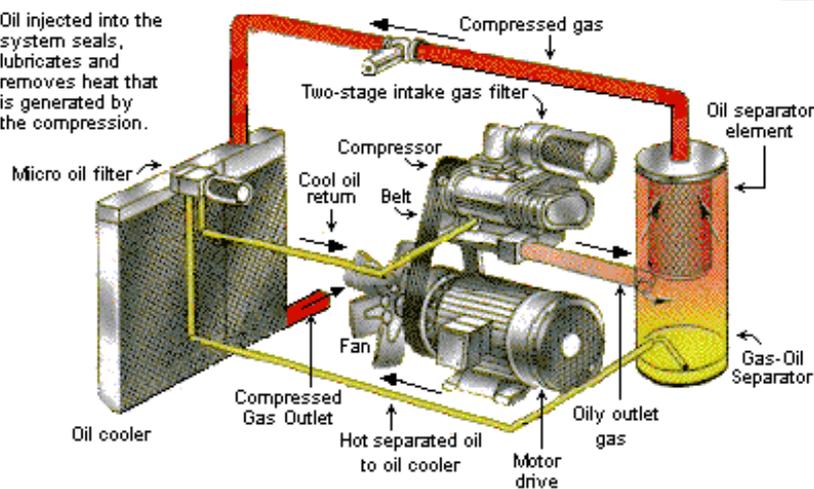
✓ *De Doble Tornillo*

- Macho-hembra
- Sellado con aceite
- Sin válvulas
- Relación de compresión fija
- Regulación de capacidad (no mantiene el rendimiento)
- Inyección de vapor frío

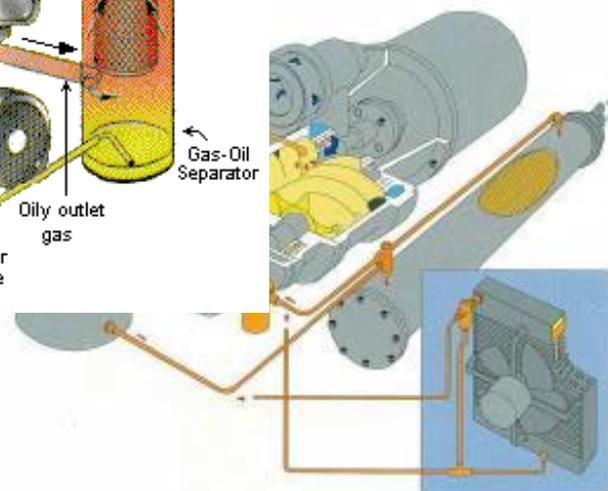


**2.- Compresores: Clasificación (XI)**

Oil injected into the system seals, lubricates and removes heat that is generated by the compression.



- Inyección de vapor frío



2.- Compresores: Clasificación (XI)

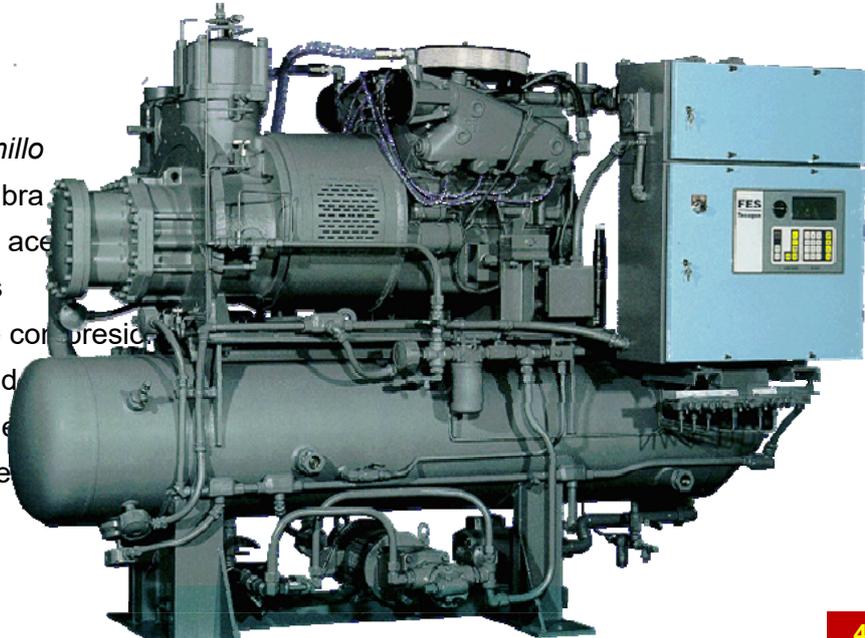
Por el Modo de Compresión (X)

➤ Rotativos (V)

☐ De Tornillo (I):

✓ De Doble Tornillo

- Macho-hembra
- Sellado con aceite
- Sin válvulas
- Relación de compresión
- Regulación de capacidad (no mantiene el rendimiento)
- Inyección de vapor frío



45

2.- Compresores: Clasificación (XI)

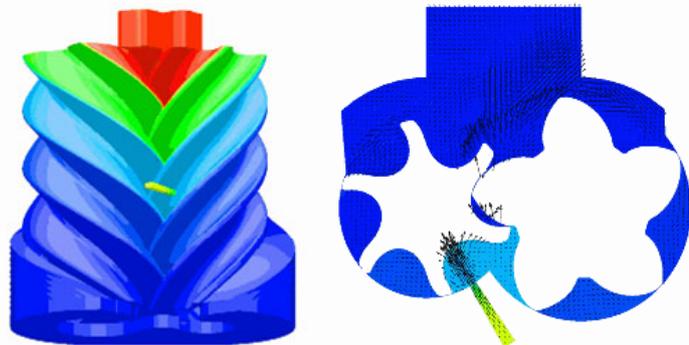
Por el Modo de Compresión (X)

➤ Rotativos (V)

☐ De Tornillo (I):

✓ De Doble Tornillo

- Macho-hembra
- Sellado con aceite
- Sin válvulas
- Relación de compresión fija
- Regulación de capacidad (no mantiene el rendimiento)
- Inyección de vapor frío



46

2.- Compresores: Clasificación (XII)

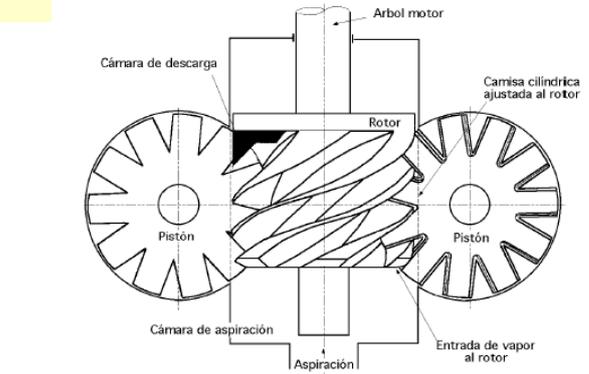
Por el Modo de Compresión (XI)

➤ Rotativos (VI)

☐ De Tornillo (II):

✓ De Tornillo Simple  
(triple tornillo)

- Tornillo y dos satélites
- Control de capacidad (anillo)

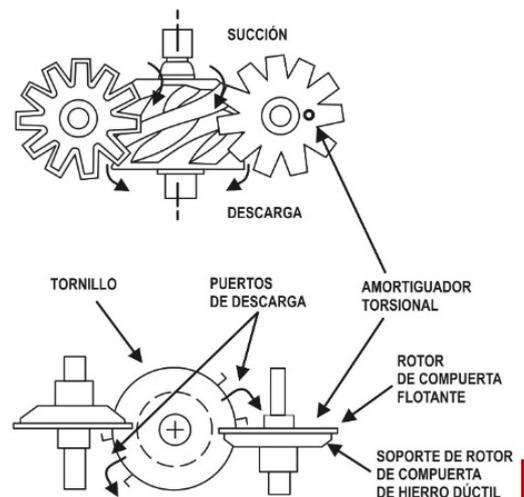
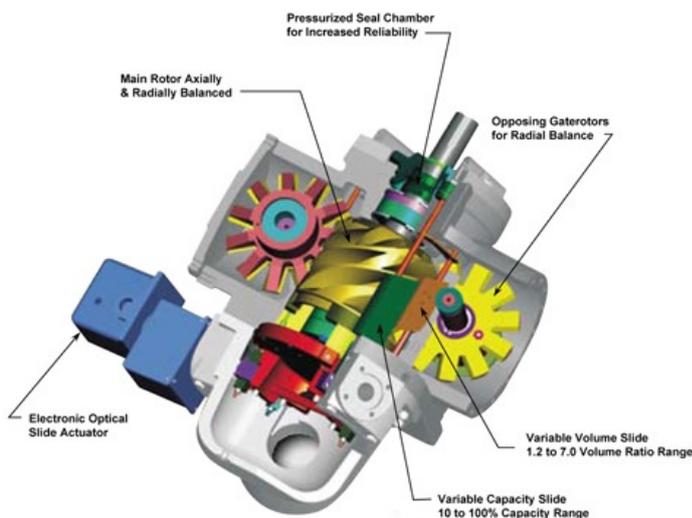


2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el Modo de Compresión (XI)

➤ Rotativos (VI)

☐ De Tornillo (II):



2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el Modo

➤ Rotativos

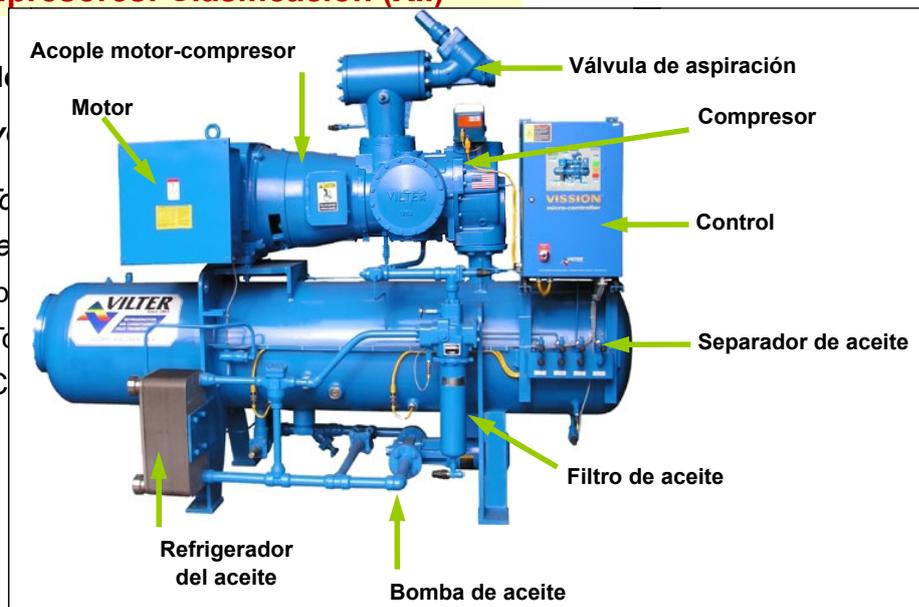
☐ De Tornillo

✓ De

(triple

• Tornillo

• C



El aceite contribuye a refrigerar el compresor

Esto mejora el rendimiento respecto a los alternativos, y permite utilizarlos con rendimientos aceptables con mayores tasas de compresión ( $TC > 8$ )

2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el Modo de Compresión (XI)

➤ Rotativos (VI)

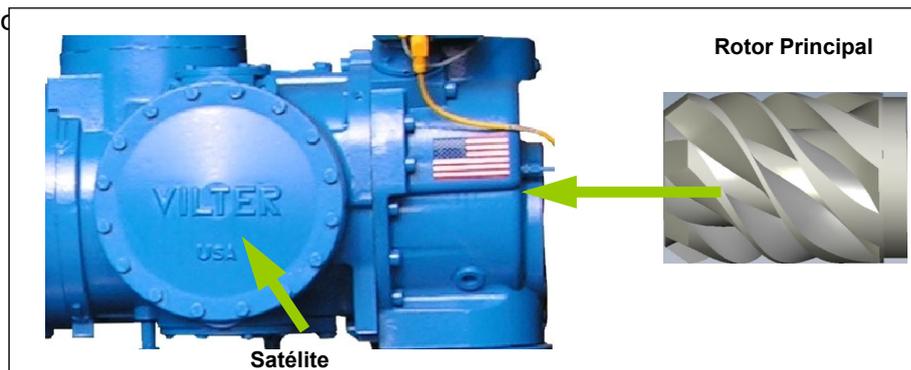
☐ De Tornillo (II):

✓ De Tornillo Simple

(triple tornillo)

• Tornillo y dos satélites

• C



2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el Modo de Compresión (XI)

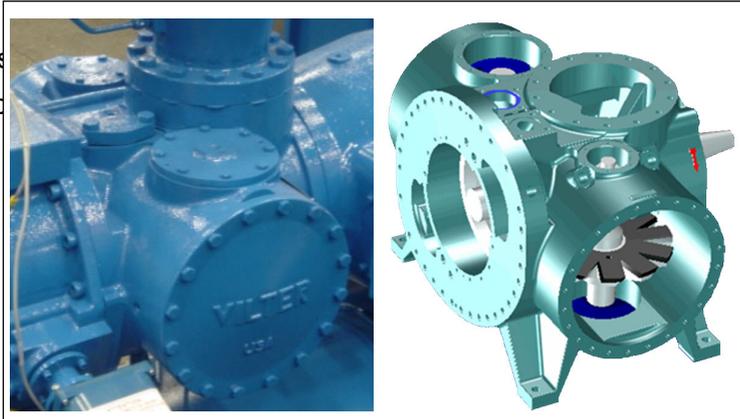
➤ Rotativos (VI)

☐ De Tornillo (II):

✓ De Tornillo Simple

(triple tornillo)

- Tornillo y dos s
- Control de cap



2.- Compresores: Clasificación (XII)

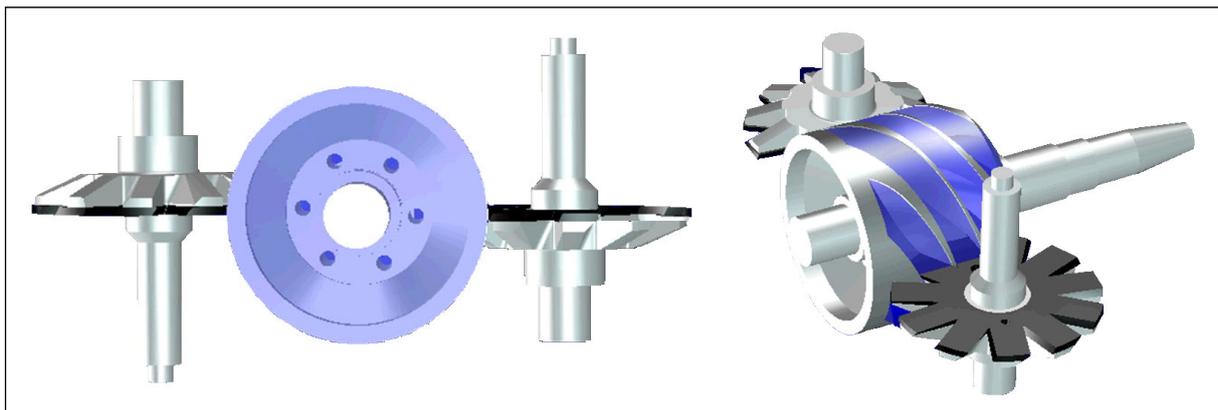
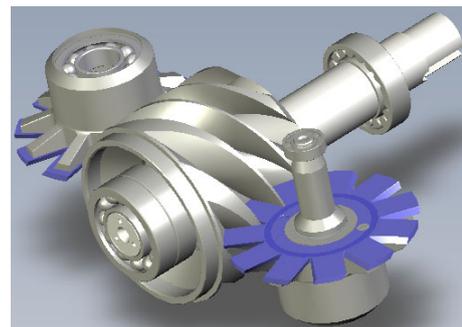
Por el Modo de Compresión (XI)

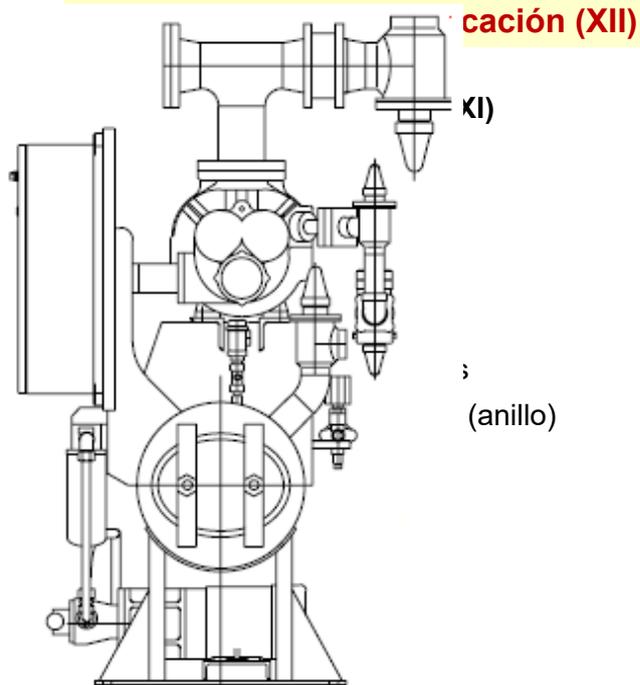
➤ Rotativos (VI)

☐ De Tornillo (II):

✓ De Tornillo Simple

(triple tornillo)





2.- Compresor

Por el Modo de Co

➤ Rotativos (VI)

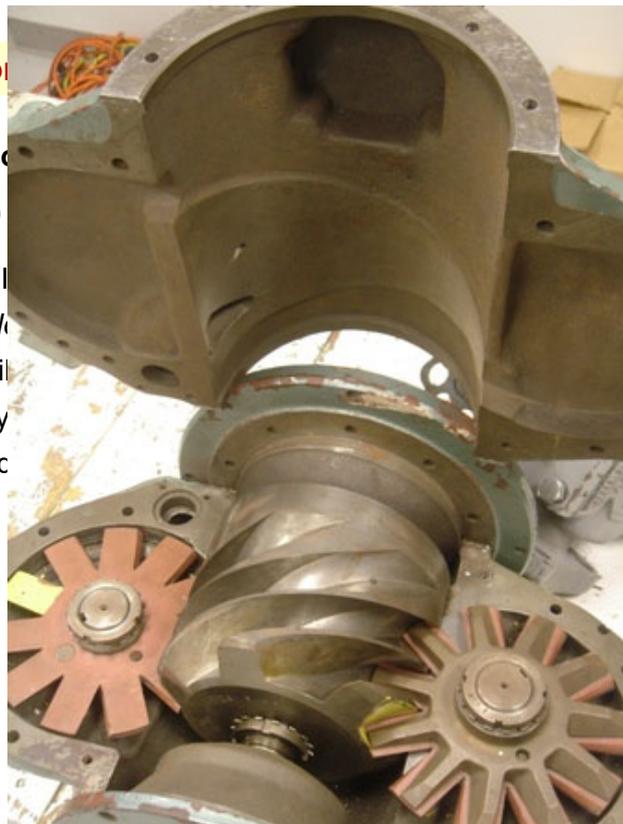
❑ De Tornillo (I)

✓ De Tornillo

(triple tornil

• Tornillo y

• Control c



2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el Modo de Compresión (XI)

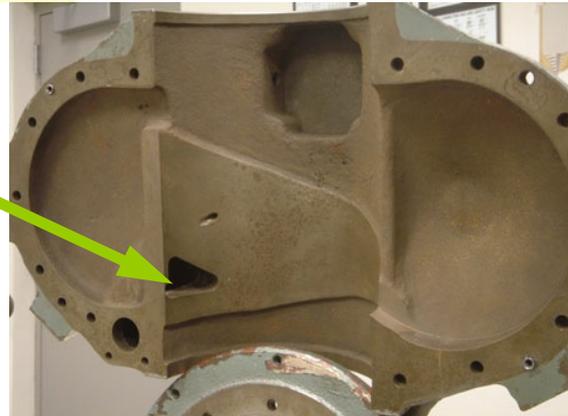
➤ Rotativos (VI)

☐ De Tornillo (II):

✓ De Tornillo Simple  
(triple tornillo)

• Tornillo y dos satélites

Entrada de vapor  
al compresor

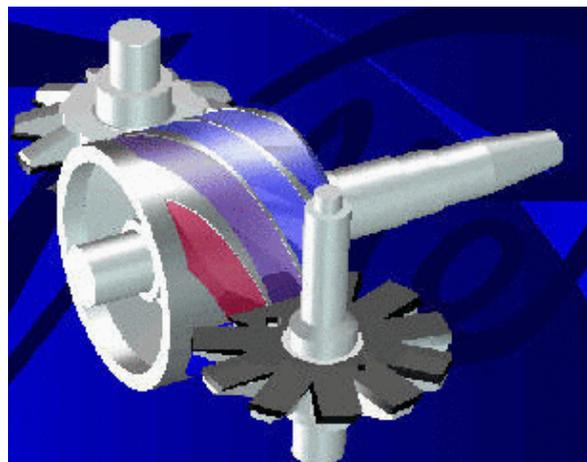
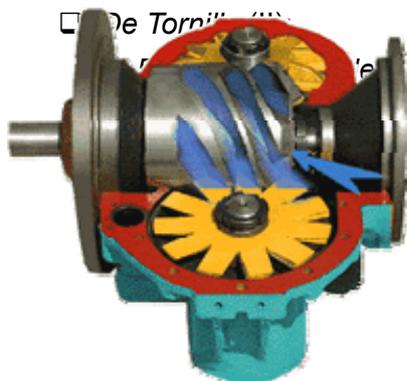


2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el Modo de Compresión (XI)

➤ Rotativos (VI)

☐ De Tornillo (II):



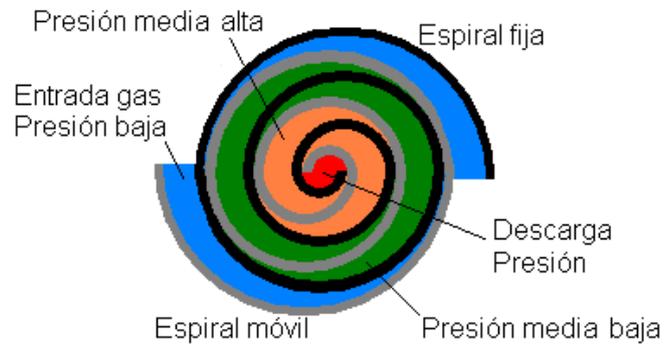
2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (I):

- Dos volutas en forma de espiral
- Varias cámaras enfrentadas
- Flujo continuo
- Sin válvulas
- Relación de compresión fija
- Regulación de capacidad con varias lumbreras de descarga (no mantiene rendimiento)
- Necesita válvula antirretorno
- El sellado no soporta toda la diferencia de presión
- Resistente a la entrada de líquido

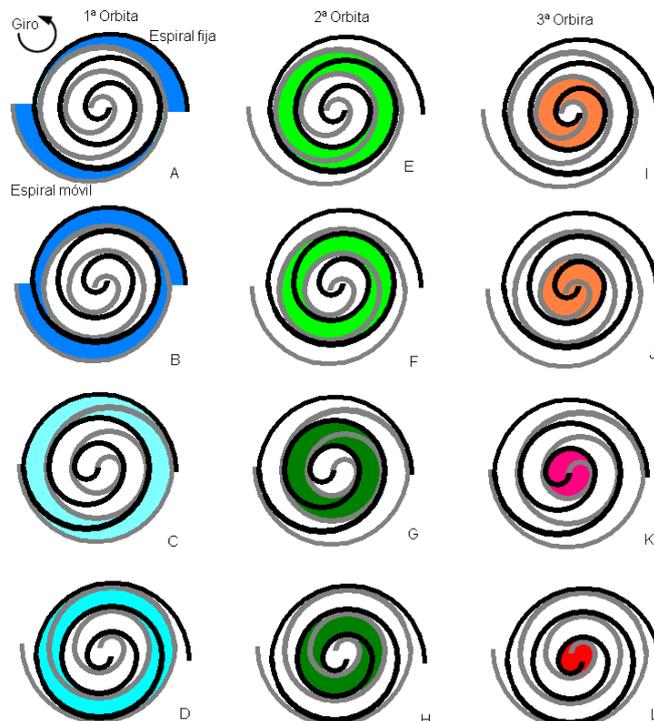
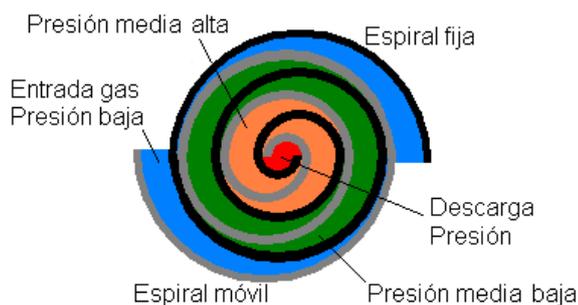


2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (II):

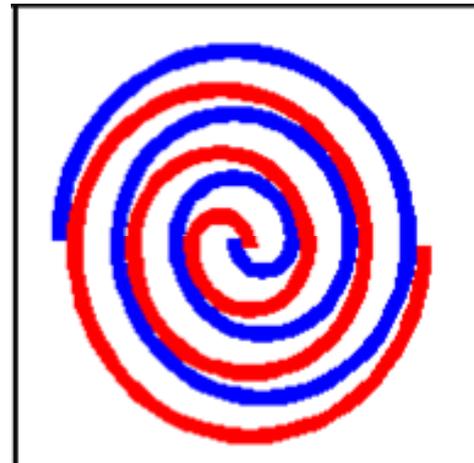


2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (III):



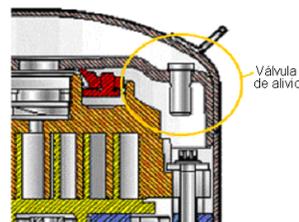
2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (IV):

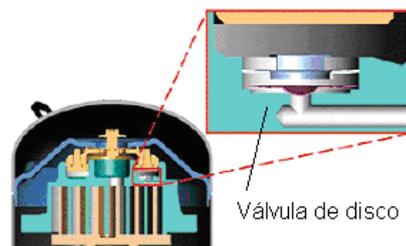
Válvula de alivio de presión  
(descarga a la succión)



Válvula antiretorno  
(impide giro inverso)



Protección frente a sobretemperaturas  
(descarga a la aspiración)

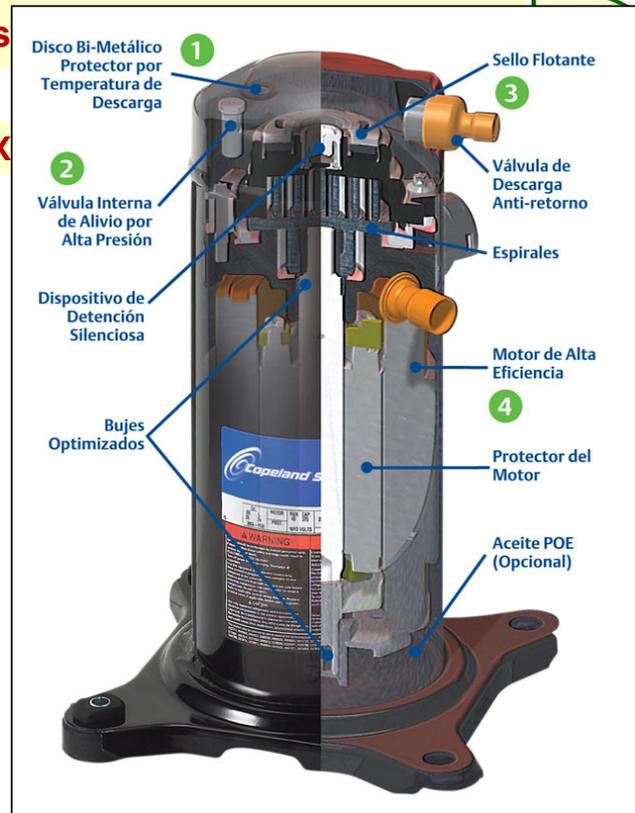


2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

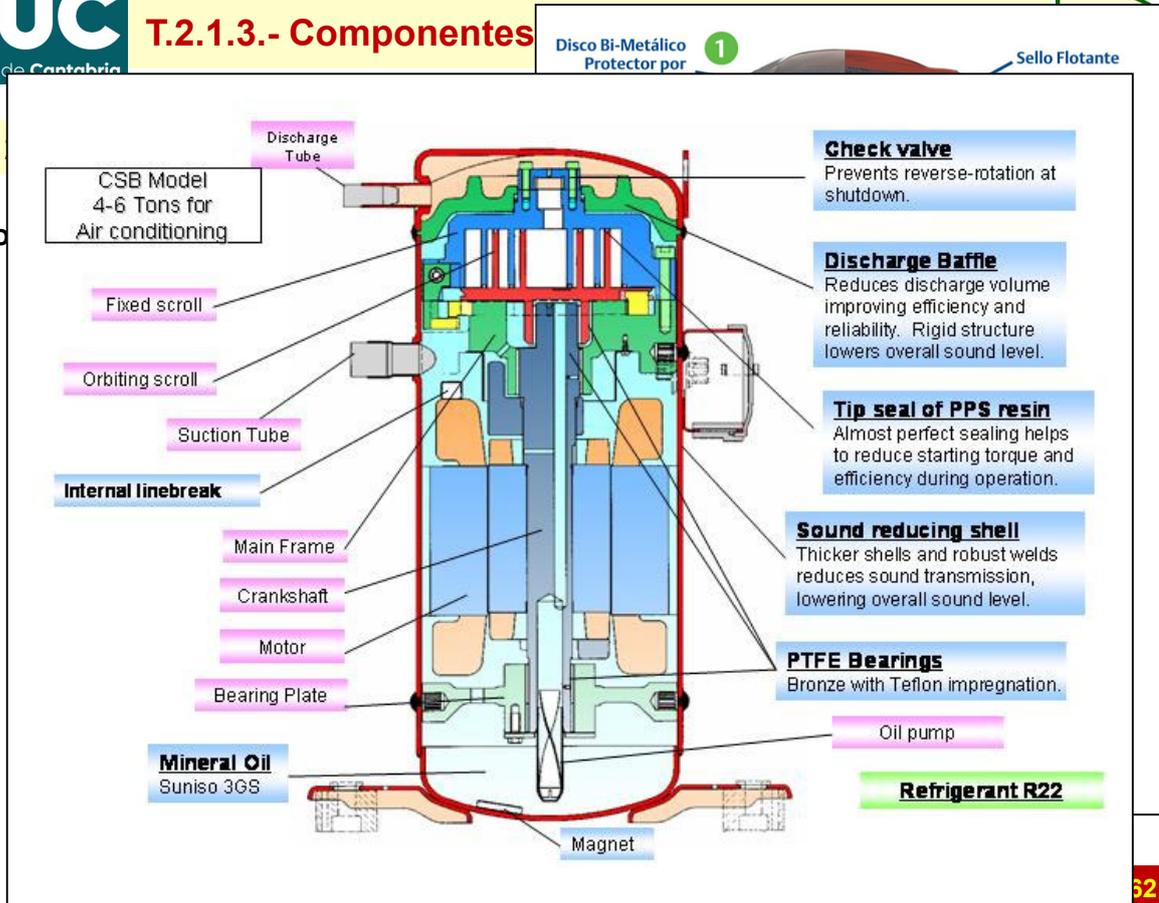
❑ Scroll (V):



[http://www.emersonclimate.com/LA/Products/Compressors/Scroll\\_Compressors/Capeland\\_Scroll/Scroll/Scroll/2R15/Compressor\\_2r15](http://www.emersonclimate.com/LA/Products/Compressors/Scroll_Compressors/Capeland_Scroll/Scroll/Scroll/2R15/Compressor_2r15)

Po

➤

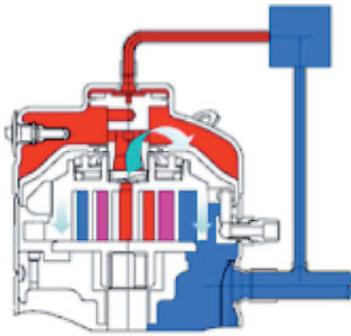


2.- Compresores: Clasificación (XIII)

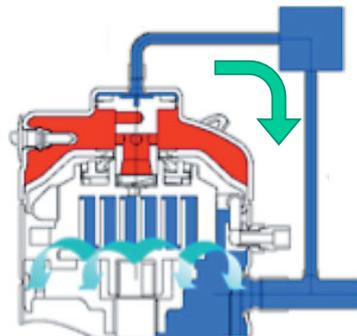
Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (VI):



Válvula de alivio de presión cerrada (descarga a la succión)



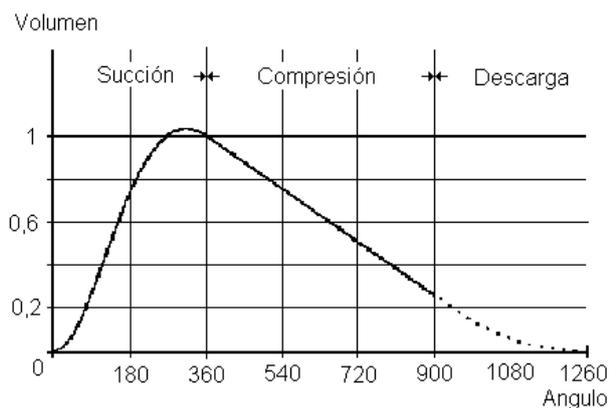
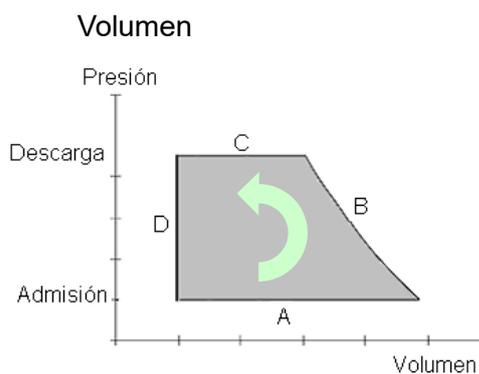
Válvula de alivio de presión abierta (descarga a la succión)

2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (VII):

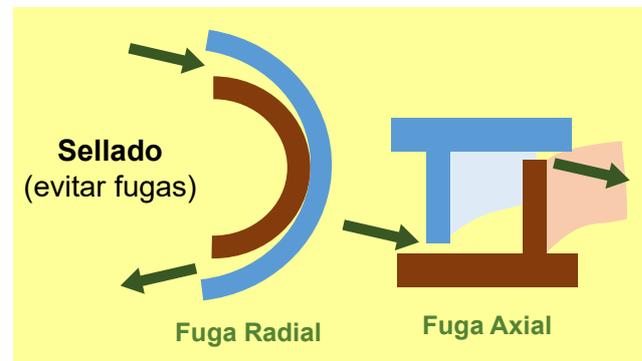


2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (VIII):



2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el Modo de Compresión (XII)

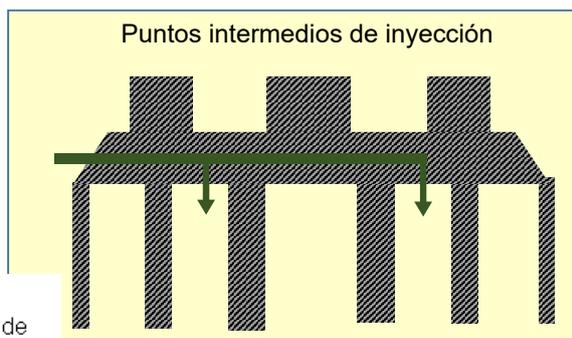
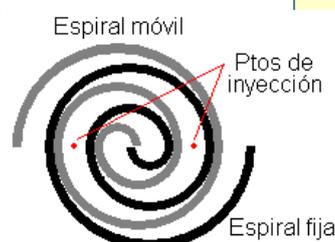
➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (IX):

Inyección de Vapor

- Permite trabajar a  $T_{eva}$  inferiores
- Aumenta la capacidad frigorífica
- Aumenta el COP
- Reduce tamaño instalación
- Disminuye ruido

Si está preparado para ello, puede realizarse inyección de vapor en varios puntos intermedios de la compresión  
Interesante con altas T de descarga



2.- Compresores: Clasificación (XIII)

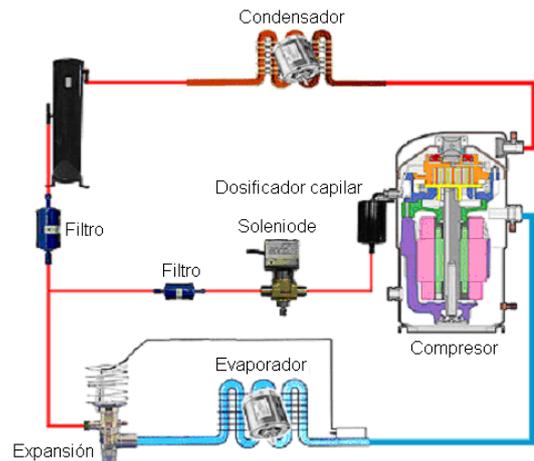
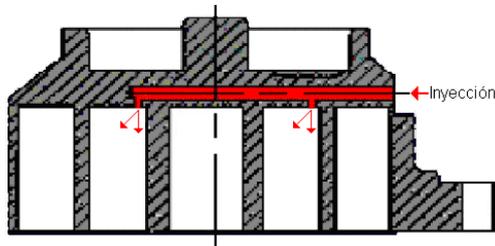
Por el Modo de Compresión (XII)

➤ Rotativos (VII)

☐ Scroll (X):

Inyección de Líquido

- Interesante con altas T de descarga



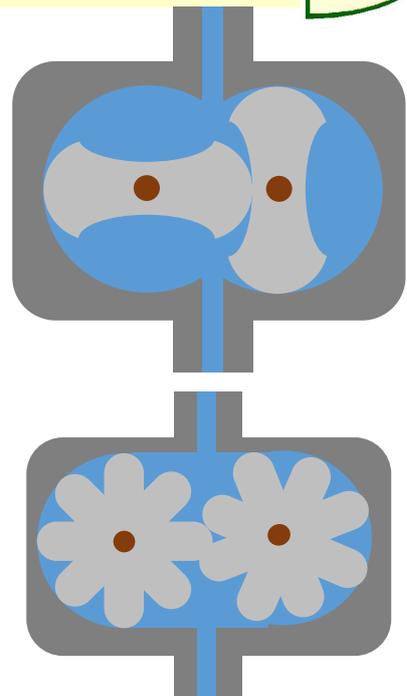
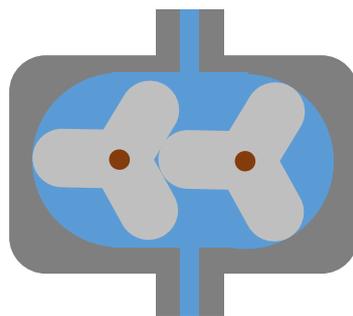
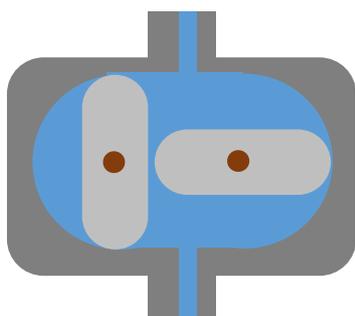
2.- Compresores: Clasificación (XIV)

Por el Modo de Compresión (XIII)

➤ Rotativos (VIII)

☐ Engranajes (I):

- Dos engranajes, uno accionado, el otro conducido
- El fluido va por el exterior



Los engranajes pueden tener diferente nº de lóbulos

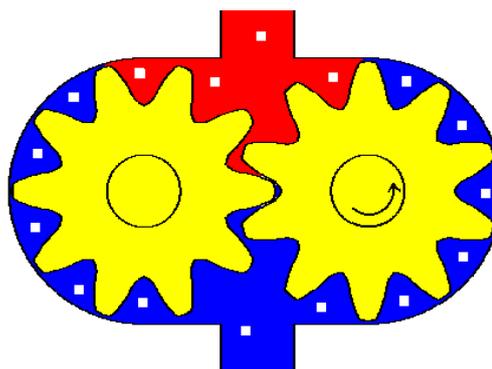
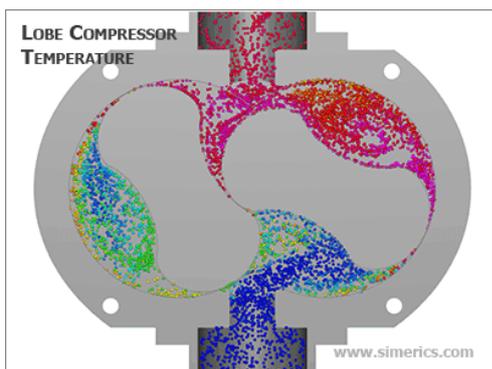
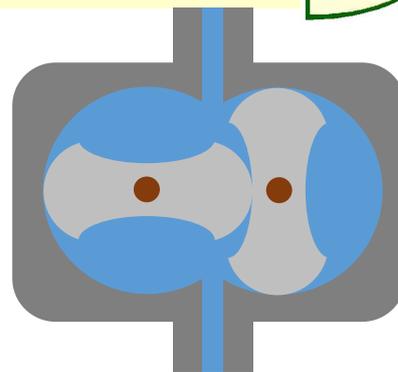
2.- Compresores: Clasificación (XIV)

Por el Modo de Compresión (XIII)

➤ Rotativos (VIII)

☐ Engranajes (I):

- Dos engranajes, uno accionado, el otro conducido
- El fluido va por el exterior



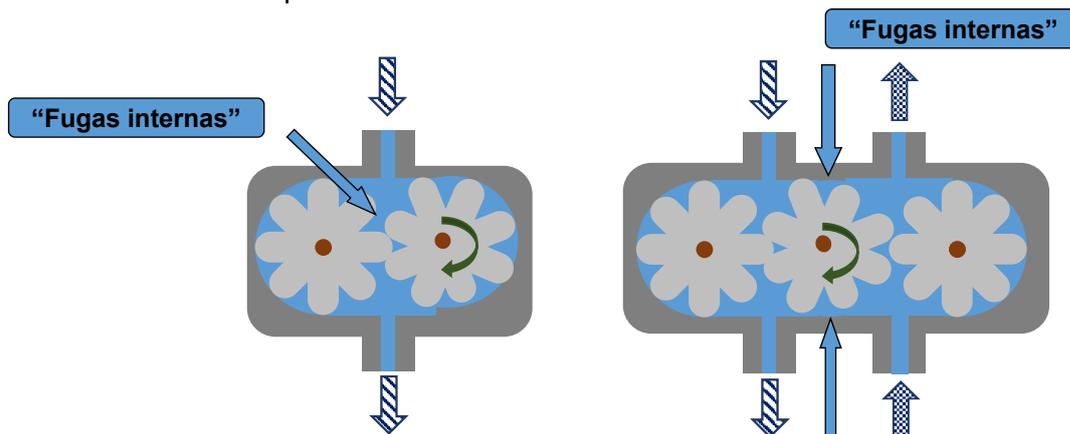
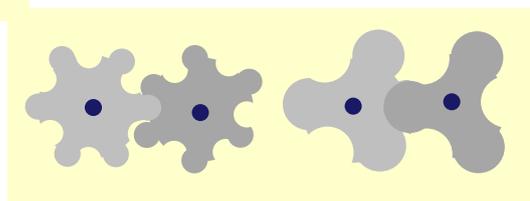
2.- Compresores: Clasificación (XIV)

Por el Modo de Compresión (XIII)

➤ Rotativos (VIII)

☐ Engranajes (I):

- Dos engranajes, uno accionado, el otro conducido
- El fluido va por el exterior



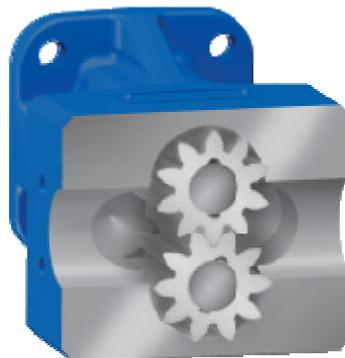
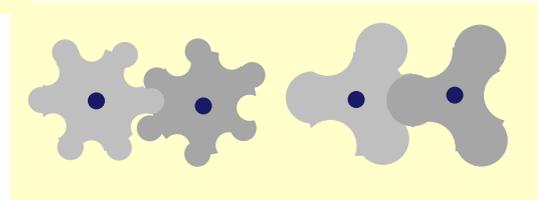
2.- Compresores: Clasificación (XIV)

Por el Modo de Compresión (XIII)

➤ Rotativos (VIII)

☐ Engranajes (I):

- Dos engranajes, uno accionado, el otro conducido
- El fluido va por el exterior



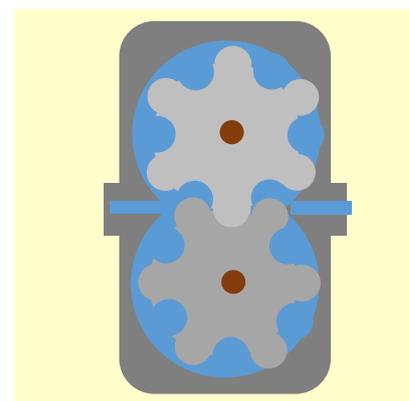
2.- Compresores: Clasificación (XIV)

Por el Modo de Compresión (XIII)

➤ Rotativos (VIII)

☐ Engranajes (II):

- Dos engranajes, uno accionado, el otro conducido
- El fluido va por el exterior



b = ancho del diente (mm)  
 m = módulo de la rueda dentada (altura del diente, mm)  
 n = r.p.m.  
 z = nº de dientes de la rueda  
 P<sub>1</sub> = presión relativa actuante (kg/cm<sup>2</sup>)  
 Pot = Potencia (CV)  
 r = radio (mm)  
 V<sub>1</sub> = volumen de la cámara máxima  
 w = velocidad angular

$$\text{Par} = P_1 \cdot S_1 \cdot r = P_1 \cdot S_1 \cdot \frac{m \cdot z}{2} = \frac{P_1 \cdot 2,25 \cdot m^2 \cdot b \cdot z}{2}$$

$$Q_N = 2 \cdot V_1 \cdot z \cdot n \cdot (P_1 + 1)$$

$$\text{Pot} = \frac{\text{Trabajo}}{t} = \text{Par} \cdot w = \text{Par} \cdot [2 \cdot \pi \cdot n] =$$

$$= \frac{P_1 \cdot 2,25 \cdot m^2 \cdot b \cdot z \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 1000 \cdot 75}$$

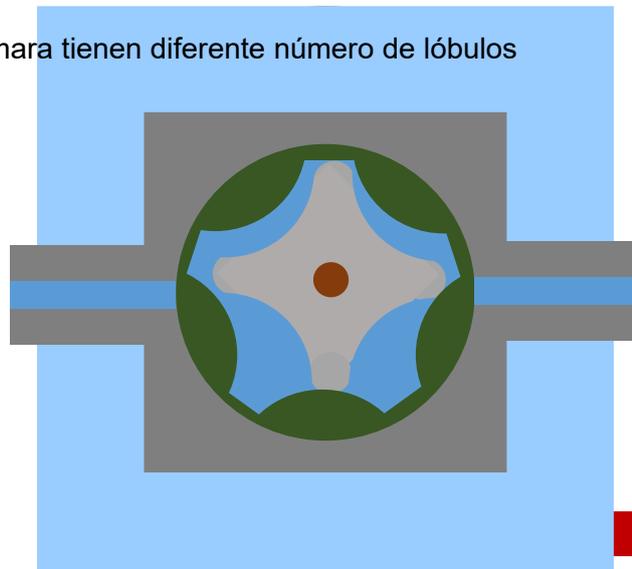
2.- Compresores: Clasificación (XV)

Por el Modo de Compresión (XIV)

➤ Rotativos (IX)

☐ Engranajes Interiores:

- El engranaje exterior y el la cámara tienen diferente número de lóbulos



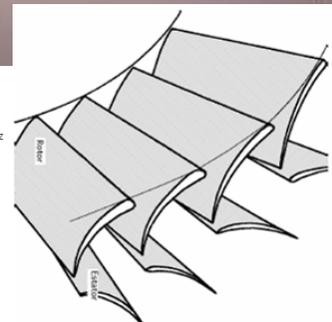
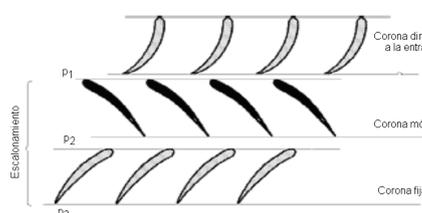
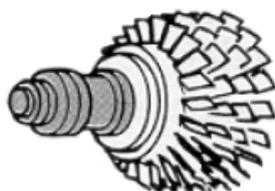
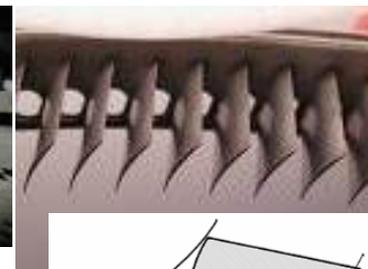
2.- Compresores: Clasificación (XVI)

Por el Modo de Compresión (XV)

➤ Rotativos (X)

☐ Axiales:

- Baja relación de compresión
- Grandes volúmenes
- Necesitan válvula antiretorno a la salida

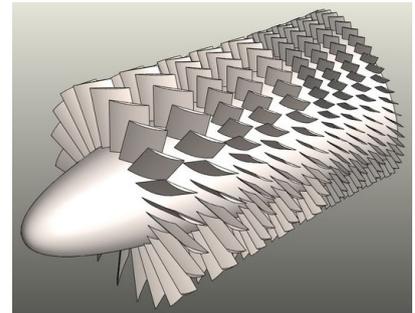
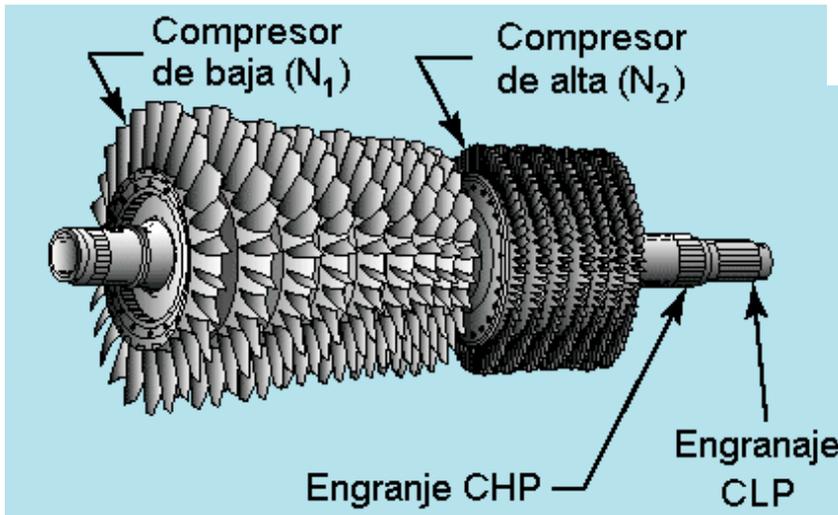
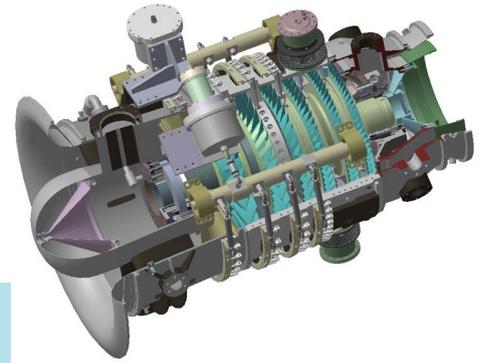


2.- Compresores: Clasificación (XVI)

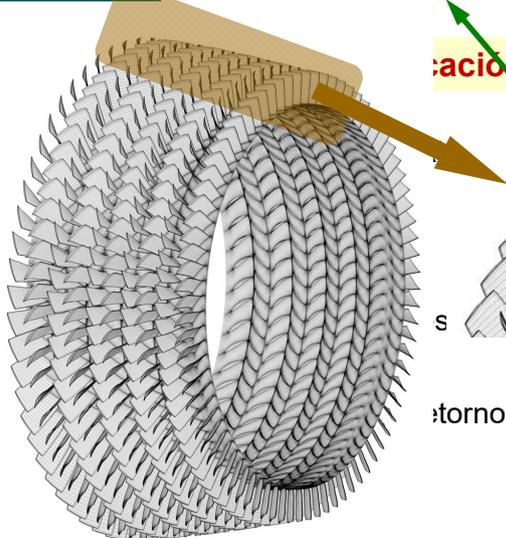
Por el Modo de Compresión (XV)

➤ Rotativos (X)

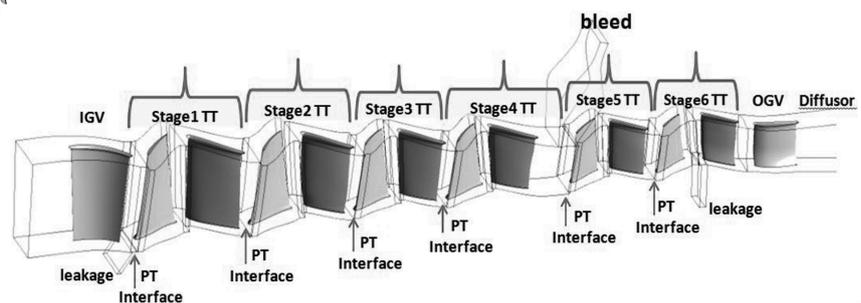
□ Axiales:



Clasificación (XVI)



Estator



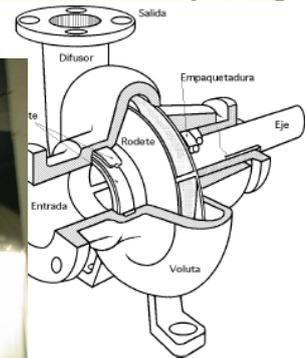
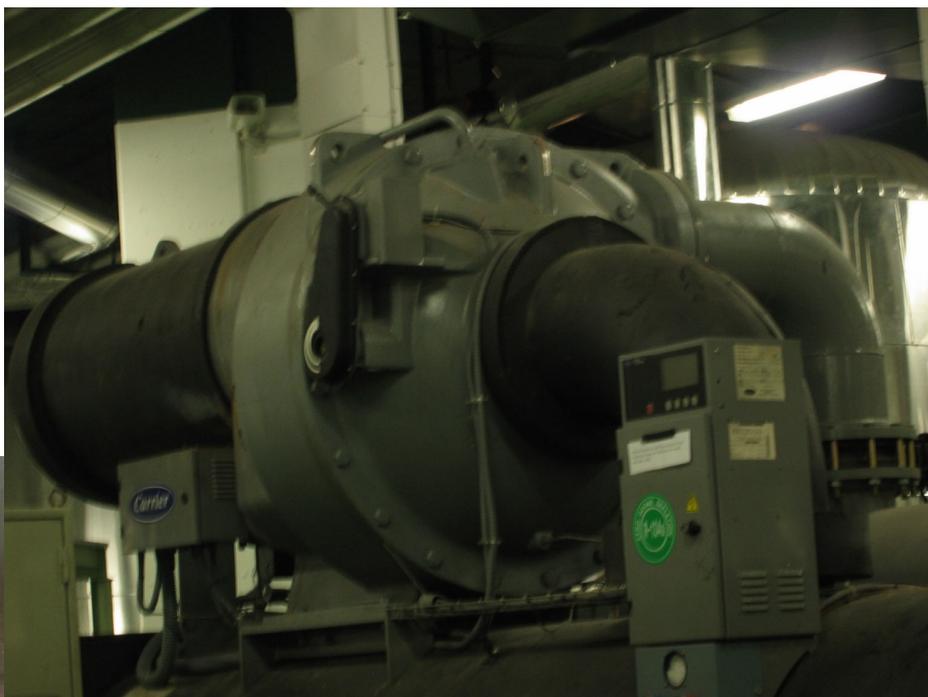
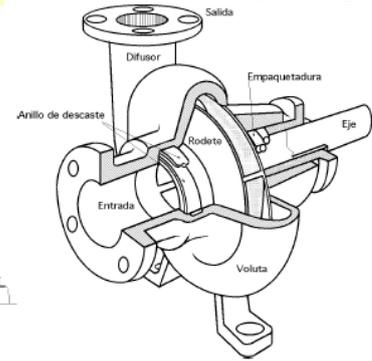
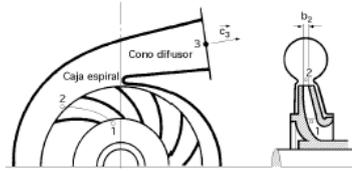
**2.- Compresores: Clasificación (XVII)**

Por el Modo de Compresión (XVI)

➤ **Rotativos (XI)**

☐ **Centrífugos:**

- Bajas relaciones de compresión (varias etapas)
- Aptos para grandes volúmenes
- Necesitan válvula antiretorno a la salida

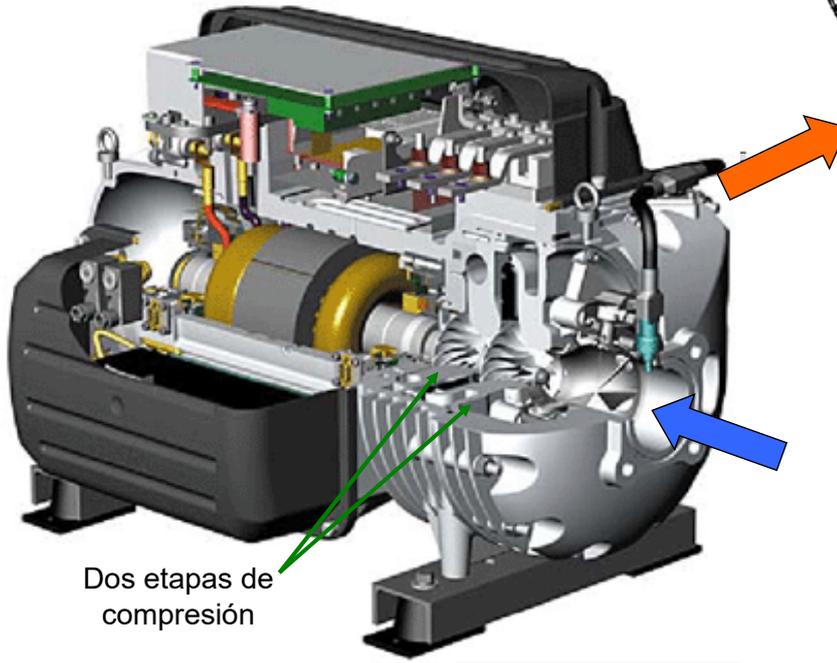


2.- Compresores: Clasificación (XVII)

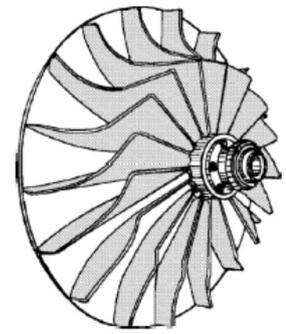
Por e

➤ R

□



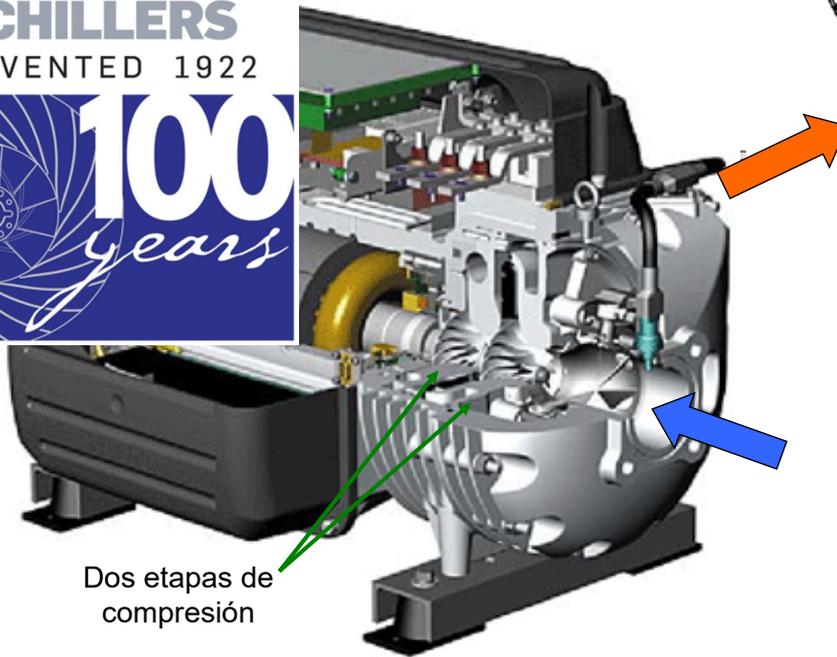
Dos etapas de compresión



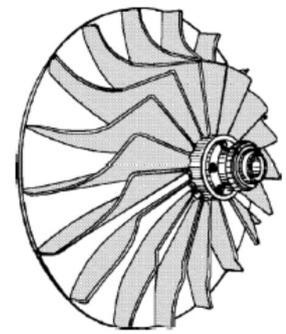
CENTRIFUGAL  
CHILLERS  
INVENTED 1922



Clasificación (XVII)

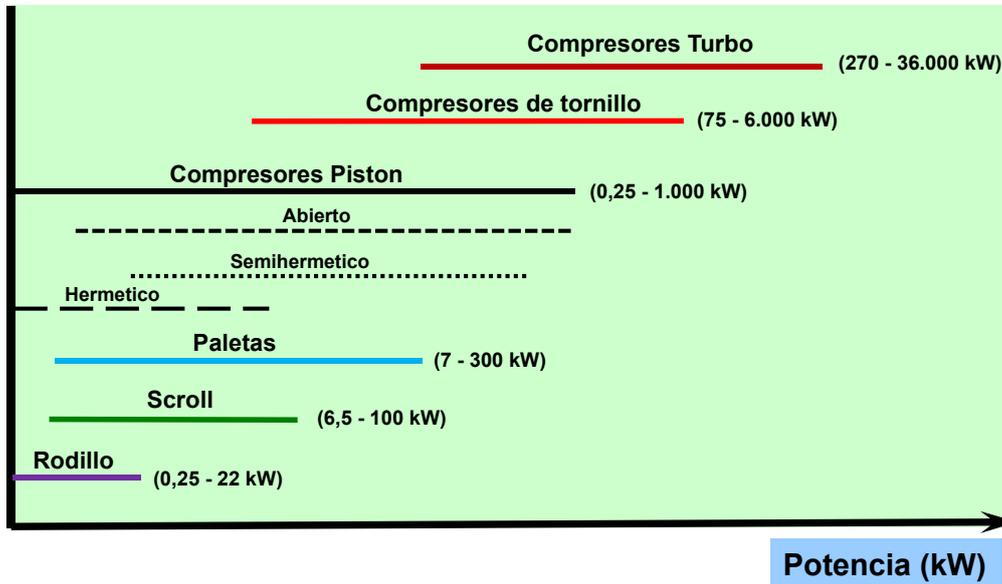


Dos etapas de compresión



2.- Compresores: Clasificación (XVIII)

Rango de Aplicación



2.- Compresores: Clasificación (XIX)

Rango de Aplicación

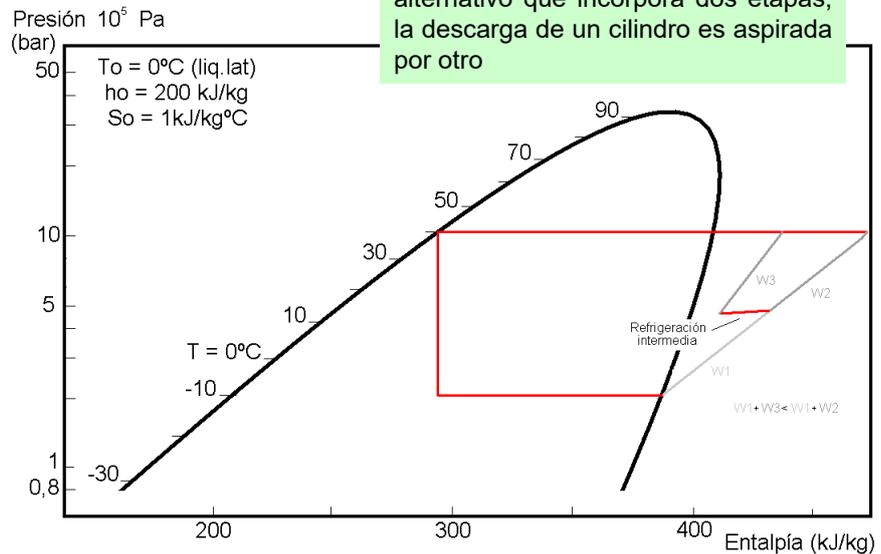
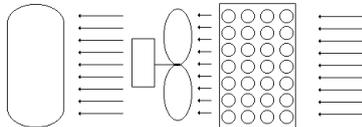
	Alternativo	Tornillo	Scroll	Centrífugo
<b>Media presión</b> (HCFs y mezclas R407_)	Si	Si	Si	No
<b>Alta presión</b> (HCFs y R410 y R32)	Si		Si	No
<b>Baja presión</b> (HCFs, HFOs y mezclas R134a, R1234_)	Si	SI	SI	Si
<b>R744 Transcrítico</b>	Si	No	No	No
<b>R744 Booster</b> (etapa de baja)	Si		Si	No
<b>R717</b>	SI	Si		No

3.- Elementos Auxiliares del Compresor (I)

La refrigeración del compresor

Con la aspiración  
Dos etapas  
Refrigeración externa

$$p_{int} = \sqrt{p_{max} \cdot p_{min}}$$

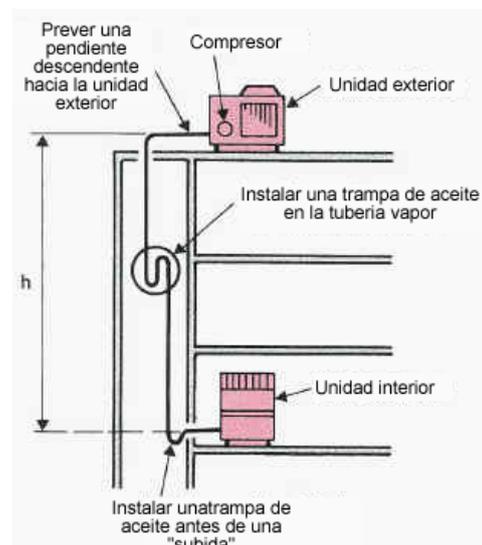
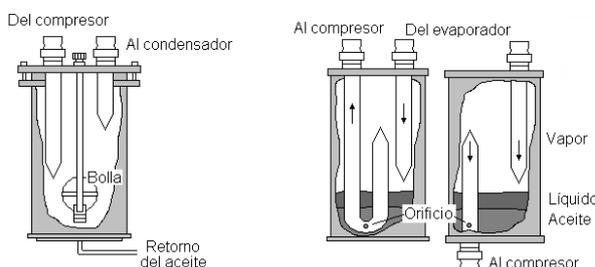


**Compresor Coumpound:** compresor alternativo que incorpora dos etapas, la descarga de un cilindro es aspirada por otro

3.- Elementos Auxiliares del Compresor (II)

La lubricación del compresor

- Carcasa es el cárter, visor
- Mezcla aceite-refrigerante
- $\eta \downarrow$  al  $\uparrow T$
- Resistencia eléctrica
- Pendientes descendentes
- Sifones
- Filtros y separadores
- Botella antigolpe de líquido
- Posición original

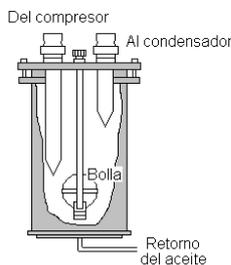
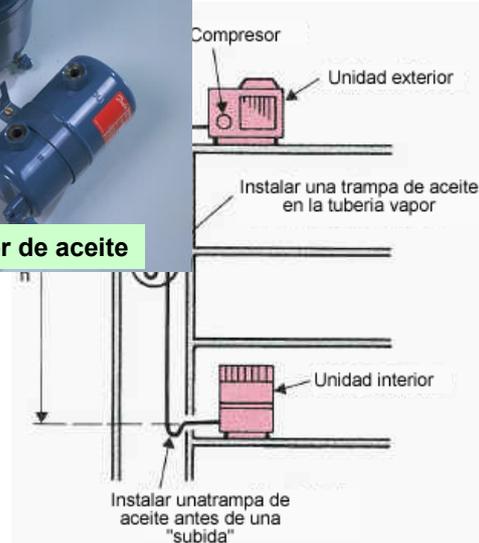
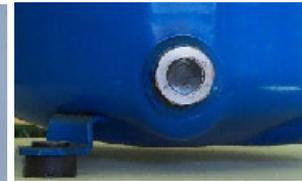


3.- Elementos Auxiliares del Compresor (II)

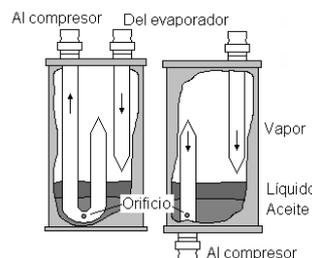
La lubricación del compresor  
 Carcasa es el cárter, visor  
 Mezcla aceite-refrigerante  
 $\eta \downarrow$  al  $\uparrow T$   
 Resistencia eléctrica  
 Pendientes descendentes  
 Sifones  
 Filtros y separadores  
 Botella antigolpe de líquido  
 Posición original



Separador de aceite



Separador de aceite

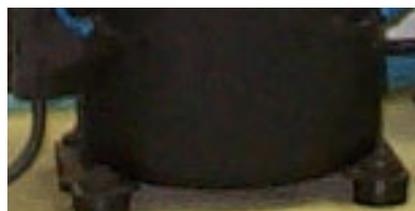


Botella de retención de liq.

3.- Elementos Auxiliares del Compresor (III)

Vibraciones y ruidos

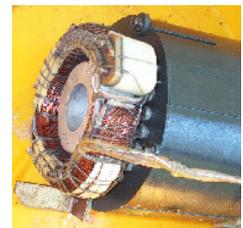
- Dispositivos internos
- Dispositivos externos
- Silenciadores
- Uniones flexibles
- Amortiguadores
- Bancadas



### 3.- Elementos Auxiliares del Compresor (IV)

Sistemas de seguridad

- Presostato de máxima
- Presostato de mínima
- Válvula de seguridad interna
- Válvula de seguridad externa
- Fusible (de presión)
- Presostato de aceite
- Nivel de aceite
- Protector térmico



Protecciones externas

87

### 3.- Elementos Auxiliares del Compresor (V)

Control de la capacidad del compresor

(ajustar la producción del compresor a las necesidades)

Control todo-nada

Capacidad regulable: en escalones o en continuo

**Utilidades:**

Alimentar varias instalaciones

Cuando existen diferentes solicitudes a lo largo del día

Facilitar la puesta en marcha al reducir la carga en el arranque

En los **multicilíndrico** se puede descargar uno o más cilindros, desplazando la válvula de aspiración

En los **compresores de tornillo y los scroll**, la regulación en continuo, (10%-100%), variando el punto donde comienza la compresión

Un modo adaptable es accionar con un **motor de velocidad variable**

Un modo en escalones es utilizando **varios compresores en paralelo** (tándem), aumenta la fiabilidad

88

3.- Elementos Auxiliares del Compresor (VI)

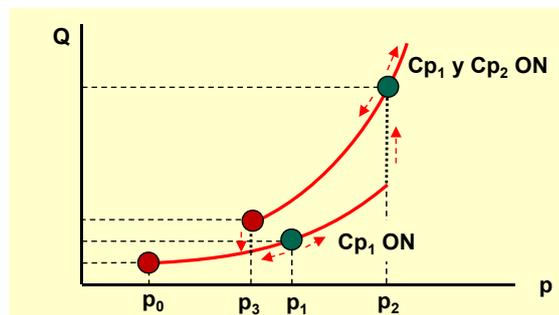
**Regulación ON-OFF**

Arranque de los compresores

Lo típico es arrancar un compresor cuando la presión de mínima supera un valor  $p_1$

- Si  $p_{min}$  desciende un valor  $p_0$  ( $< p_1$ ), parar el compresor; cuando se vuelva a superar  $p_1$  se vuelve a arrancar
- Si  $p_{min}$  sobrepasa un cierto valor ( $p_2$ ), arrancar un segundo compresor; cuando  $p_{min}$  baje de un valor  $p_3$  ( $< p_1$  y  $> p_0$ ) se para el segundo compresor

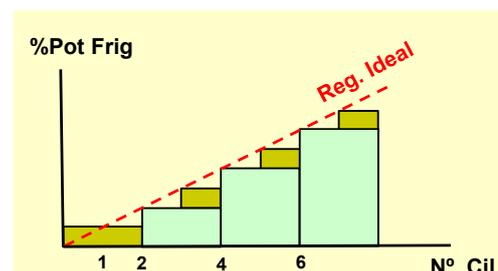
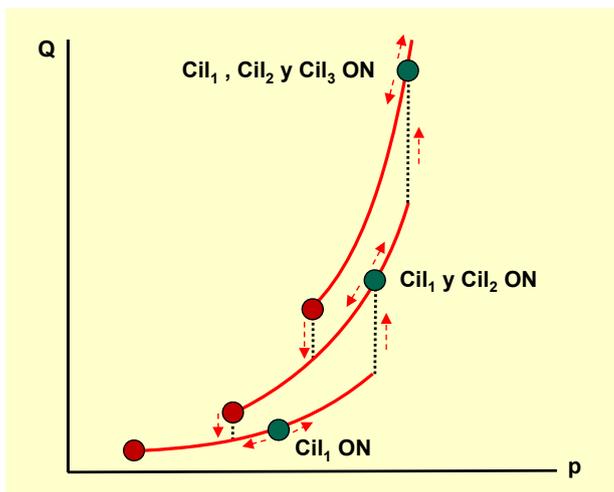
Esto dota al sistema de cierta histéresis



3.- Elementos Auxiliares del Compresor (VII)

**Regulación por control del nº de cilindros**

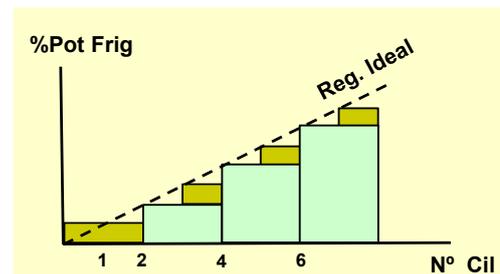
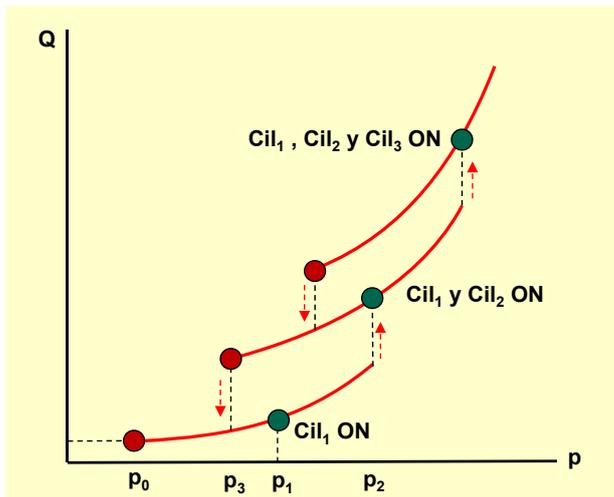
Se descarga algún cilindro, operando en modo similar al anterior, es decir, con histéresis entre la conexión y desconexión de un cilindro



3.- Elementos Auxiliares del Compresor (VIII)

**Regulación por control del nº de cilindros**

Se descarga algún cilindro, operando en modo similar al anterior, es decir, con histéresis entre la conexión y desconexión de un cilindro

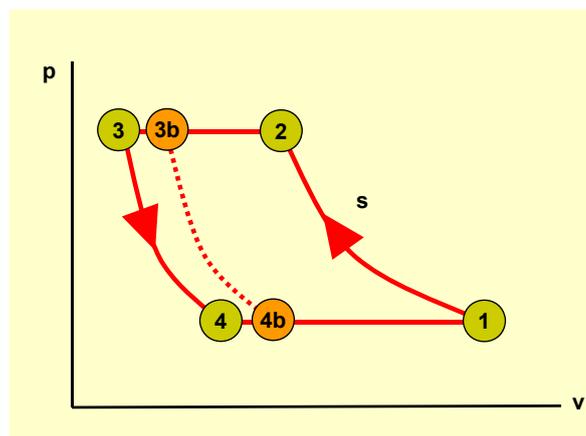


3.- Elementos Auxiliares del Compresor (IX)

**Regulación variando el espacio muerto**

Se abre con una válvula el camino hacia un espacio adicional

Se reduce el rendimiento volumétrico, pero también la potencia consumida



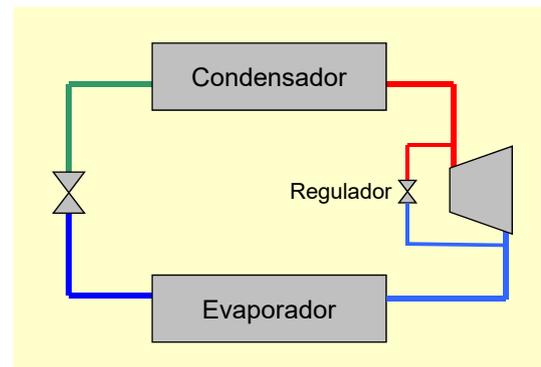
3.- Elementos Auxiliares del Compresor (X)

**Regulación con un by-pass**

Cuando la carga es reducida, puede ser necesario impedir presiones de aspiración demasiado bajas para evitar excesivo nº de arranques del compresor, limitar el vacío, o impedir que evapore el aceite por falta de presión

Para ello se puede abrir un by-pass regulado hacia la aspiración del compresor, hay tres posibilidades:

- a) By-pass al compresor con vapor de descarga



93

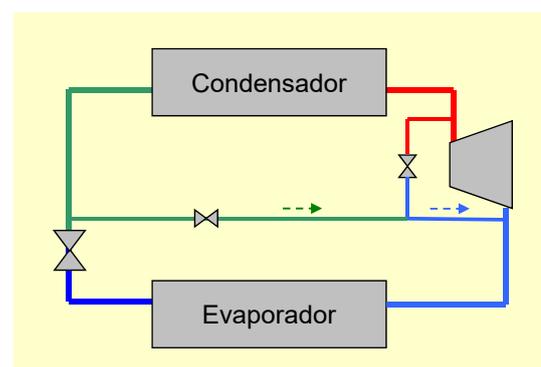
3.- Elementos Auxiliares del Compresor (X)

**Regulación con un by-pass**

Cuando la carga es reducida, puede ser necesario impedir presiones de aspiración demasiado bajas para evitar excesivo nº de arranques del compresor, limitar el vacío, o impedir que evapore el aceite por falta de presión

Para ello se puede abrir un by-pass regulado hacia la aspiración del compresor, hay tres posibilidades:

- a) By-pass al compresor con vapor de descarga
- b) By-pass al compresor con vapor y enfriamiento con inyección de líquido



94

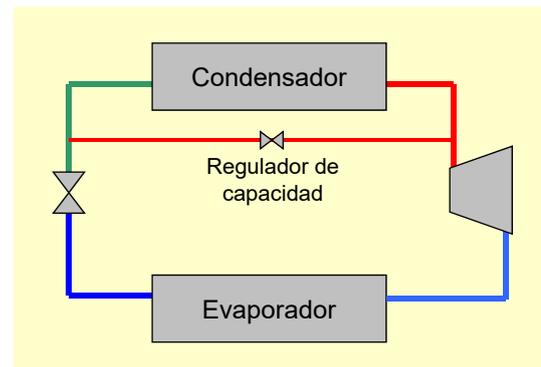
3.- Elementos Auxiliares del Compresor (X)

**Regulación con un by-pass**

Cuando la carga es reducida, puede ser necesario impedir presiones de aspiración demasiado bajas para evitar excesivo nº de arranques del compresor, limitar el vacío, o impedir que evapore el aceite por falta de presión

Para ello se puede abrir un by-pass regulado hacia la aspiración del compresor, hay tres posibilidades:

- a) By-pass al compresor con vapor de descarga
- b) By-pass al compresor con vapor y enfriamiento con inyección de líquido
- c) By-pass parcial al condensador



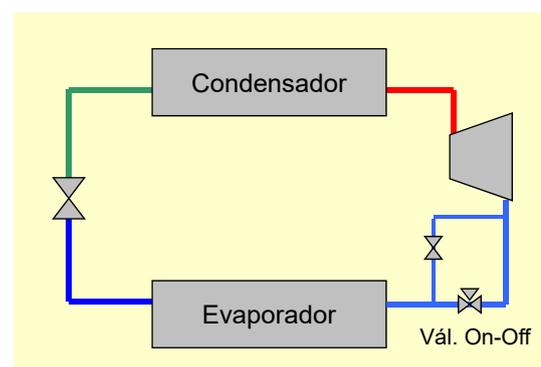
95

3.- Elementos Auxiliares del Compresor (XI)

**Regulación sobre el volumen específico en la aspiración**

Se puede expansionar Cuando la carga es reducida, puede ser necesario impedir presiones de aspiración demasiado bajas para evitar excesivo nº de arranques del compresor, limitar el vacío, o impedir que evapore el aceite por falta de presión

Para ello se puede abrir un by-pass regulado hacia la aspiración del compresor, hay tres posibilidades:



96

**3.- Elementos Auxiliares del Compresor (XII)**

***Regulación sobre la velocidad de giro***

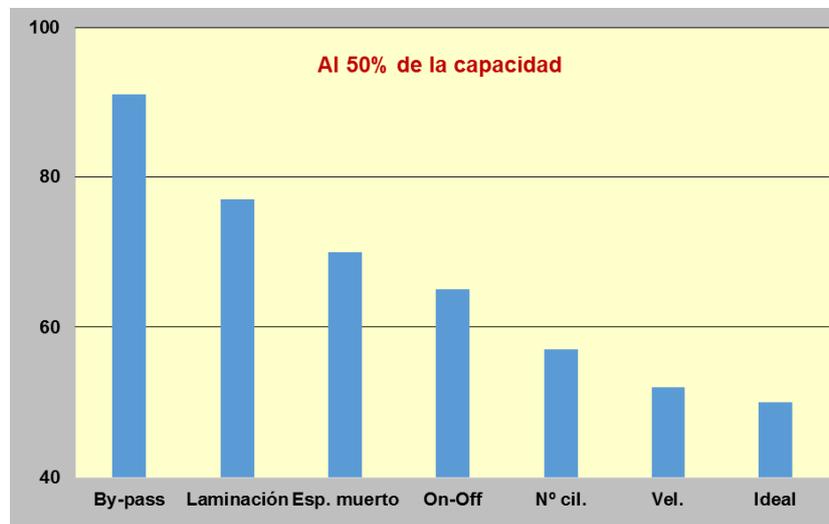
Se reduce proporcionalmente el caudal aspirado por el compresor

Esto provoca que el desgaste mecánico también disminuya

Si se reduce por debajo del 35% puede dar problemas de retorno de aceite

**3.- Elementos Auxiliares del Compresor (XIII)**

***Comparativa de los sistemas de regulación de la capacidad***



3.- Elementos Auxiliares del Compresor (XIV)

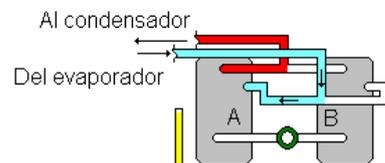
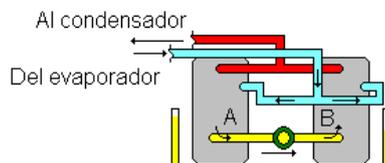
**Centrales Frigoríficas:**

Instalación de varios compresores en paralelo

- Aumenta la fiabilidad.
- Disminuye la potencia instalada (factor simultaneidad)

Preferible combinar equipos de distintas capacidades (1-2-4-8, etc).

Hay que tener especial **cuidado con el aceite de lubricación**, ya que **el retorno** no se reparte por igual, requiere de tubería de equilibrado



3.- Elementos Auxiliares del Compresor (XV)

Selección de los compresores

Estudiar el **número y tamaño idóneos** de las unidades compresoras

(la parcialización de la carga de un compresor siempre supone pérdida de C.O.P)

Selección de **equipos de alto rendimiento**, haciéndoles funcionar en su punto **óptimo** o próximo a este, estudiando las cargas parciales

Compresor	400 kW	250 kW	150 kW
Rendimiento nominal	93%	92%	91%
Rend. Al 60% de la carga	90%	89%	88%
Rend. Al 30% de la carga	88%	87%	86%

En **cada régimen de trabajo** estudiar **la relación de compresión**. Cuanto menor sea más eficientemente es el sistema

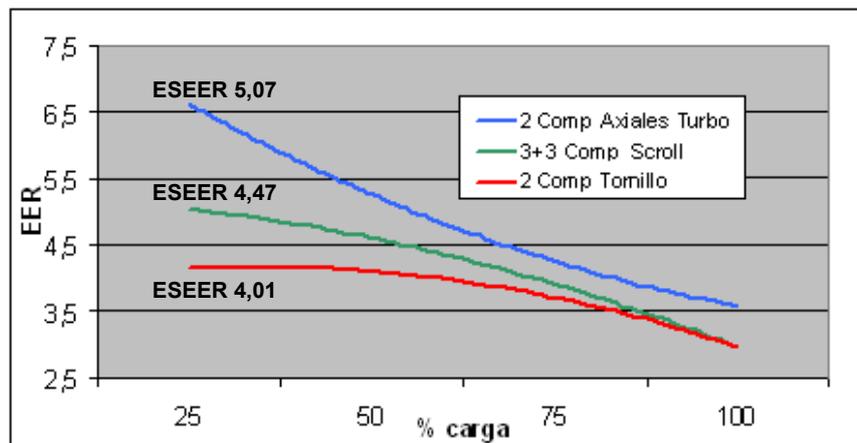
La combinación de **equipos de diferente tecnología** puede producir unos rendimientos energéticos muy altos

### 3.- Elementos Auxiliares del Compresor (XVI)

Selección de los compresores

Estudiar el **número y tamaño idóneos** de las unidades compresoras

(la parcialización de la carga de un compresor siempre supone pérdida de C.O.P)



101

### 4.- Condensadores (I)

Intercambiador de calor en el que el refrigerante, vapor a alta presión y temperatura, se licua, liberando calor a un medio exterior más frío (aire o agua)

- Sin pérdida de presión (teoría)
- Tamaño suficiente

Para el buen funcionamiento es preciso:

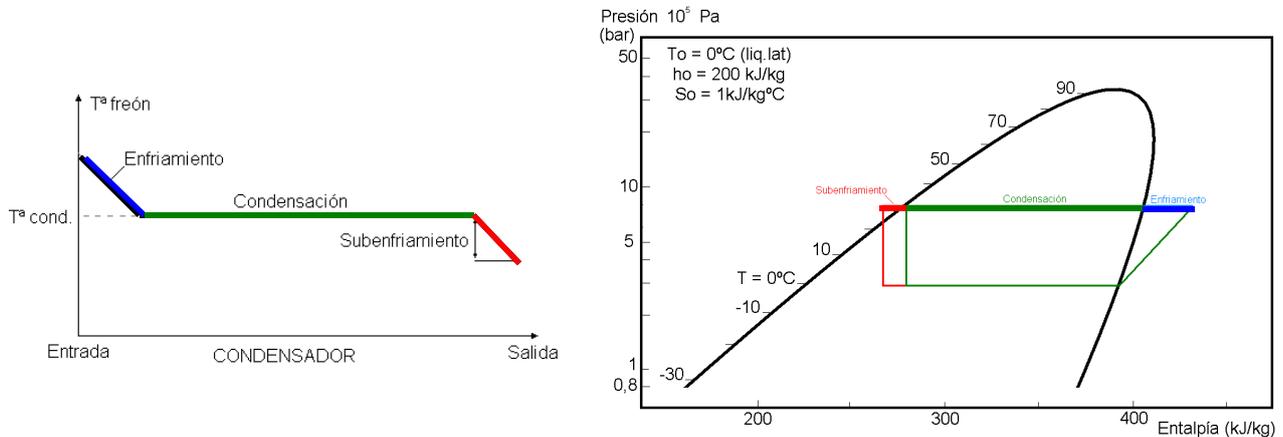
- Que esté limpio
- Colocación de filtros de aire o agua para impedir que se ensucie
- La temperatura del aire o agua ha de ser lo más baja posible

La **colocación** física del condensador es generalmente **junto al compresor**, unidad condensadora, se puede aprovechar la refrigeración del condensador para refrigerar también el compresor.

102

4.- Condensadores (II)

**Subenfriamiento:** asegurar la completa condensación del refrigerante (mejora la etapa de expansión, evita ruidos y desgastes)



Si es excesivo disminuye el aprovechamiento del condensador (calor latente > calor sensible)

4.- Condensadores (III)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (I)

–**Condensadores de aire:**

- Tubo, aletas, ventilador en flujo cruzado
- Compacto (tamaño)
- Varios en paralelo (limitar pérdidas de carga)
- Transposición (idénticas condiciones a la salida)



$V_{\text{aire}}$  de 2 a 6 m/s  
 $\Delta T_{\text{aire}}$  de 5 a 6°C  
 $T_{\text{cond}} = 15^\circ\text{C} + T_{\text{aire ambiente}}$

4.- Condensadores (III)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (I)

-Condensadores de aire:

- Microcanal

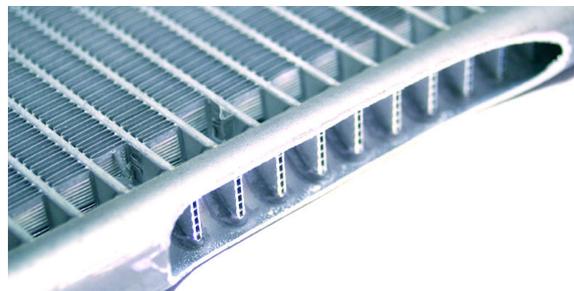
Proviene de la industria del automóvil

Son serpentines de aluminio con aletas

Protegidos contra la corrosión

Gran rendimiento térmico al maximizar el área de contacto en el volumen del condensador, por lo que son de poco peso y reducen la carga de refrigerante

Son duraderos



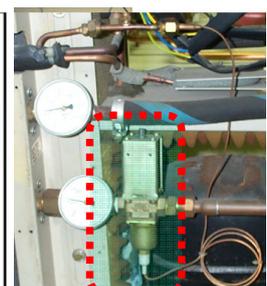
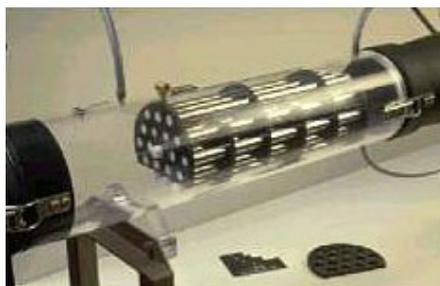
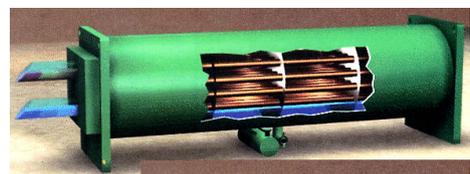
105

4.- Condensadores (IV)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (II)

-Condensadores de agua (se necesita menor tamaño)

- Intercambiador de tubos o placas  
(en contracorriente, válvula presostática)



$$\Delta T_{\text{agua}} \text{ de } 5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{cond}} = 10^{\circ}\text{C} + T_{\text{agua}}$$

Tipos modernos con tubos de cobre especiales (corrugados) con grandes superficies externas e internas

106

4.- Condensadores (V)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (II)

- **Condensadores de agua** (se necesita menor tamaño)
  - Intercambiador de tubos o placas (en contracorriente, válvula presostática)
  - De inmersión (acumulador)
  - Evaporativo (pulverizar agua)



4.- Condensadores (V)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (II)

- **Condensadores de agua** (se necesita menor tamaño)
  - Intercambiador de tubos o placas (en contracorriente, válvula presostática)
  - De inmersión (acumulador)
  - Evaporativo (pulverizar agua)

$V_{\text{aire}}$  de 1,5 a 2,5 m/s  
 $\Delta T_{\text{aire}}$  de 5 a 6°C  
 $T_{\text{cond}} = 5^{\circ}\text{C} + T_{\text{media del agua}}$



4.- Condensadores (VI)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (II)

- **Condensador mixto**, combinando los dos anteriores
  - Menor consumo de agua
  - Aire o agua en función de la demanda

El **agua calentada** en la condensación se puede:

- **Almacenarse** para su posterior utilización (desescarche del evaporador)
- **Utilizarse** directamente en duchas, grifos,...
- **Verterse a la red**, agua perdida (válvula presostática de agua).
- **Enfriarse en una torre de refrigeración** para utilizar en circuito cerrado

4.- C

Clasificac

-Conde

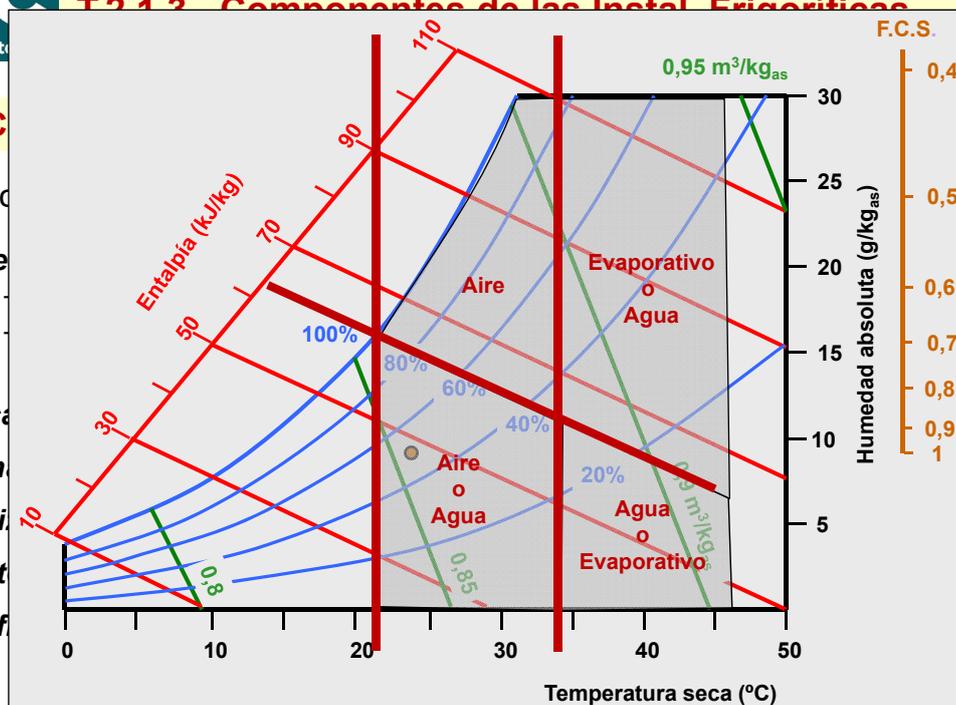
El agua ca

-Alm

-Utili

-Vert

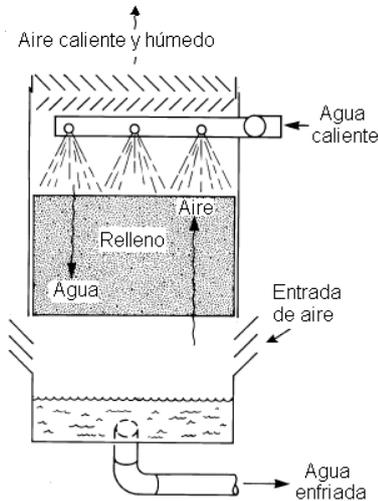
-Enf



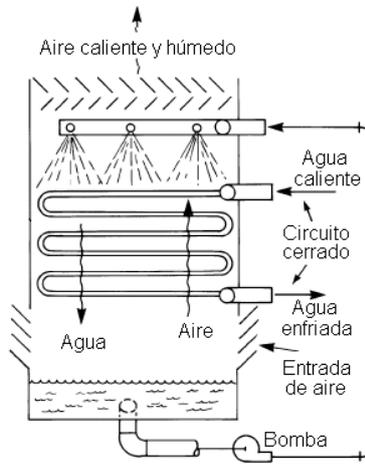
La condensación por aire solo es recomendable si  $P < 300 \text{ kW}$

4.- Condensadores (VII)

Torres de refrigeración (I)

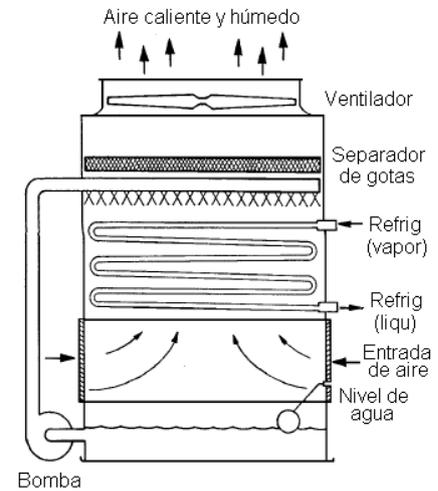


Circuito abierto



Circuito cerrado

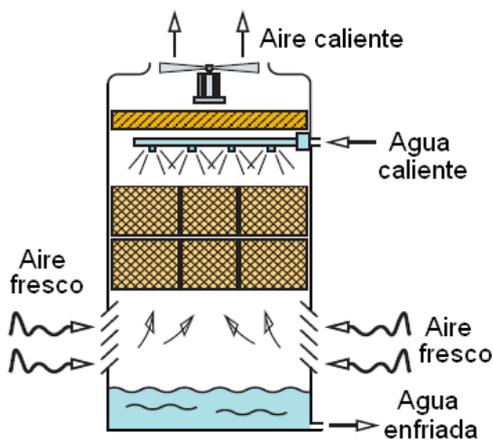
Mayor peso y coste que las abiertas



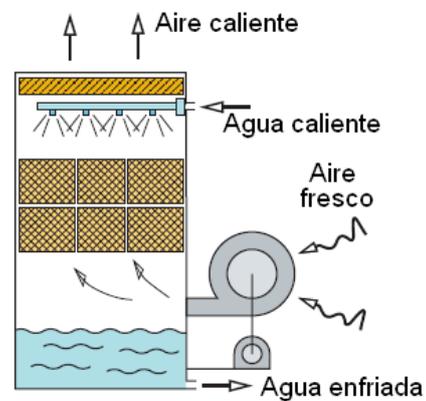
Condensador evaporativo

4.- Condensadores (VIII)

Torres de refrigeración abiertas (I)



Tiro inducido

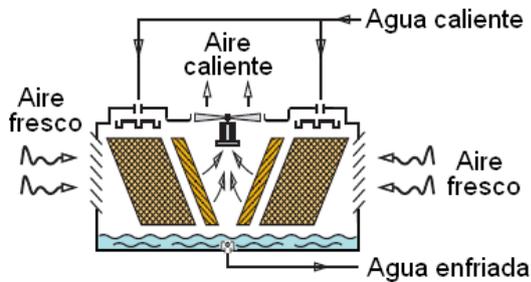


Tiro forzado

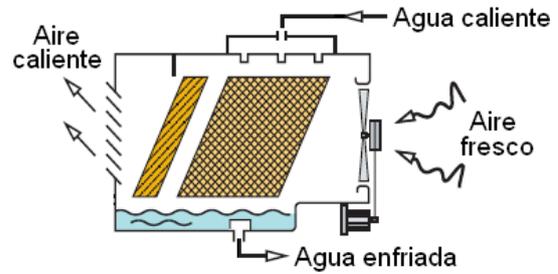
Tiro inducido consume menos energía en ventiladores, pero el ventilador trabaja con aire casi saturado (alta HR)

4.- Condensadores (IX)

Torres de refrigeración abiertas (II)



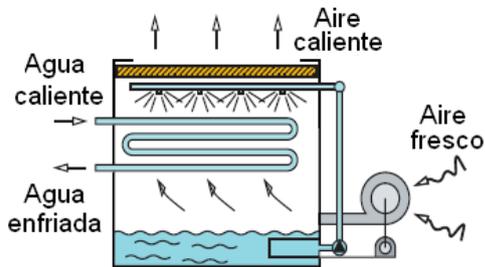
Flujo cruzado y tiro inducido



Flujo cruzado y tiro forzado

4.- Condensadores (X)

Torres de refrigeración cerradas

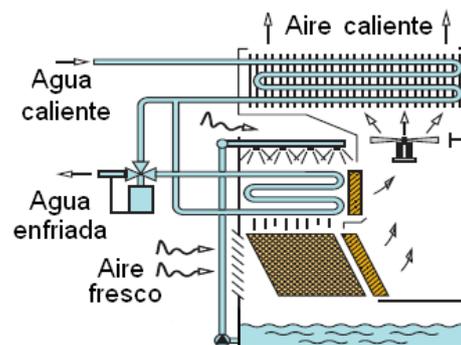


Tiro forzado

...

Purgas en torres húmedas para mantener la concentración de sales

Torres de refrigeración híbridas (parte seca y otra evaporativa)



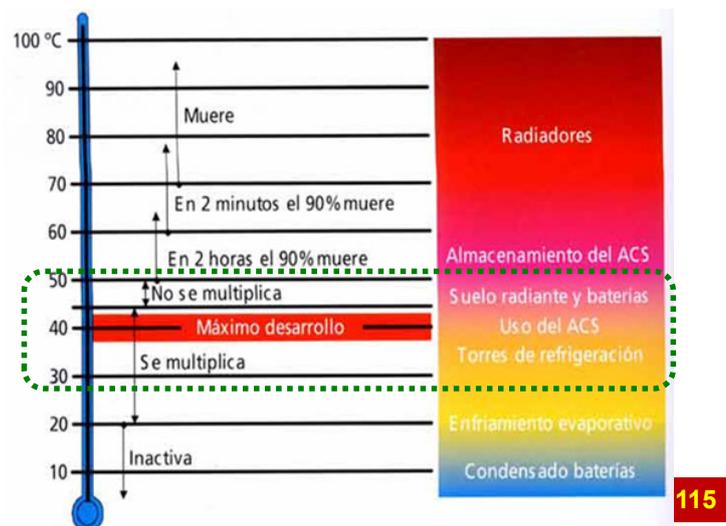
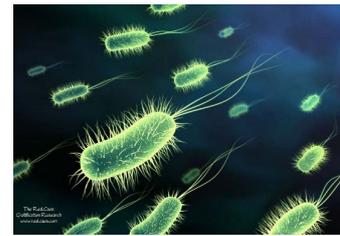
De circuito cerrado

...

4.- Condensadores (XI)

La Legionella (I)

- Bacteria dotada de flagelo ⇒ gran movilidad
- Presente en el agua dulce
- La proliferación se favorece por:
  - Temperatura
  - Corrosiones y oxidaciones
  - Estancamientos
  - Materia orgánica



4.- Condensadores (XII)

La Legionella (II)

Para ser infectado, se tienen que dar las condiciones:

- Penetración de las bacterias en el circuito de agua
- Multiplicación de las bacterias en el agua
- Dispersión de las bacterias en el aire (aerosol)
- Respirar las bacterias



**Legionelosis** (grave)

Neumonía causada al entrar la bacteria en los alveolos  
 Fiebre alta, tos seca e inapetencias; posible: diarreas, vómitos, delirios  
 Más propensos los, ancianos, fumadores, drogadictos ...  
 De 1.000 expuestos entre 20 y 30 serían afectados y morirían 3 o 4

**Fiebre de Pontiac**

Fiebre y dolores musculares pero no neumonía  
 Recuperación entre 2 y 5 días

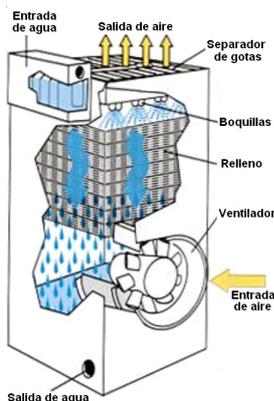
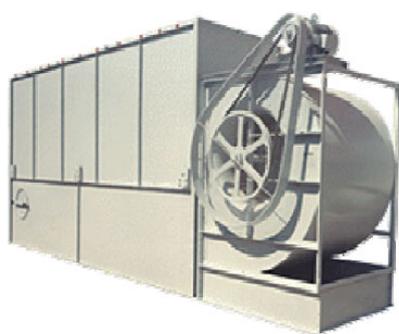
**4.- Condensadores (XIII)**

**La Legionella (III)**

Las Instalaciones con mayor peligro de cara a un brote de legionelosis son:

- Torres de refrigeración
- Condensadores evaporativos
- A.C.S. con retorno (duchas y grifos)
- Humidificadores industriales
- Piscinas, balnearios, ...

Pulverización de agua en aire  
Altas temperaturas  
Suciedad  
Corrosión e incrustaciones  
Materiales inadecuados



117

**4.- Condensadores (XIV)**

**La Legionella (IV)**

**Guía UNE EN 100.030**

**Guía para la prevención, control de proliferación y diseminación de la legionelosis (en diseño y explotación de sistemas)**

- Colocar separadores de gotas de alta eficacia
- Instalar bandejas de recogida de agua con un desnivel apreciable (plástico)
- Utilizar válvulas de drenaje en todos los puntos bajos
- Emplear elementos desmontables que facilitan la limpieza
- Evitar situar las tomas de aire exterior cerca las torres de refrigeración

**Real Decreto 865/2003**

**Criterios Higiénico-Sanitarios para la Prevención y Control de la Legionelosis (establece la probabilidad de proliferación y dispersión según la instalación)**

**RITE (e ITCs)**

**Mantenimiento de instalaciones**

118

4.- Condensadores (XV)

La Legionella (V)

En el mantenimiento preventivo:

- Físicos: reduciendo la presencia de materia orgánica e inorgánica
- Químicos: acondicionando con productos
- Controlando la calidad del agua (PH, dureza, alcalinidad, ...)

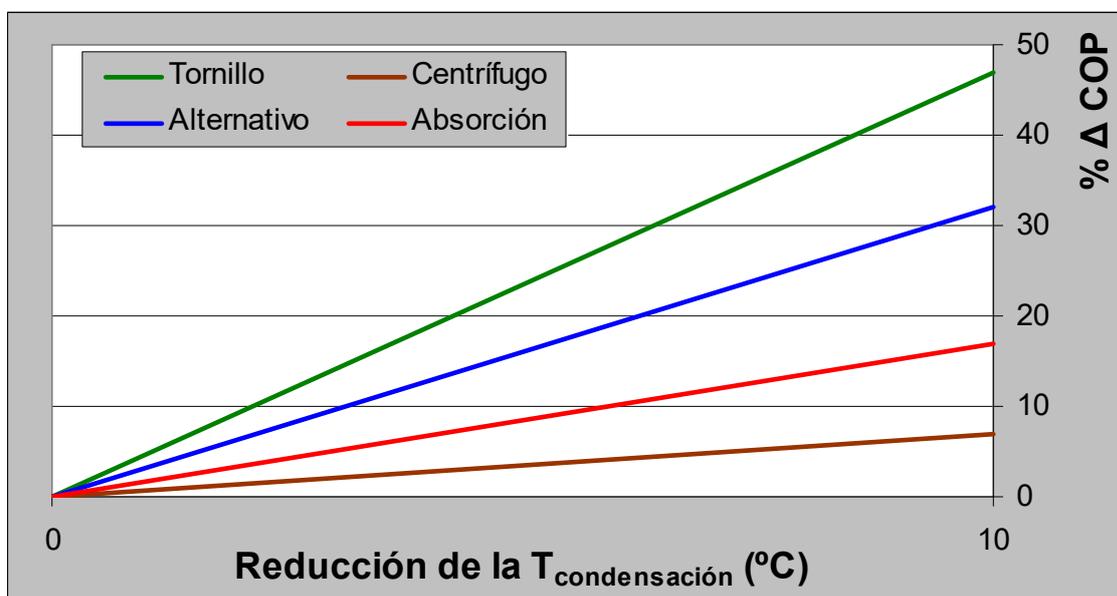
Se deben inspeccionar y limpiar eliminando sedimentos: torres de refrigeración, condensadores evaporativos, ...

Los procesos de desinfección son :

- Térmica; calentando el agua temporalmente por encima de los 70°C
- Química: añadiendo al agua cloro, ozono o peróxido de hidrógeno
- Radiación ultravioleta



4.- Condensadores (XVI)



4.- Condensadores (XVII)



I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

15228 *Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.*

Tabla 1

Temperaturas de referencia para el diseño

Condiciones ambientales	t ≤ 32 °C	32°C<t≤ 38°C	38°C<t ≤ 43 °C	43°C<t ≤ 55 °C
Sector de alta presión con condensador enfriado por aire.	55 °C	59 °C	63 °C	67 °C
Sector de alta presión con condensador refrigerado por líquido.	Máxima temperatura de salida del líquido +8 K, pero no inferior a la temperatura de diseño en el sector de baja presión.			
Sector alta presión con condensador evaporativo.	43 °C	43 °C	43 °C	55 °C
Sector de baja presión con intercambiador expuesto a temperatura ambiente.	32 °C	38 °C	43 °C	55 °C
Sector de baja presión con intercambiador expuesto a temperatura interior.	27 °C	33 °C	38 °C	38 °C

121

5.- Dispositivos de Expansión (I)

Asegurar la alimentación de refrigerante al evaporador en las condiciones de temperatura y presión apropiadas, de modo que se aproveche la totalidad del evaporador (recalentamiento justo)

Deben asegurar que el evaporador esté trabajando óptimamente con refrigerante suficiente, y que de él no sale líquido hacia el compresor

Produce una gran pérdida de presión ⇒ una evaporación de parte del líquido

No existe intercambio térmico (no hay área) ⇒ Descenso de temperatura

Dispositivos de expansión (I)

• **Válvula de expansión fija:**

Son un orificio de tamaño fijo

Sin posibilidad de regulación

Pequeñas instalaciones de funcionamiento conocido

122

5.- Dispositivos de Expansión (II)

Dispositivos de expansión (II)

• **Válvula de expansión automática:**

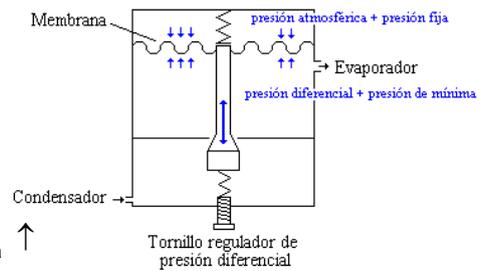
Son un orificio (regulable) que separa dos cámaras  
Tienen un juego de presiones en una membrana  
entre un muelle y la presión de mínima  
Logran una presión de mínima cte

$$p_{\text{atmosférica}} + p_{\text{fija}} = p_{\text{regulable}} + p_{\text{mínima}}$$

p.ej:  $1 + 5 = 4 + p_{\text{mínima}} \Rightarrow p_{\text{mínima}} = 2$

p.ej si  $p_{\text{mínima}} \downarrow$ :  $1 + 5 < 4 + 1,5 \Rightarrow \text{válvula abre} \Rightarrow p_{\text{mínima}} \uparrow$

p.ej si  $p_{\text{mínima}} \uparrow$ :  $1 + 5 < 4 + 2,5 \Rightarrow \text{válvula cierra} \Rightarrow p_{\text{mínima}} \downarrow$



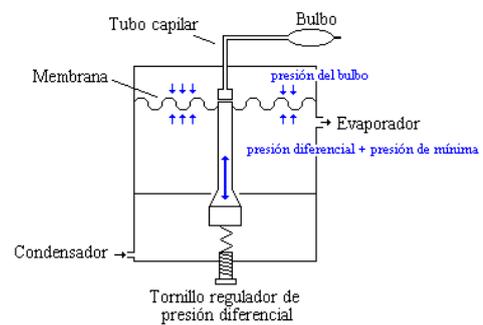
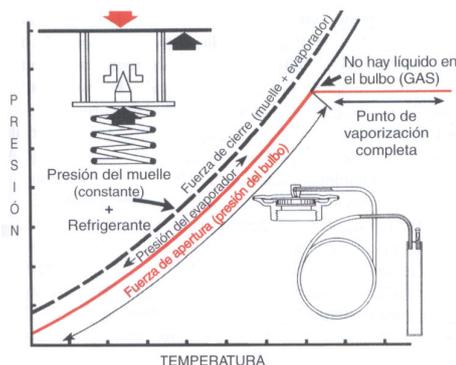
Con el compresor parado provocan un cierre

5.- Dispositivos de Expansión (III)

Dispositivos de expansión (III)

• **Válvula de expansión termostática (I):**

Añaden un bulbo, que realimenta en presión la  
temperatura de salida del evaporador  
(recalentamiento)



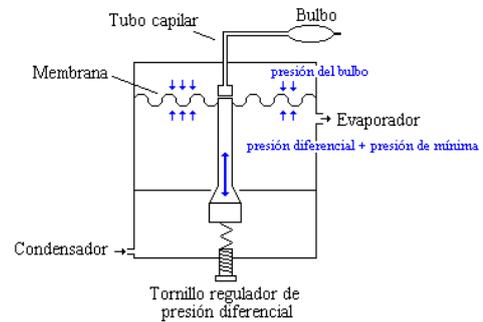
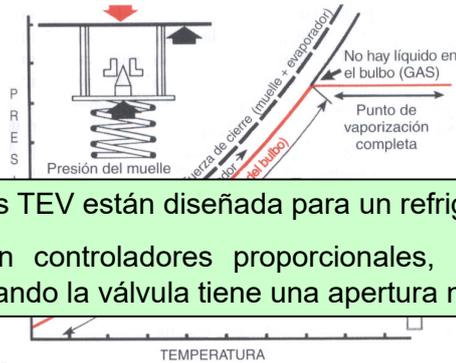
El bulbo en íntimo contacto con salida evaporador

5.- Dispositivos de Expansión (III)

Dispositivos de expansión (III)

• **Válvula de expansión termostática (I):**

Añaden un bulbo, que realimenta en presión la temperatura de salida del evaporador (recalentamiento)



Las TEV están diseñada para un refrigerante específico (el contenido en el bulbo)  
Son controladores proporcionales, por lo que el recalentamiento es mayor cuando la válvula tiene una apertura mayor



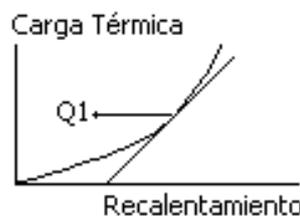
El bulbo en íntimo contacto con salida evaporador

5.- Dispositivos de Expansión (IV)

Dispositivos de expansión (IV)

• **Válvula de expansión termostática:**

Pueden tener varias salidas (evaporadores de aire en paralelo)  
Compensador de presiones (grandes evaporadores)



Punto de funcionamiento: corte de la válvula con el evaporador (evitar inestabilidades)

5.- Dispositivos de Expansión (V)

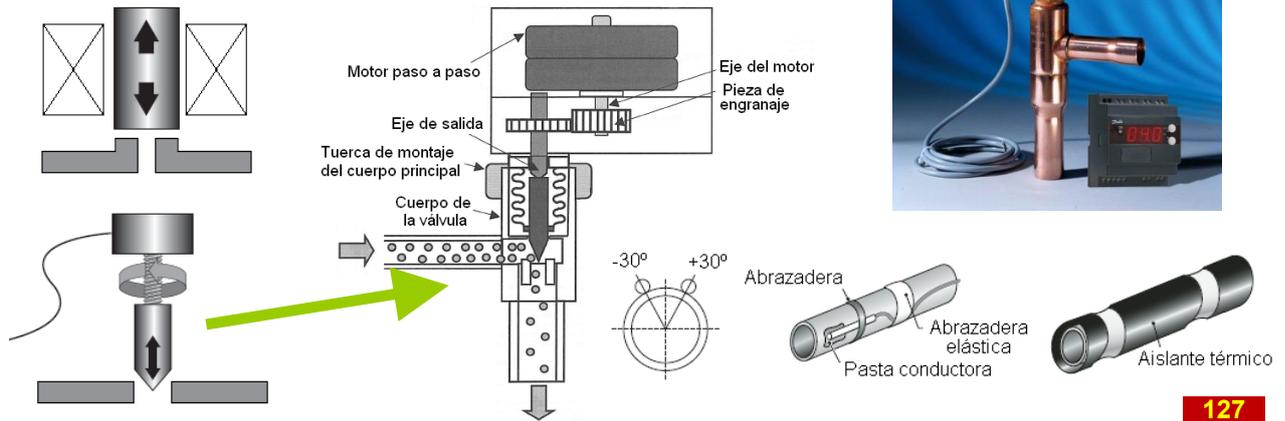


Dispositivos de expansión (V)

• **Válvula de expansión electrónicas:**

Son un microcontrolador con sensores de p y T

- de pulsos
- modulantes



5.- Dispositivos de Expansión (VI)

Dispositivos de expansión (VI)

• **Tubos capilares:**

Longitud de 0,5 a 5 m

$\phi$  de 0,6 a 2,3 mm

Selección con experiencia y prueba y error

Pequeñas máquinas de funcionamiento fijo y conocido

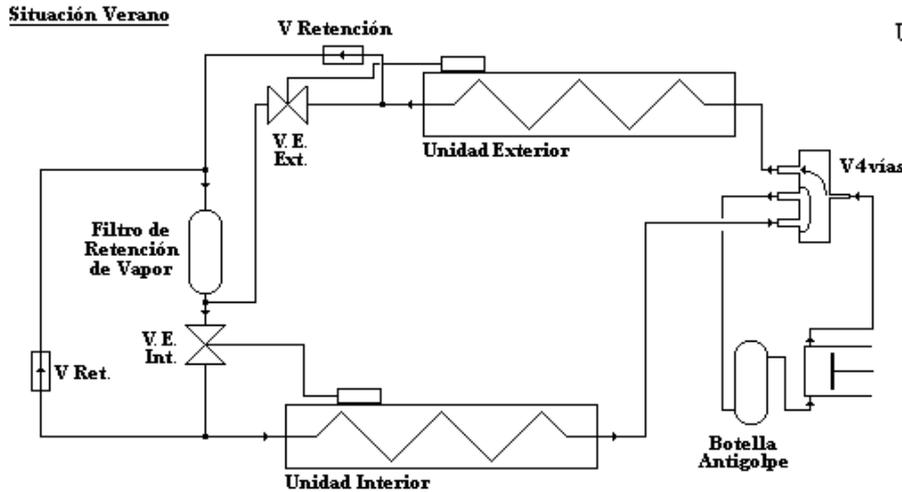
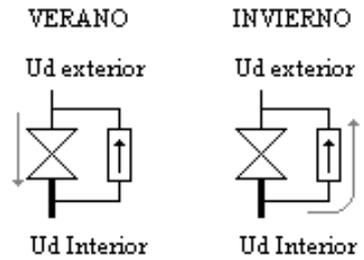
Bajo coste

No cierran en las paradas



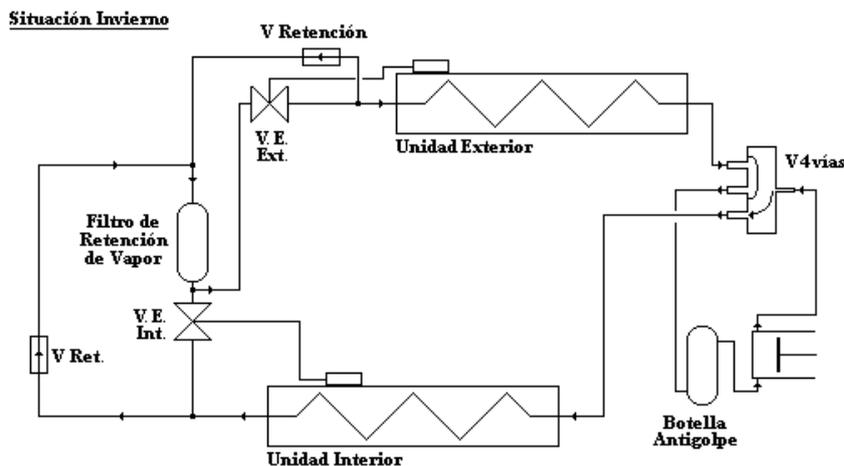
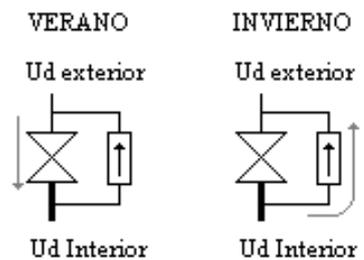
**5.- Dispositivos de Expansión (VII)**

Doble sentido de circulación  
(compatibilizar el funcionamiento en verano con el de invierno)



**5.- Dispositivos de Expansión (VIII)**

Doble sentido de circulación  
(compatibilizar el funcionamiento en verano con el de invierno)



Una sola válvula ⇒ bulbo en la tubería de aspiración

### 6.- Evaporadores (I)

**Intercambiador de calor**, en él refrigerante, "líquido" a baja presión y temperatura, se evapora absorbiendo calor de un medio exterior más caliente (aire o agua)

Debe tener tamaño suficiente y provocar la mínima pérdida de presión posible

Siendo extenso el campo de aplicaciones del frío existen **multitud de tipos** de evaporadores, variando por su forma, construcción y aplicación.

Se clasifican en tres grandes grupos, que corresponden a los **sistemas de funcionamiento** del evaporador, y son:

- Sistema húmedo o inundado, el evaporador casi totalmente lleno de líquido
- Sistema seco, contiene la cantidad de refrigerante líquido absolutamente necesaria, reduciendo al mínimo la cantidad de refrigerante en el sistema, es el sistema más empleado
- Sistema semi-inundado, una variante del seco, son tubos conectados en paralelo a unos colectores distribuidores.

La entrada de refrigerante debe dosificarse al ritmo en que lo aspira el compresor

131

### 6.- Evaporadores (II)

Entre las **aplicaciones** más comunes están:

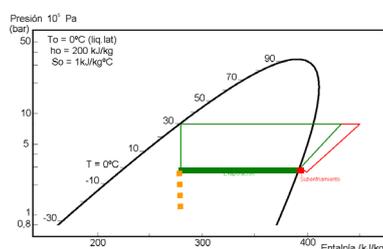
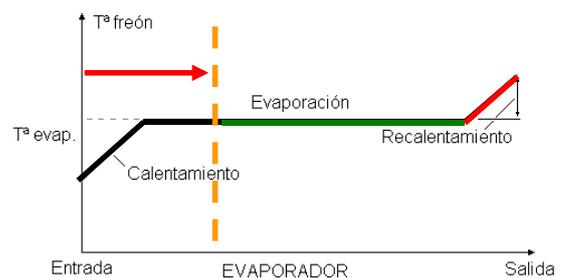
- Enfriamiento de aire: tubo con aletas
- Enfriamiento de agua: intercambiador de placas o de tubos (peligro de congelación) (en contracorriente)
- Serpentin sumergido en un tanque
- Para formación de hielo (placa sobre la que se rocía agua, y luego se desprende)



≈ Condensador

Asegurar la completa evaporación del refrigerante: Recalentamiento (evita líquido en el compresor)

Si es excesivo aumenta el consumo del compresor (aumenta el volumen del vapor) (isoentrópicas con menor pendiente)



132

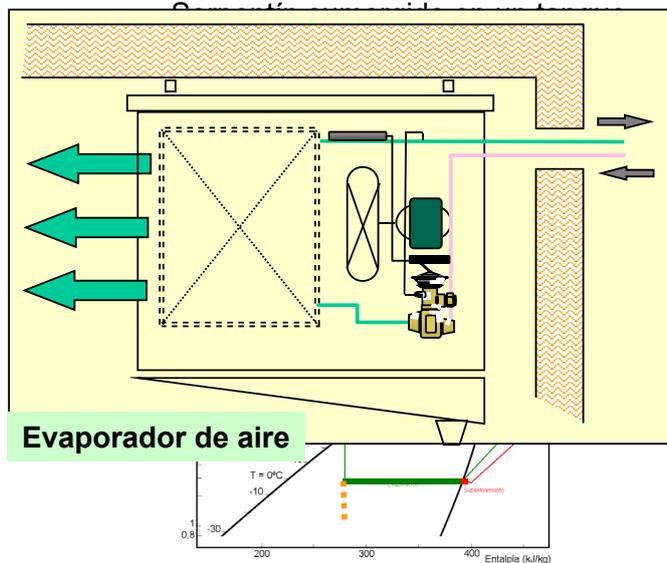
6.- Evaporadores (II)

Entre las **aplicaciones** más comunes están:

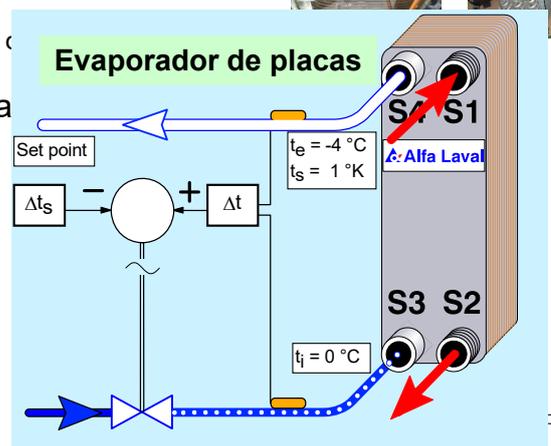
- Enfriamiento de aire: tubo con aletas
- Enfriamiento de agua: intercambiador de placas o de tubos (peligro de congelación) (en contracorriente)



≈ Condensador



Evaporador de aire



Evaporador de placas

6.- Evaporadores (III)

La escarcha es un aislante térmico, disminuye el rendimiento del equipo

Necesidad de desescarchado

- Natural (larga duración)
- Goteo de agua caliente (calentada en el condensador)
- Resistencia eléctrica
- Bomba de calor
- Gas caliente...

Desescarche rápido  
Caro de instalar  
Para  $T_{\text{cámara}} > -5^{\circ}\text{C}$

Fácil de instalar  
Consume mucha energía  
(5-10% de la instalación)

Muy caro de instalar  
No consume energía  
Desescarchado muy rápido  
Se somete al equipo a cambios bruscos de P y T  
Requiere proteger el compresor de golpes de líquido



6.- Evaporadores (III)

La escarcha es un aislante térmico, disminuye el rendimiento del equipo

Necesidad de desescarchado

- Natural (larga duración)
- Goteo de agua caliente (calentada en el condensador)
- Resistencia eléctrica
- Bomba de calor
- Gas caliente...

Parar alimentación al evaporador

Seguir aspirando hasta vaciar el evaporador

Paro de compresor y ventiladores

Temporizado

Detector de escarcha

Bandeja de condensados

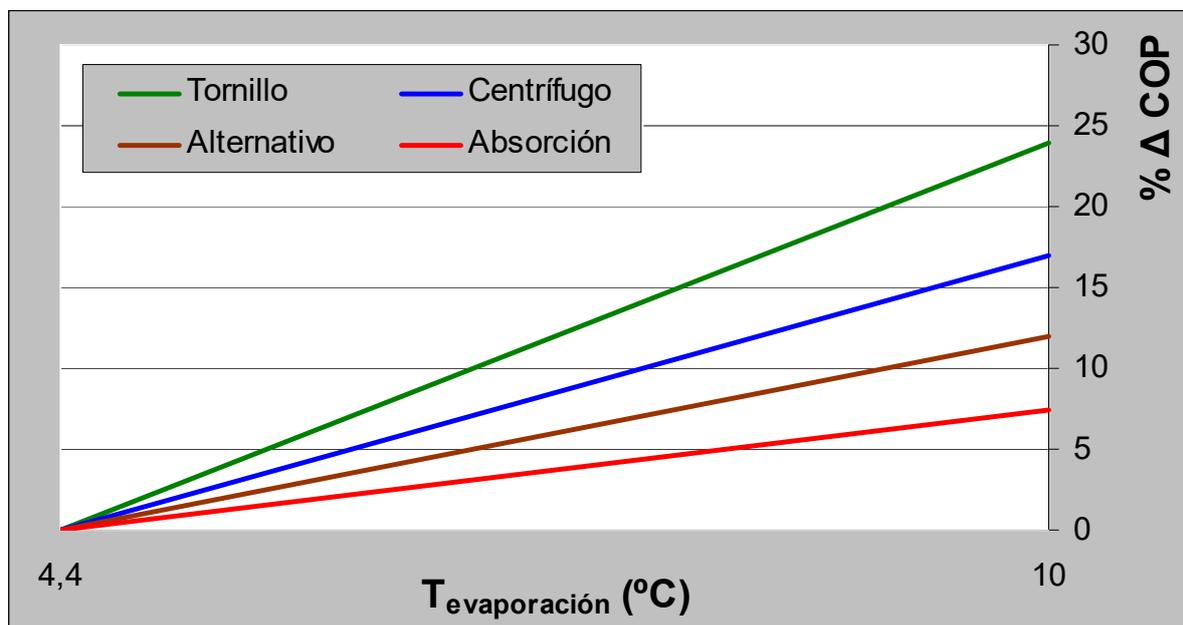
Desagües



- Alimentación de refrigerante
- Arranque compresor
- Espera a enfriamiento del evaporador
- Arranque de ventiladores

135

6.- Evaporadores (IV)



136

6.- Evaporadores (V)

**Evaporadores en microcanal**

Son de aluminio, por lo que son ligeros

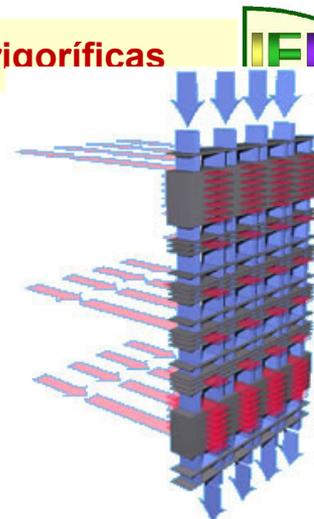
La forma de los tubos permite optimizar el flujo de calor (aumenta hasta un 10%)

Su gran rendimiento hace que su tamaño sea reducido, por lo que son compactos (hasta un 25% menor)

Necesitan menos refrigerante

Permiten maximizar el volumen útil de la cámara y disminuir el refrigerante necesitado en la instalación

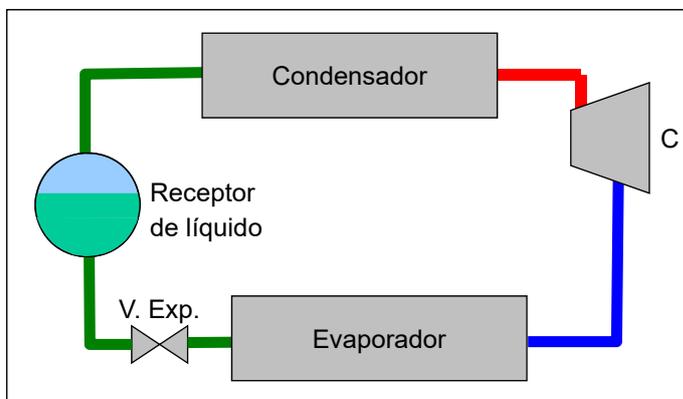
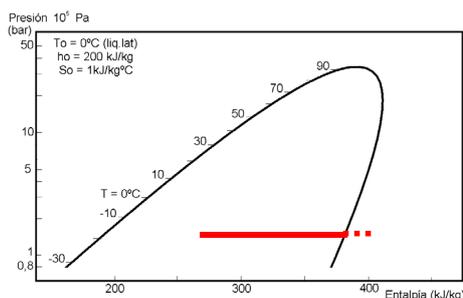
En función del diseño, pueden presentar problemas de formación de escarcha, lo que acaba reduciendo el rendimiento y aumenta la pérdida de carga en el flujo de aire



6.- Evaporadores (VI)

Alimentación del Evaporador:

- Inyección Directa



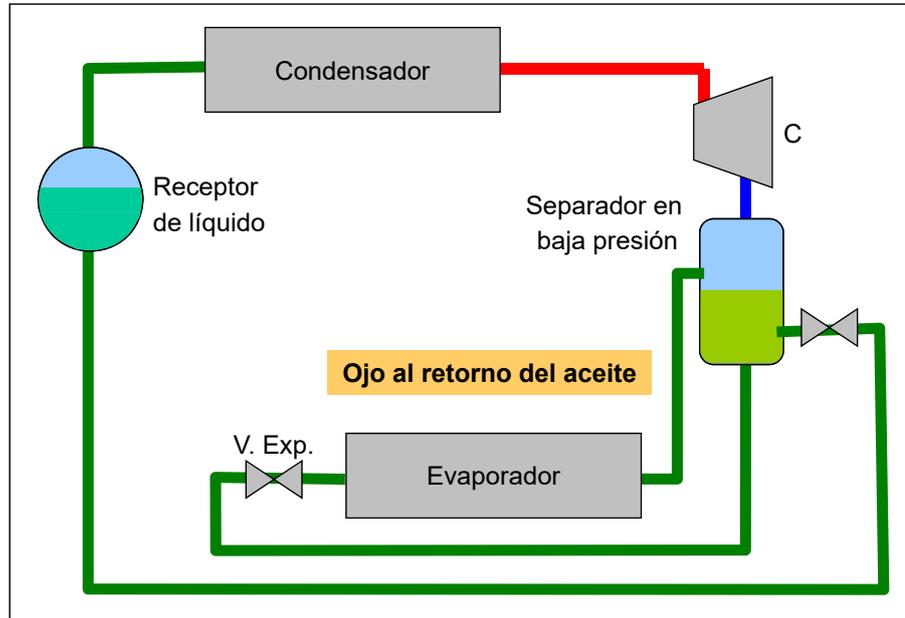
Evaporador seco:

- Se debe vaporizar el refrigerante totalmente en su interior
- Se necesita cierto grado de recalentamiento para asegurar que el compresor no aspira líquido

6.- Evaporadores (VI)

Alimentación del Evaporador:

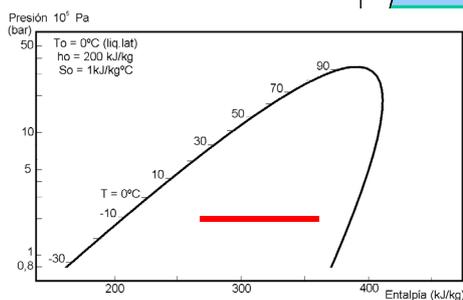
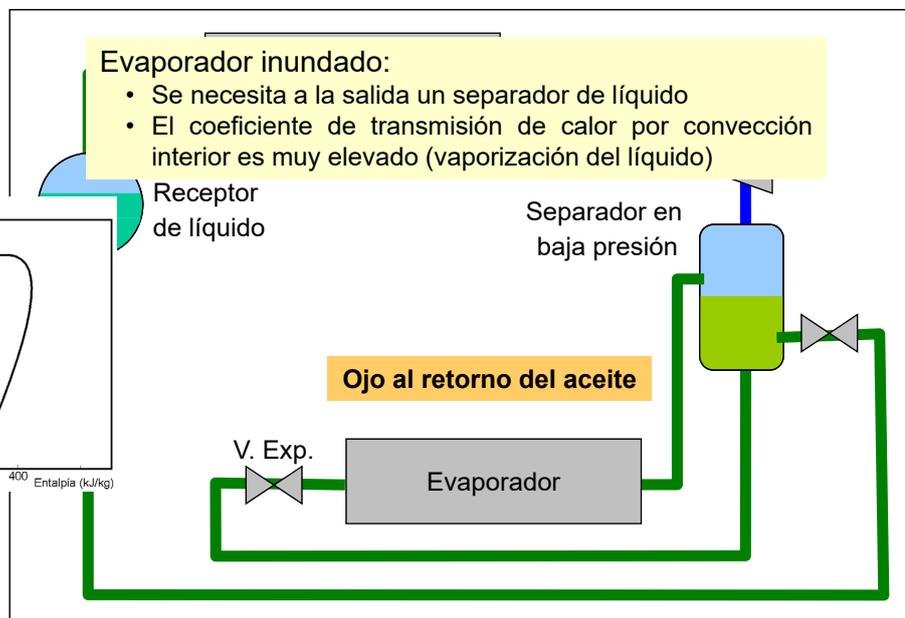
- Inyección Directa
- Gravedad



6.- Evaporadores (VI)

Alimentación del Evaporador:

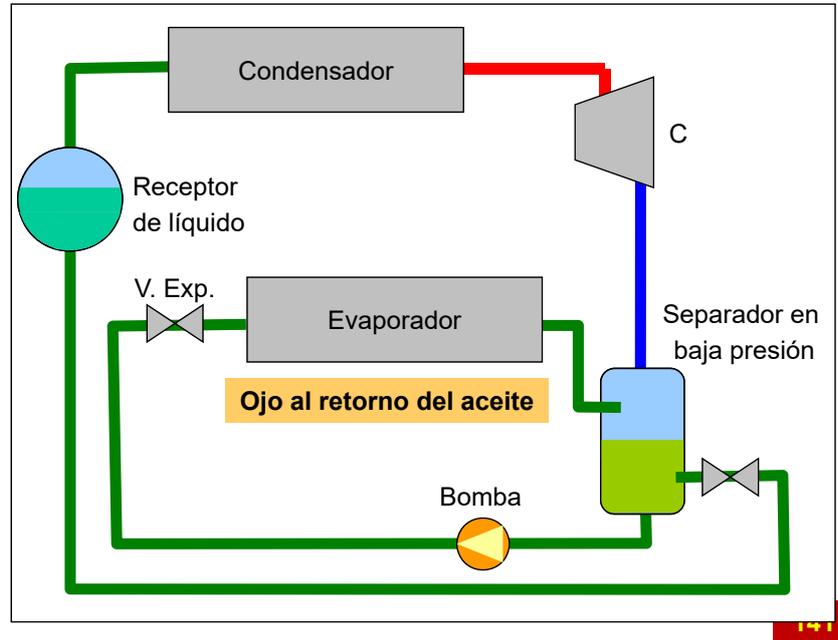
- Inyección Directa
- Gravedad



6.- Evaporadores (VI)

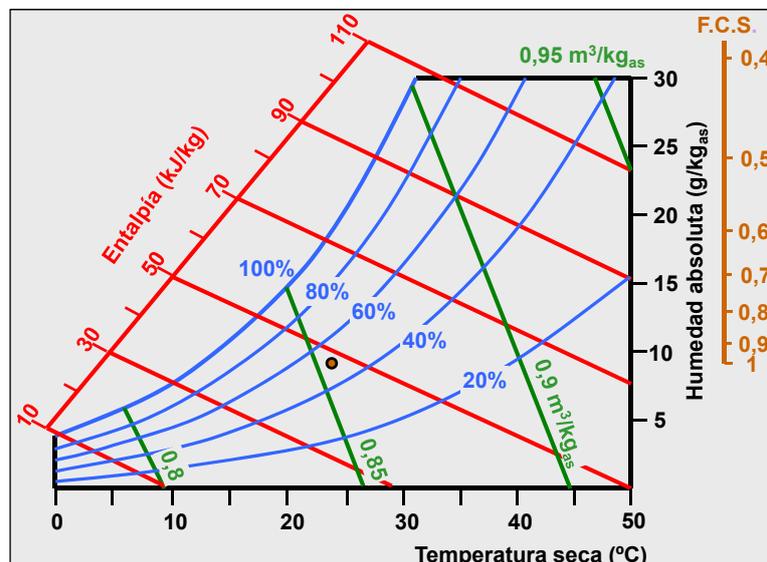
Alimentación del Evaporador:

- Inyección Directa
- Gravedad
- Por inundación con bomba



6.- Evaporadores (VII)

El Diagrama Psicrométrico representa las propiedades del aire húmedo  
Hay que considerar la presión (altitud)  
Existen diferentes tipos



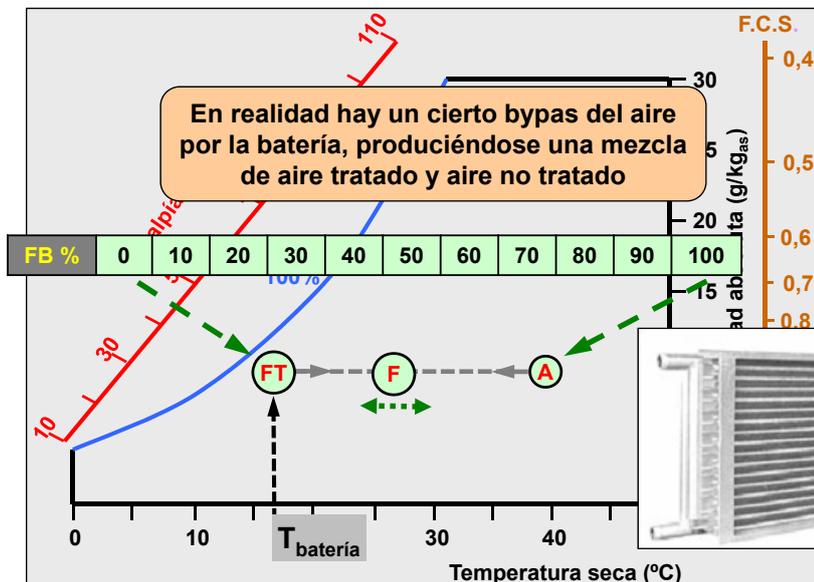
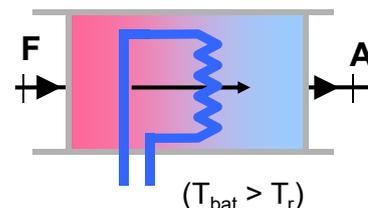


6.- Evaporadores (IX)

**Enfriamiento sensible**, sin deshumidificación

Paso por una batería fría a  $T_{bat} > T_r$

No varía la humedad absoluta (W)



Q calor aportado (kCal / h)

$$Q = 0,24 M_{aire} (T_F - T_A)$$

$$Q = M_{aire} (h_A - h_F)$$

$$FB = \frac{M_{aire \text{ no tratada}}}{M_{aire \text{ total}}}$$

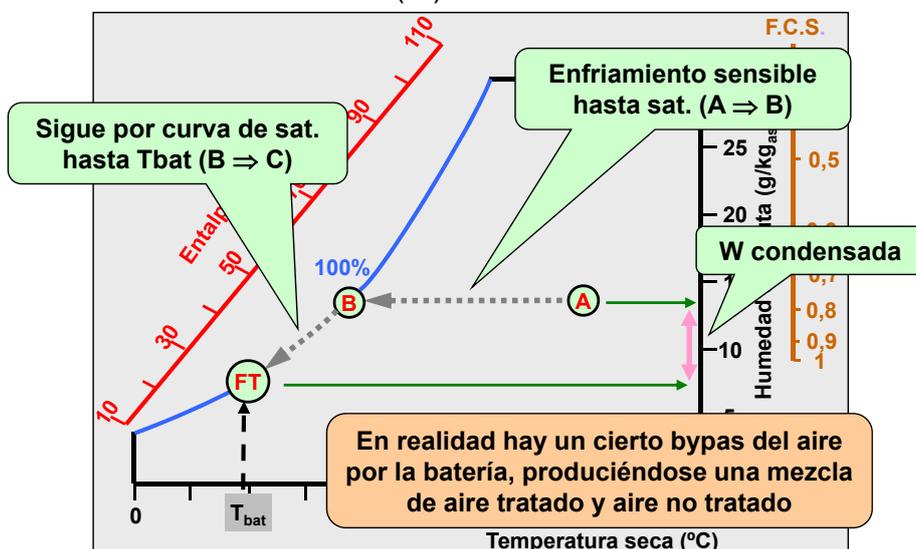
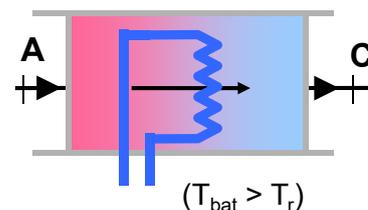
- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

6.- Evaporadores (X)

**Enfriamiento con deshumidificación**

Paso por una batería fría a  $T_{bat} < T_r$

Condensa humedad (W)



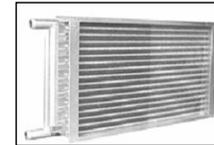
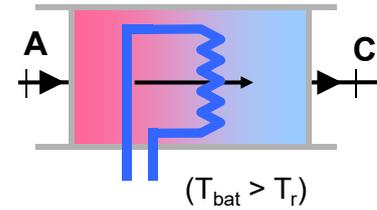
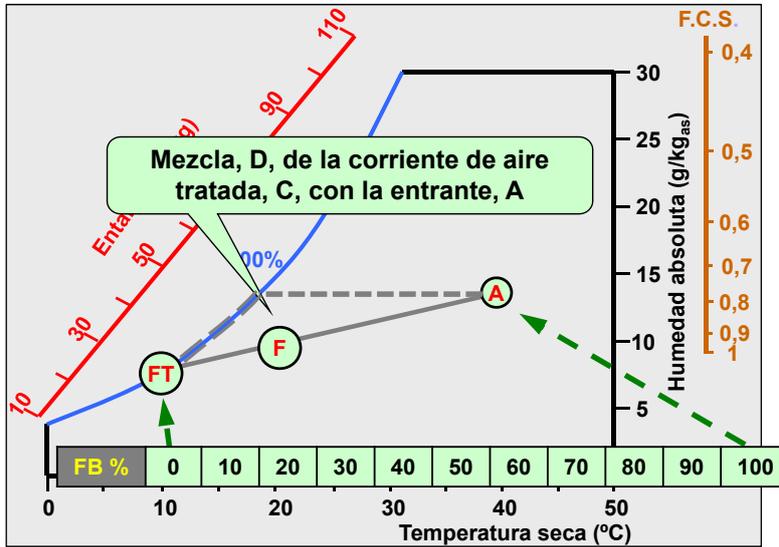
$$FB = \frac{M_{aire \text{ no tratada}}}{M_{aire \text{ total}}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

6.- Evaporadores (X)

**Enfriamiento con deshumidificación**

Paso por una batería fría a  $T_{bat} < T_r$   
Condensa humedad (W)



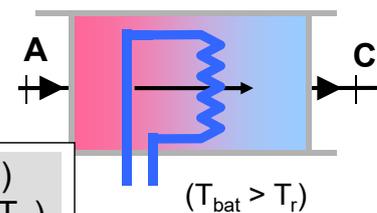
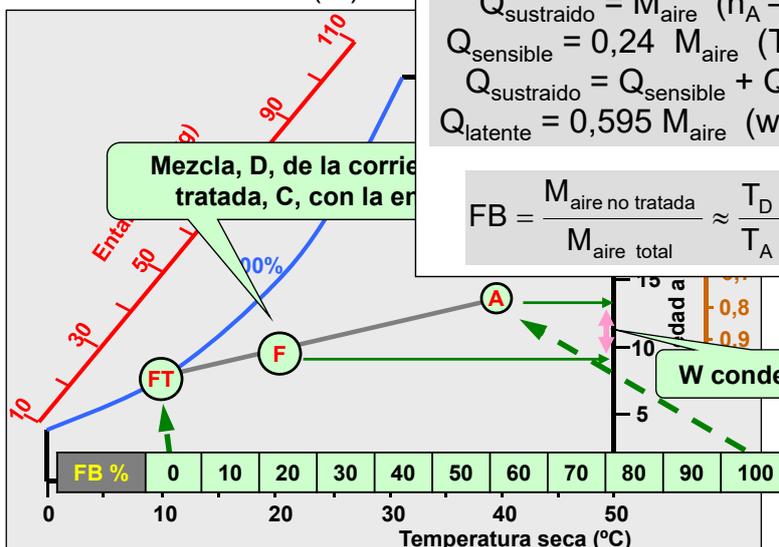
$$FB = \frac{M_{\text{aire no tratada}}}{M_{\text{aire total}}}$$

- n° filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

6.- Evaporadores (X)

**Enfriamiento con deshumidificación**

Paso por una batería fría a  $T_{bat} < T_r$   
Condensa humedad (W)



$$Q_{\text{sustraido}} = M_{\text{aire}} (h_A - h_D)$$

$$Q_{\text{sensible}} = 0,24 M_{\text{aire}} (T_A - T_D)$$

$$Q_{\text{sustraido}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latente}}$$

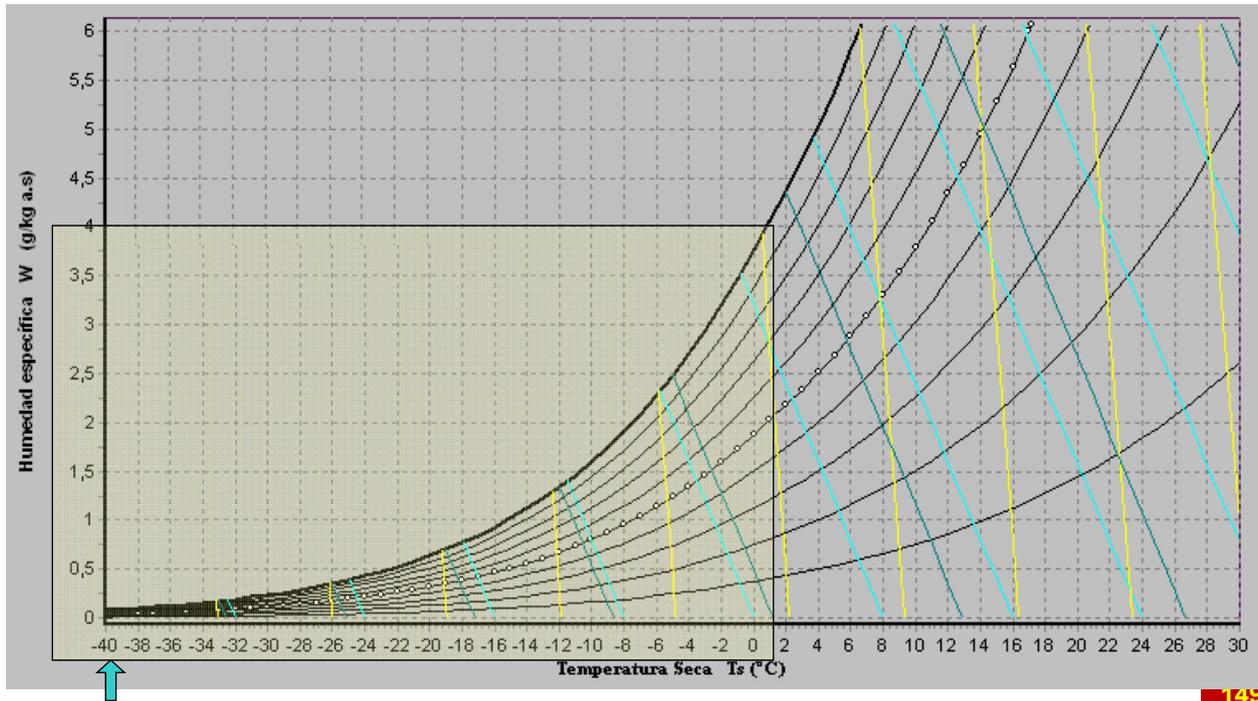
$$Q_{\text{latente}} = 0,595 M_{\text{aire}} (w_A - w_D)$$

$$FB = \frac{M_{\text{aire no tratada}}}{M_{\text{aire total}}} \approx \frac{T_D - T_C}{T_A - T_C}$$

$$FB = \frac{M_{\text{aire no tratada}}}{M_{\text{aire total}}}$$

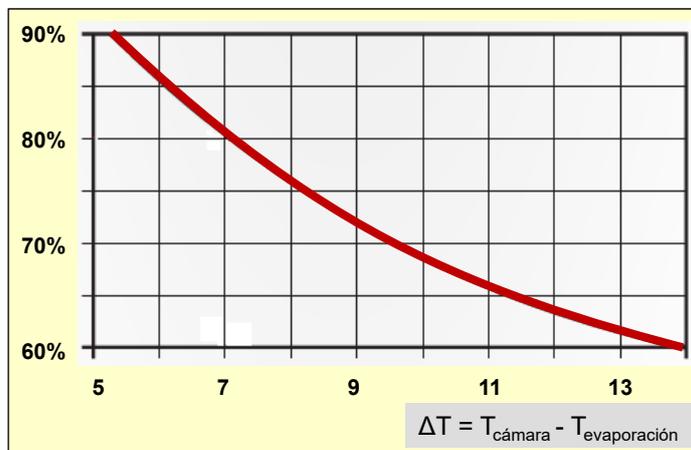
- n° filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

6.- Evaporadores (XI)



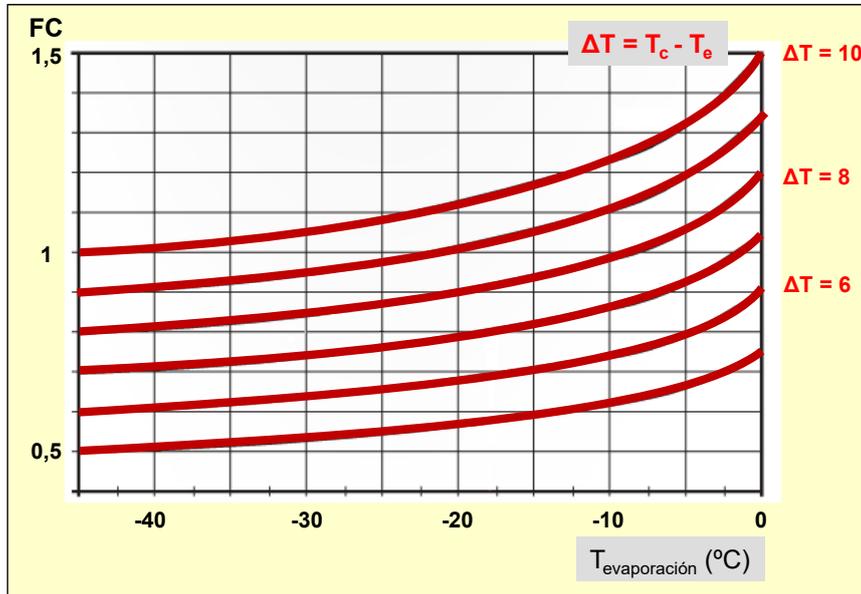
6.- Evaporadores (XII)

*Humedad relativa en el interior de la cámara*



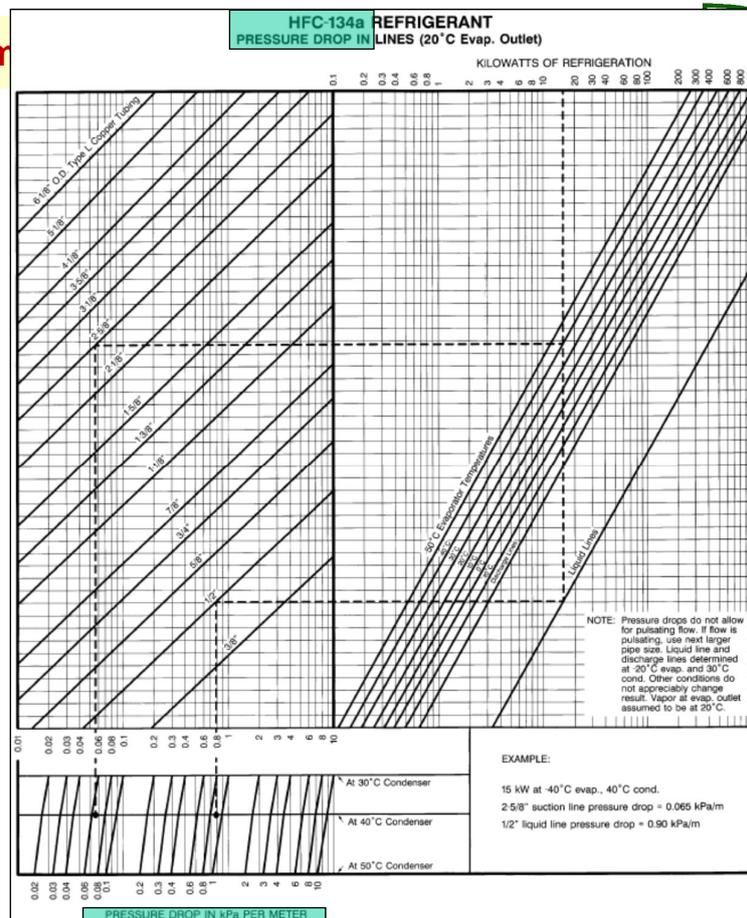
6.- Evaporadores (XIII)

Factor divisor de la capacidad del evaporador por efecto de la temperatura de evaporación



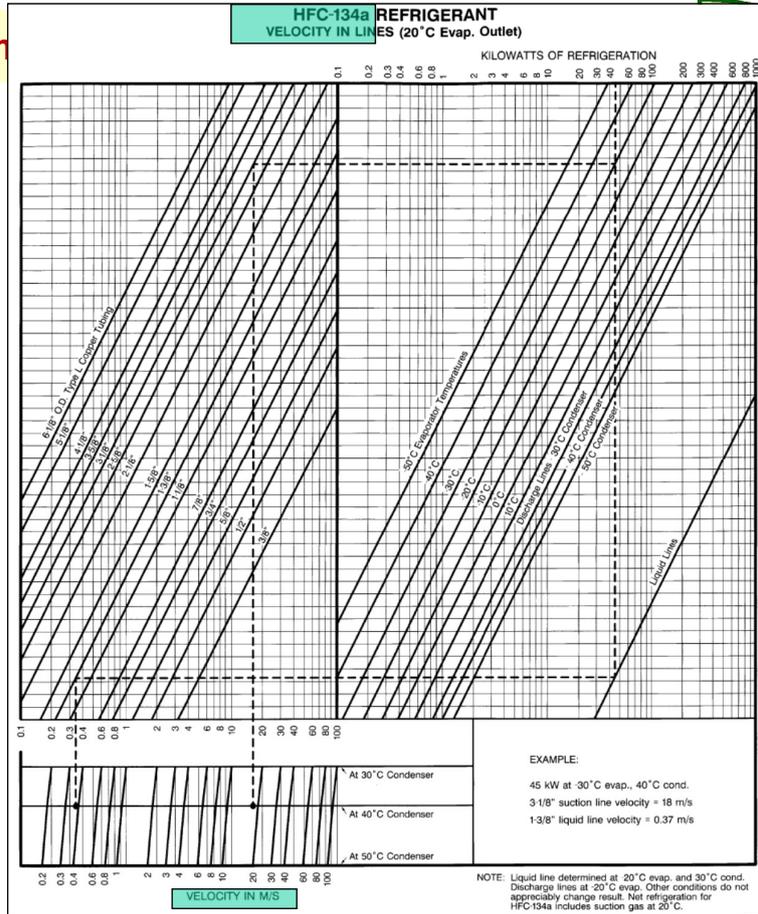
7.- Tuberías (I)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2  
System Practices for Halocarbon Refrigerants



7.- Tuberías (II)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2  
System Practices for Halocarbon Refrigerants



7.- Tub

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2  
System Practices for Halocarbon Refrigerants

Table 5 Suction, Discharge, and Liquid Line Capacities in Kilowatts for Refrigerant 134a (Single- or High-Stage Applications)

Nominal Line OD, mm	Suction Lines ( $\Delta t = 0.04$ K/m)					Discharge Lines ( $\Delta t = 0.02$ K/m, $\Delta p = 538$ Pa/m)			Liquid Lines	
	Saturated Suction Temperature, °C					Saturated Suction Temperature, °C			See notes a and b	
	-10	-5	0	5	10	-10	0	10	Velocity = 0.5 m/s	$\Delta t = 0.02$ K/m $\Delta p = 538$ Pa/m
	318	368	425	487	555					
	<b>TYPE L COPPER LINE</b>									
12	0.62	0.76	0.92	1.11	1.33	1.69	1.77	1.84	6.51	8.50
15	1.18	1.45	1.76	2.12	2.54	3.23	3.37	3.51	10.60	16.30
18	2.06	2.52	3.60	3.69	4.42	5.61	5.85	6.09	16.00	28.40
22	3.64	4.45	5.40	6.50	7.77	9.87	10.30	10.70	24.50	50.10
28	7.19	8.80	10.70	12.80	15.30	19.50	20.30	21.10	41.00	99.50
35	13.20	16.10	19.50	23.50	28.10	35.60	37.20	38.70	64.90	183.00
42	21.90	26.80	32.40	39.00	46.50	59.00	61.60	64.10	95.20	304.00
54	43.60	53.20	64.40	77.30	92.20	117.00	122.00	127.00	160.00	605.00
67	77.70	94.60	115.00	138.00	164.00	208.00	217.00	226.00	248.00	1080.00
79	120.00	147.00	177.00	213.00	253.00	321.00	335.00	349.00	346.00	1670.00
105	257.00	313.00	379.00	454.00	541.00	686.00	715.00	744.00	618.00	3580.00
	<b>STEEL LINE</b>									
10	0.87	1.06	1.27	1.52	1.80	2.28	2.38	2.47	9.81	12.30
15	1.62	1.96	2.36	2.81	3.34	4.22	4.40	4.58	15.60	22.80
20	3.41	4.13	4.97	5.93	7.02	8.88	9.26	9.64	27.40	48.20
25	6.45	7.81	9.37	11.20	13.30	16.70	17.50	18.20	44.40	91.00
32	13.30	16.10	19.40	23.10	27.40	34.60	36.10	37.50	76.90	188.00
40	20.00	24.20	29.10	34.60	41.00	51.90	54.10	56.30	105.00	283.00
50	38.60	46.70	56.00	66.80	79.10	100.00	104.00	108.00	173.00	546.00
65	61.50	74.30	89.30	106.00	126.00	159.00	166.00	173.00	246.00	871.00
80	109.00	131.00	158.00	288.00	223.00	281.00	294.00	306.00	380.00	1540.00
100	222.00	268.00	322.00	383.00	454.00	573.00	598.00	622.00	655.00	3140.00

Notes:  
1. Table capacities are in kilowatts of refrigeration.  $\Delta p$  = pressure drop per equivalent line length, Pa/m  $\Delta t$  = corresponding change in saturation temperature, K/m  
2. Line capacity for other saturation temperatures  $\Delta t$  and equivalent lengths  $L_e$   
$$\text{Line capacity} = \text{Table capacity} \left( \frac{\text{Table } L_e}{\text{Actual } L_e} \times \frac{\text{Actual } \Delta t}{\text{Table } \Delta t} \right)^{0.55}$$
  
3. Saturation temperature  $\Delta t$  for other capacities and equivalent lengths  $L_e$   
$$\Delta t = \text{Table } \Delta t \left( \frac{\text{Actual } L_e}{\text{Table } L_e} \right) \left( \frac{\text{Actual capacity}}{\text{Table capacity}} \right)^{1.3}$$
  
4. Values in the table are based on 40°C condensing temperature. Multiply table capacities by the following factors for other condensing temperatures.

Condensing Temperature, °C	Suction Line	Discharge Line
20	1.239	0.682
30	1.120	0.856
40	1.0	1.0
50	0.888	1.110

<sup>a</sup>The sizing shown is recommended where any gas generated in the receiver must return up the condensate line to the condenser without restricting condensate flow. Water-cooled condensers, where the receiver ambient temperature may be higher than the refrigerant condensing temperature, fall into this category.  
<sup>b</sup>The line pressure drop  $\Delta p$  is conservative; if subcooling is substantial or the line is short, a smaller size line may be used. Applications with very little subcooling or very long lines may require a larger line.

7.- Tuberías (IV)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2  
System Practices for Halocarbon Refrigerants

**Table 16 Fitting Losses in Equivalent Metres of Pipe**  
(Screwed, Welded, Flanged, Flared, and Brazed Connections)

Nominal Pipe or Tube Size, mm	Smooth Bend Elbows						Flow Through Branch	Smooth Bend Tees		
	90° Std <sup>a</sup>	90° Long-Radius <sup>b</sup>	90° Street <sup>a</sup>	45° Std <sup>a</sup>	45° Street <sup>a</sup>	180° Std <sup>a</sup>		Straight-Through Flow		
								No Reduction	Reduced 1/4	Reduced 1/2
10	0.4	0.3	0.7	0.2	0.3	0.7	0.8	0.3	0.4	0.4
15	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.8	0.9	0.3	0.4	0.5
20	0.6	0.4	1.0	0.3	0.5	1.0	1.2	0.4	0.6	0.6
25	0.8	0.5	1.2	0.4	0.6	1.2	1.5	0.5	0.7	0.8
32	1.0	0.7	1.7	0.5	0.9	1.7	2.1	0.7	0.9	1.0
40	1.2	0.8	1.9	0.6	1.0	1.9	2.4	0.8	1.1	1.2
50	1.5	1.0	2.5	0.8	1.4	2.5	3.0	1.0	1.4	1.5
65	1.8	1.2	3.0	1.0	1.6	3.0	3.7	1.2	1.7	1.8
80	2.3	1.5	3.7	1.2	2.0	3.7	4.6	1.5	2.1	2.3
90	2.7	1.8	4.6	1.4	2.2	4.6	5.5	1.8	2.4	2.7
100	3.0	2.0	5.2	1.6	2.6	5.2	6.4	2.0	2.7	3.0
125	4.0	2.5	6.4	2.0	3.4	6.4	7.6	2.5	3.7	4.0
150	4.9	3.0	7.6	2.4	4.0	7.6	9	3.0	4.3	4.9
200	6.1	4.0	—	3.0	—	10	12	4.0	5.5	6.1
250	7.6	4.9	—	4.0	—	13	15	4.9	7.0	7.6
300	9.1	5.8	—	4.9	—	15	18	5.8	7.9	9.1
350	10	7.0	—	5.5	—	17	21	7.0	9.1	10
400	12	7.9	—	6.1	—	19	24	7.9	11	12
450	13	8.8	—	7.0	—	21	26	8.8	12	13
500	15	10	—	7.9	—	25	30	10	13	15
600	18	12	—	9.1	—	29	35	12	15	18

<sup>a</sup>R/D approximately equal to 1.      <sup>b</sup>R/D approximately equal to 1.5.

7.- Tuberías (IV)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 3  
System Practices for Ammonia Refrigerant

**Table 1 Suction Line Capacities in Kilowatts for Ammonia with Pressure Drops of 0.005 and 0.01 K/m Equivalent**

Steel Nominal Line Size, mm	Saturated Suction Temperature, °C					
	-50		-40		-30	
	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 12.1$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 24.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 19.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 38.4$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 29.1$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 58.2$ Pa/m
10	0.19	0.29	0.35	0.51	0.58	0.85
15	0.37	0.55	0.65	0.97	1.09	1.60
20	0.80	1.18	1.41	2.08	2.34	3.41
25	1.55	2.28	2.72	3.97	4.48	6.51
32	3.27	4.80	5.71	8.32	9.36	13.58
40	4.97	7.27	8.64	12.57	14.15	20.49
50	9.74	14.22	16.89	24.50	27.57	39.82
65	15.67	22.83	27.13	39.27	44.17	63.77
80	28.08	40.81	48.36	69.99	78.68	113.30
100	57.95	84.10	99.50	143.84	161.77	232.26
125	105.71	153.05	181.16	261.22	293.12	420.83
150	172.28	248.91	294.74	424.51	476.47	683.18
200	356.67	514.55	609.20	874.62	981.85	1402.03
250	649.99	937.58	1107.64	1589.51	1782.31	2545.46
300	1045.27	1504.96	1777.96	2550.49	2859.98	4081.54
Steel Nominal Line Size, mm	Saturated Suction Temperature, °C					
	-20		-5		+5	
	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 42.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 84.4$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 69.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 138.3$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 92.6$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 185.3$ Pa/m
10	0.91	1.33	1.66	2.41	2.37	3.42
15	1.72	2.50	3.11	4.50	4.42	6.37
20	3.66	5.31	6.61	9.53	9.38	13.46
25	6.98	10.10	12.58	18.09	17.79	25.48
32	14.58	21.04	26.17	37.56	36.94	52.86
40	21.99	31.73	39.40	56.39	55.53	79.38
50	42.72	61.51	76.29	109.28	107.61	153.66
65	68.42	98.23	122.06	174.30	171.62	245.00
80	121.52	174.28	216.15	308.91	304.12	433.79
100	249.45	356.87	442.76	631.24	621.94	885.81
125	452.08	646.25	800.19	1139.74	1124.47	1598.31
150	733.59	1046.77	1296.07	1846.63	1819.59	2590.21
200	1506.11	2149.60	2662.02	3784.58	3735.65	5303.12
250	2731.90	3895.57	4818.22	6851.91	6759.98	9589.56
300	4378.87	6237.23	7714.93	10973.55	10810.65	15360.20

Note: Capacities are in kilowatts of refrigeration resulting in a line friction loss per unit equivalent pipe length ( $\Delta p$  in Pa/m), with corresponding change in saturation temperature per unit length ( $\Delta t$  in K/m).

7.- Tuberías (IV)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 3  
System Practices for Ammonia Refrigerant

**Table 2 Suction, Discharge Line, and Liquid Capacities in Kilowatts for Ammonia (Single- or High-Stage Applications)**

Steel Nominal Line Size, mm	Suction Lines ( $\Delta t = 0.02$ K/m)					Discharge Lines $\Delta t = 0.02$ K/m, $\Delta p = 684.0$ Pa/m			Steel Nominal Line Size, mm	Liquid Lines	
	Saturated Suction Temperature, °C					Saturated Suction Temp., °C				Velocity = 0.5 m/s	$\Delta p = 450.0$
	-40 $\Delta p = 76.9$	-30 $\Delta p = 116.3$	-20 $\Delta p = 168.8$	-5 $\Delta p = 276.6$	+5 $\Delta p = 370.5$	-40	-20	+5			
10	0.8	1.2	1.9	3.5	4.9	8.0	8.3	8.5	10	3.9	63.8
15	1.4	2.3	3.6	6.5	9.1	14.9	15.3	15.7	15	63.2	118.4
20	3.0	4.9	7.7	13.7	19.3	31.4	32.3	33.2	20	110.9	250.2
25	5.8	9.4	14.6	25.9	36.4	59.4	61.0	62.6	25	179.4	473.4
32	12.1	19.6	30.2	53.7	75.4	122.7	126.0	129.4	32	311.0	978.0
40	18.2	29.5	45.5	80.6	113.3	184.4	189.4	194.5	40	423.4	1469.4
50	35.4	57.2	88.1	155.7	218.6	355.2	364.9	374.7	50	697.8	2840.5
65	56.7	91.6	140.6	248.6	348.9	565.9	581.4	597.0	65	994.8	4524.8
80	101.0	162.4	249.0	439.8	616.9	1001.9	1029.3	1056.9	80	1536.3	8008.8
100	206.9	332.6	509.2	897.8	1258.6	2042.2	2098.2	2154.3	—	—	—
125	375.2	601.8	902.6	1622.0	2271.4	3682.1	3783.0	3884.2	—	—	—
150	608.7	975.6	1491.4	2625.4	3672.5	5954.2	6117.4	6281.0	—	—	—
200	1252.3	2003.3	3056.0	5382.5	7530.4	12195.3	12529.7	12864.8	—	—	—
250	2271.0	3625.9	5539.9	9733.7	13619.6	22028.2	22632.2	23237.5	—	—	—
300	3640.5	5813.5	8873.4	15568.9	21787.1	35239.7	36206.0	37174.3	—	—	—

**Notes:**  
 1. Table capacities are in kilowatts of refrigeration.  
 $\Delta p$  = pressure drop due to line friction, Pa/m  
 $\Delta t$  = corresponding change in saturation temperature, K/m  
 2. Line capacity for other saturation temperatures  $\Delta t$  and equivalent lengths  $L_e$   

$$\text{Line capacity} = \text{Table capacity} \left( \frac{\text{Table } L_e}{\text{Actual } L_e} \times \frac{\text{Actual } \Delta t}{\text{Table } \Delta t} \right)^{0.55}$$
  
 3. Saturation temperature  $\Delta t$  for other capacities and equivalent lengths  $L_e$   

$$\Delta t = \text{Table } \Delta t \left( \frac{\text{Actual } L_e}{\text{Table } L_e} \right) \left( \frac{\text{Actual capacity}}{\text{Table capacity}} \right)^{1.8}$$
  
 4. Values in the table are based on 30°C condensing temperature. Multiply table capacities by the following factors for other condensing temperatures:  

Condensing Temperature, °C	Suction Lines	Discharge Lines
20	1.04	0.86
30	1.00	1.00
40	0.96	1.24
50	0.91	1.43

  
 5. Liquid line capacities are based on -5°C suction.

7.- Tuberías (V)



**TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN**

La siguiente tabla indica la potencia frigorífica mínima y máxima recomendada para tuberías de aspiración.

Temp. evap. (°C)	Diámetro de tubería	LINEA DE GAS DE ASPIRACIÓN DEL EVAPORADOR AL COMPRESOR R-449A / R-452A / R-404A								LINEA DE GAS DE ASPIRACIÓN DEL EVAPORADOR AL COMPRESOR R-134a							
		Potencia frigorífica máx. (kW) para una caída de temperatura de saturación de 1 K, según longitud equivalente de tubería								Potencia frigorífica máx. (kW) para una caída de temperatura de saturación de 1 K, según longitud equivalente de tubería							
		10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	40 m	50 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	40 m	50 m		
Alta temperatura Temperatura evaporación: 0 °C	3/8"	0.2	1.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.2	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3
	1/2"	0.5	3.2	2.6	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	0.5	2.0	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8
	5/8"	0.9	6.1	4.9	4.2	3.7	3.3	2.8	2.5	0.9	3.8	3.1	2.6	2.3	2.1	1.8	1.6
	3/4"	1.4	10.1	8.1	6.9	6.1	5.5	4.7	4.2	1.5	6.4	5.1	4.4	3.9	3.5	3.0	2.6
	7/8"	2.0	15.8	13	11	9.6	8.7	7.4	6.5	2.2	10	8.0	6.9	6.1	5.5	4.7	4.1
	1"	3.0	22	19	16	14	13	11	9.6	3.2	15	12	10.0	8.9	8.0	6.9	6.1
	1 1/8"	4.0	28	25	22	19	17	15	13	3.7	17	16	14	12	11	9.4	8.3
	1 3/8"	7	41	41	36	32	29	25	22	6	24	24	23	21	19	16	14
	1 5/8"	10	58	58	58	52	47	40	35	9	35	35	35	33	30	25	23
	2 1/8"	21	103	103	103	103	99	84	75	19	61	61	61	61	63	54	48
2 5/8"	35	155	155	155	155	155	145	129	32	95	95	95	95	95	95	82	
3 1/8"	55	225	225	225	225	225	225	209	50	135	135	135	135	135	135	133	
3 5/8"	80	300	300	300	300	300	300	300	75	180	180	180	180	180	180	180	
4 1/8"	115	400	400	400	400	400	400	400	100	230	230	230	230	230	230	230	
Media temperatura Temperatura evaporación: -10 °C	3/8"	0.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.2	0.55	0.44	0.37	0.33	0.30	0.25	0.22	
	1/2"	0.4	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	1.0	0.9	0.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	5/8"	0.8	4.2	3.4	2.9	2.5	2.3	2.0	1.7	0.7	2.6	2.1	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1
	3/4"	1.2	7.0	5.6	4.8	4.3	3.9	3.3	2.9	1.2	4.3	3.4	2.9	2.6	2.3	2.0	1.8
	7/8"	1.7	11	8.8	7.5	6.7	6.0	5.1	4.5	1.8	6.7	5.4	4.6	4.1	3.7	3.1	2.8
	1"	2.5	15	13	11	9.7	8.8	7.5	6.7	2.6	9.9	7.9	6.7	6.0	5.4	4.6	4.1
	1 1/8"	3.5	19	18	15	13	12	10	9.1	3.0	11	10.8	9.2	8.1	7.4	6.3	5.5
	1 3/8"	5.5	28	28	25	22	20	17	15	5.0	16	17	16	14	12	11	9.4
	1 5/8"	9.0	40	40	40	36	33	28	25	7.5	23	24	25	22	20	17	15
	2 1/8"	18	70	70	70	70	69	59	52	15	41	42	43	44	42	36	32
2 5/8"	30	105	105	105	105	105	101	90	25	62	63	64	65	66	62	55	
3 1/8"	50	155	155	155	155	155	155	146	40	90	91	92	93	94	95	89.7	
3 5/8"	65	200	200	200	200	200	200	200	60	120	121	122	123	124	125	126	
4 1/8"	90	265	265	265	265	265	265	265	75	150	151	152	153	154	155	156	

**7.- Tuberías (V)**



**TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN**

La siguiente tabla indica la potencia frigorífica mínima y máxima recom

Baja temperatura - Temperatura evaporación: -30 °C	Potencia frigorífica (kW)							
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 3/8"
0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.3	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4
0.5	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
0.9	3.1	2.5	2.1	1.9	1.7	1.4	1.3	1.3
1.2	4.8	3.9	3.3	2.9	2.6	2.2	2.0	2.0
1.5	6.2	5.6	4.8	4.3	3.9	3.3	2.9	2.9
2.0	8.1	7.7	6.6	5.8	5.3	4.5	4.0	4.0
3.5	12	12	11	9.9	8.9	7.6	6.7	6.7
5.5	17	17	17	16	14	12	11	11
11	30	30	30	30	30	26	23	23
18	46	46	46	46	46	45	39	39
30	66	66	66	66	66	66	64	64
45	90	90	90	90	90	90	90	90
60	115	115	115	115	115	115	115	115

Baja temperatura - Inyección de vapor - Temperatura evaporación: -30 °C	Potencia frigorífica (kW)							
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 3/8"
0.2	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
0.5	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.7	0.7	0.7
0.8	3.1	2.5	2.1	1.9	1.7	1.4	1.3	1.3
1.3	5.1	4.1	3.5	3.1	2.8	2.4	2.1	2.1
1.8	8.0	6.4	5.5	4.9	4.4	3.7	3.3	3.3
2.5	11	9.4	8.0	7.1	6.4	5.5	4.9	4.9
4.0	14	13	11	9.7	8.8	7.5	6.6	6.6
6.0	20	20	19	16	15	13	11	11
10	30	30	30	26	24	20	18	18
18	50	50	50	50	50	43	38	38
30.0	75	75	75	75	75	75	66	66
50.0	110	110	110	110	110	110	110	110
70.0	150	150	150	150	150	150	150	150
100.0	200	200	200	200	200	200	200	200

M. Temp.	2 1/8"	18	70	70	70	70	69
2 5/8"	30	105	105	105	105	105	101
3 1/8"	50	155	155	155	155	155	155
3 5/8"	65	200	200	200	200	200	200
4 1/8"	90	265	265	265	265	265	265

**Selección de tuberías de aspiración**

Para una potencia frigorífica a una temperatura de evaporación determinada, se ha de seleccionar aquella tubería que comprenda dicho valor de potencia entre el valor mínimo recomendado para la tubería, y el valor máximo recomendado en función de la longitud equivalente de tubería.

Para asegurar el correcto retorno de aceite en montantes verticales se recomienda seleccionar un diámetro de tubería donde la potencia frigorífica sea superior en un 50% al valor mínimo recomendado

Se recomienda evitar la selección de tubería con datos en color rojo, asociados a una pérdida de rendimiento frigorífico superior al 15%

Se recomienda no superar los valores indicados en color azul, asociados a una velocidad máxima del gas de 15 m/s.

**Aislamiento de tuberías**

En tuberías de aspiración se recomienda el siguiente espesor de aislamiento mínimo en coquilla de espuma elastomérica, para evitar condensaciones superficiales bajo ambiente de 25°C y 50% de HR

- Alta y media temperatura: 10 mm
- Baja temperatura (Tev.: -30 °C): 20 mm

**7.- Tuberías (V)**



**TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN**

La siguiente tabla indica la potencia frigorífica mínima y máxima recom

Baja temperatura - Temperatura evaporación: -30 °C	Potencia frigorífica (kW)							
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 3/8"
0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.3	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4
0.5	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
0.9	3.1	2.5	2.1	1.9	1.7	1.4	1.3	1.3
1.2	4.8	3.9	3.3	2.9	2.6	2.2	2.0	2.0
1.5	6.2	5.6	4.8	4.3	3.9	3.3	2.9	2.9
2.0	8.1	7.7	6.6	5.8	5.3	4.5	4.0	4.0
3.5	12	12	11	9.9	8.9	7.6	6.7	6.7
5.5	17	17	17	16	14	12	11	11
11	30	30	30	30	30	26	23	23
18	46	46	46	46	46	45	39	39
30	66	66	66	66	66	66	64	64
45	90	90	90	90	90	90	90	90
60	115	115	115	115	115	115	115	115

Baja temperatura - Inyección de vapor - Temperatura evaporación: -30 °C	Potencia frigorífica (kW)							
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 3/8"
0.2	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
0.5	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.7	0.7	0.7
0.8	3.1	2.5	2.1	1.9	1.7	1.4	1.3	1.3
1.3	5.1	4.1	3.5	3.1	2.8	2.4	2.1	2.1
1.8	8.0	6.4	5.5	4.9	4.4	3.7	3.3	3.3
2.5	11	9.4	8.0	7.1	6.4	5.5	4.9	4.9
4.0	14	13	11	9.7	8.8	7.5	6.6	6.6
6.0	20	20	19	16	15	13	11	11
10	30	30	30	26	24	20	18	18
18	50	50	50	50	50	43	38	38
30.0	75	75	75	75	75	75	66	66
50.0	110	110	110	110	110	110	110	110
70.0	150	150	150	150	150	150	150	150
100.0	200	200	200	200	200	200	200	200

M. Temp.	2 1/8"	18	70	70	70	70	69
2 5/8"	30	105	105	105	105	105	101
3 1/8"	50	155	155	155	155	155	155
3 5/8"	65	200	200	200	200	200	200
4 1/8"	90	265	265	265	265	265	265

**Selección de tuberías de aspiración**

Para una potencia frigorífica a una temperatura de evaporación determinada, se ha de seleccionar aquella tubería que comprenda dicho valor de potencia entre el valor mínimo recomendado para la tubería, y el valor máximo recomendado en función de la longitud equivalente de tubería.

Para asegurar el correcto retorno de aceite en montantes verticales se recomienda seleccionar un diámetro de tubería donde la potencia frigorífica sea superior en un 50 % al valor mínimo recomendado

Se recomienda evitar la selección de tubería con datos en color rojo, asociados a una pérdida de rendimiento frigorífico superior al 15%

Se recomienda no superar los valores indicados en color azul, asociados a una velocidad máxima del gas de 15 m/s.

**Aislamiento de tuberías**

En tuberías de aspiración se recomienda el siguiente espesor de aislamiento mínimo en coquilla de espuma elastomérica, para evitar condensaciones superficiales bajo ambiente de 25°C y 50% de HR

- Alta y media temperatura: 10 mm
- Baja temperatura (Tev.: -30 °C): 20 mm

7.- Tuberías (VI)



TUBERÍAS DE LIQUIDO

La siguiente tabla indica la potencia frigorífica media recomendada para las tuberías de líquido, así como la carga de refrigerante según el diámetro.

Diámetro tubería de cobre	Potencia frigorífica recomendada en línea de líquido				Carga de refrigerante (g/m)	
	Sin subenfriamiento		Con subenfriamiento 0 °C		R-404A / R-452A / R-134a / R-449A	R-134a / R-449A
1/4"	2	3	4	5	20	25
3/8"	5	7	12	15	50	65
1/2"	10	14	24	30	100	120
5/8"	15	23	40	50	160	200
3/4"	23	35	55	80	240	300
7/8"	32	50	80	120	340	400
1"	43	63	105	150	450	500
1 1/8"	55	80	135	200	550	700
1 3/8"	80	120	200	300	850	1000
1 5/8"	115	170	280	400	1200	1500
2 1/8"	200	300	500	700	2100	2500

LONGITUD EQUIVALENTE

La longitud equivalente de una tubería frigorífica suele estar entre 1,2 y hasta 5 veces la longitud real en función del número de codos y estrangulaciones. Para un cálculo aproximado pueden considerarse los valores indicados en la siguiente tabla:

Diámetro tubería de cobre	Longitud equivalente (m)						
	Codo a 90°	Derivación en T		Reducción	Sifón	Válvula de servicio angular	Válvula de servicio de compuerta
		Flujo recto	Flujo derivado				
3/8"	0,7	0,3	0,8	0,3	1,1	1,8	0,2
1/2"	0,8	0,3	0,9	0,4	1,2	2,0	0,2
5/8"	0,9	0,4	1,0	0,5	1,4	2,2	0,3
3/4"	1,0	0,4	1,2	0,6	1,6	2,5	0,3
7/8"	1,1	0,5	1,4	0,6	1,8	3,0	0,3
1"	1,2	0,5	1,5	0,7	2,0	3,5	0,3
1 1/8"	1,4	0,6	1,8	0,8	2,3	4,0	0,4
1 3/8"	1,7	0,7	2,2	1,0	2,7	5,0	0,5
1 5/8"	2,0	0,9	2,7	1,2	3,5	6,0	0,6
2 1/8"	2,5	1,1	3,3	1,5	4,3	8,0	0,7

Selección de tuberías de líquido

Dada una potencia frigorífica a una temperatura de evaporación determinada, se ha de seleccionar el diámetro de tubería de líquido según la potencia frigorífica recomendada con un margen de ±50%.

Se recomienda no aislar las tuberías de líquido, salvo que estén expuestas a insolación directa o en sistemas de doble etapa de compresión o inyección de vapor, donde la tubería deberá aislarse con un elemento de espesor mínimo de 10 mm para preservar el subenfriamiento del líquido y evitar condensaciones superficiales

Las potencias frigoríficas recomendadas para líneas de líquido se corresponden con velocidades de paso de 1 m/s.

7.- Tuberías (VII)



Base de cálculo

El método desarrollado por INTARCON es válido para el **pre-dimensionamiento** de líneas de refrigerante en **tubería de cobre** de uso frigorífico. El proyectista debe efectuar las oportunas comprobaciones.

Las potencias frigoríficas máximas para cada caso se corresponden con una caída de presión de 1K en temperatura de saturación, con un límite de velocidad del gas de 15 m/s (datos en color azul).

Las potencias frigoríficas mínimas recomendadas para las líneas de aspiración se corresponden con una velocidad mínima de 4 m/s en media y alta temperatura, 5 m/s en baja temperatura.

Todas las potencias han sido calculadas tomando como referencia una temperatura de condensación de 45°C, sobrecalentamiento en el evaporador de 10K y subenfriamiento en la válvula de expansión de 0K o de 40K para líquido subenfriado en baja temperatura

Recomendaciones de diseño

En el diseño del trazado de las líneas frigoríficas se recomienda:

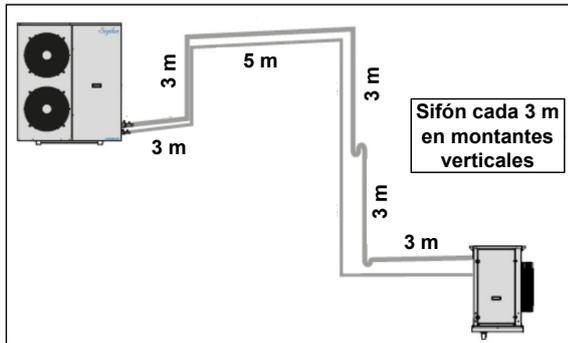
- Diseñar el trazado lo más recto posible, con el mínimo número de codos, derivaciones y llaves de paso
- Instalar un sifón en montantes verticales de la línea de aspiración cada 3 m de distancia.
- Dotar a los tramos horizontales de la línea de aspiración de pendiente descendente hacia el compresor
- Las conexiones de los evaporadores al colector de aspiración debe acometerse siempre por la parte superior

7.- Tuberías (VII)



Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K



Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

TUBERÍAS DE LIQUIDO

La siguiente tabla indica la potencia frigorífica media recomendada para las tuberías de líquido, así como la carga de refrigerante según el diámetro.

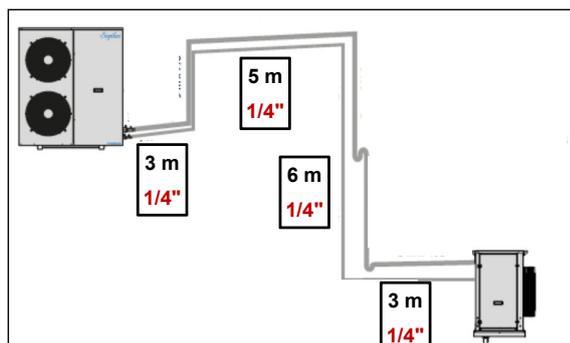
Diámetro tubería de cobre	Potencia frigorífica recomendada en línea de líquido (kW)				Carga de refrigerante (g/m)	
	Sin subenfriamiento		Con subenfriamiento 0 °C		R-449A / R-452A	R-134a / R-449A
	R-404A / R-452A	R-134a / R-449A	R-404A	R-134a / R-449A	R-449A / R-452A	R-134a / R-449A
1/4"	2	3	4	5	20	25
3/8"	5	7	12	15	50	65
1/2"	10	14	24	30	100	120
5/8"	15	23	40	50	160	200
3/4"	23	35	55	80	240	300
7/8"	32	50	80	120	340	400
1"	43	63	105	150	450	500
1 1/8"	55	80	135	200	550	700
1 3/8"	80	120	200	300	850	1000
1 5/8"	115	170	280	400	1200	1500
2 1/8"	200	300	500	700	2100	2500

7.- Tuberías (VII)



Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K



Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

TUBERÍAS DE LIQUIDO

La siguiente tabla indica la potencia frigorífica media recomendada para las tuberías de líquido, así como la carga de refrigerante según el diámetro.

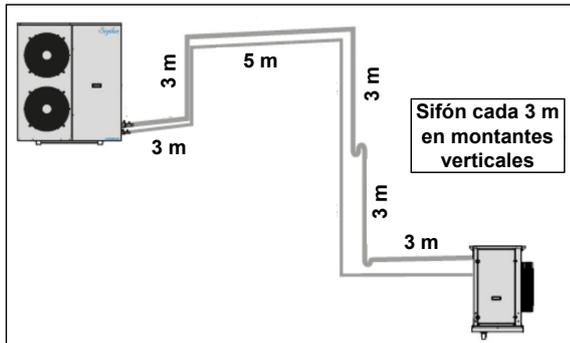
Diámetro tubería de cobre	Potencia frigorífica recomendada en línea de líquido (kW)				Carga de refrigerante (g/m)	
	Sin subenfriamiento		Con subenfriamiento 0 °C		R-449A / R-452A	R-134a / R-449A
	R-404A / R-452A	R-134a / R-449A	R-404A	R-134a / R-449A	R-449A / R-452A	R-134a / R-449A
1/4"	2	3	4	5	20	25
3/8"	5	7	12	15	50	65
1/2"	10	14	24	30	100	120
5/8"	15	23	40	50	160	200
3/4"	23	35	55	80	240	300
7/8"	32	50	80	120	340	400
1"	43	63	105	150	450	500
1 1/8"	55	80	135	200	550	700
1 3/8"	80	120	200	300	850	1000
1 5/8"	115	170	280	400	1200	1500
2 1/8"	200	300	500	700	2100	2500

7.- Tuberías (VII)



Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K



Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

Para la **tubería de aspiración** se toma inicialmente una long. eq. de 1,5 veces la longitud real:  $Leq = 1,5 \times [3+3+5+(3+3)+3] = 30 \text{ m}$

LONGITUD EQUIVALENTE

La longitud equivalente de una tubería frigorífica suele estar entre 1,2 y hasta 5 veces la longitud real en función del número de codos y estrangulaciones. Para un cálculo aproximado pueden considerarse los valores indicados en la siguiente tabla:

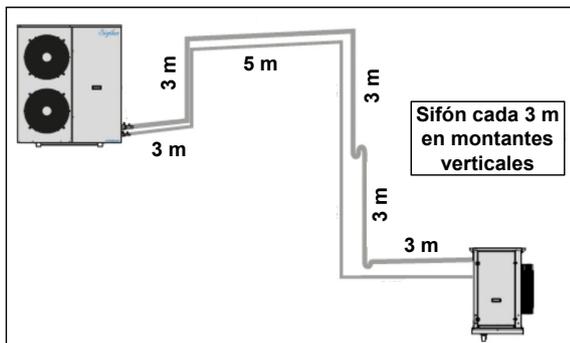
Diámetro tubería de cobre	Codo a 90°	Derivación en T				Sifón	Válvula de servicio angular	Válvula de servicio de compuerta
		Flujo recto	Flujo derivado	Reducción				
3/8"	0,7	0,3	0,8	0,3	1,1	1,8	0,2	
1/2"	0,8	0,3	0,9	0,4	1,2	2,0	0,2	
5/8"	0,9	0,4	1,0	0,5	1,4	2,2	0,3	
3/4"	1,0	0,4	1,2	0,6	1,6	2,5	0,3	
7/8"	1,1	0,5	1,4	0,6	1,8	3,0	0,3	
1"	1,2	0,5	1,5	0,7	2,0	3,5	0,3	
1 1/8"	1,4	0,6	1,8	0,8	2,3	4,0	0,4	
1 3/8"	1,7	0,7	2,2	1,0	2,7	5,0	0,5	
1 5/8"	2,0	0,9	2,7	1,2	3,5	6,0	0,6	
2 1/8"	2,5	1,1	3,3	1,5	4,3	8,0	0,7	

7.- Tuberías (VII)



Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K



Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

Para la **tubería de aspiración** se toma inicialmente una long. eq. de 1,5 veces la longitud real:  $Leq = 1,5 \times 20 \text{ m} = 30 \text{ m}$

Admitiendo en una caída de presión equivalente a **1K** de T de saturación, se entra en la columna de **30 m** en la sección de baja T (evaporación a **-30°C**), encontrando que:

Temp. evap. (°C)	Diámetro de tubería	Potencia frig. mín. (kW)	Potencia frigorífica máx. (kW) para una caída de temperatura de saturación de 1K según longitud equivalente de tubería						
			10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	40 m	50 m
-30°C	3/8"	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
	1/2"	0,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4
	5/8"	0,5	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8
	3/4"	0,9	3,1	2,5	2,1	1,9	1,7	1,4	1,3

> 1,5 kW

La tubería de 5/8" tiene una potencia máxima de 1 kW, por lo que el retorno del gas en montantes verticales no es apropiado

La tubería de 3/4" tiene una potencia recomendada máxima superior a 1,5 kW, pero con una pérdida de rendimiento superior al 15% (cifras en rojo) por lo que se recomienda utilizarla únicamente para **los tramos verticales**

7.- Tuberías (VII)



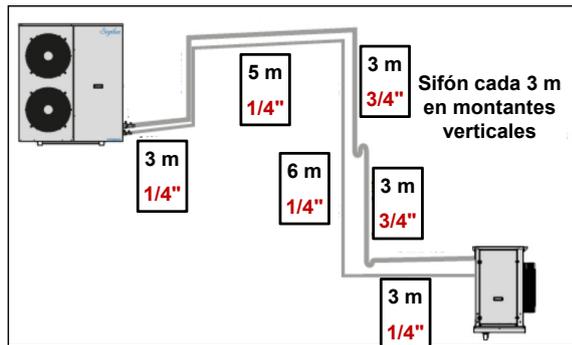
Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K

Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

Para la **tubería de aspiración** se toma inicialmente una long. eq. de 1,5 veces la longitud real:  $Leq = 1,5 \times 20 \text{ m} = 30 \text{ m}$

Admitiendo en una caída de presión equivalente a **1K** de T de saturación, se entra en la columna de **30 m** en la sección de baja T (evaporación a **-30°C**), encontrando que:



Temp. evap. (°C)	Diámetro de tubería	Potencia frig. min. (kW)	Potencia frigorífica máx. (kW) para una caída de temperatura de saturación de 1K, según longitud equivalente de tubería							
			10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	40 m	50 m	
-30°C	3/8"	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	
	1/2"	0,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	
	5/8"	0,5	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	
	3/4"	0,9	3,1	2,5	2,1	1,9	1,7	1,4	1,3	

La tubería de 5/8" tiene una potencia máxima de 1 kW, por lo que el retorno del gas en montantes verticales no es apropiado

La tubería de 3/4" tiene una potencia recomendada máxima superior a 1,5 kW, pero con una pérdida de rendimiento superior al 15% (cifras en rojo) por lo que se recomienda utilizarla únicamente para **los tramos verticales**

7.- Tuberías (VII)



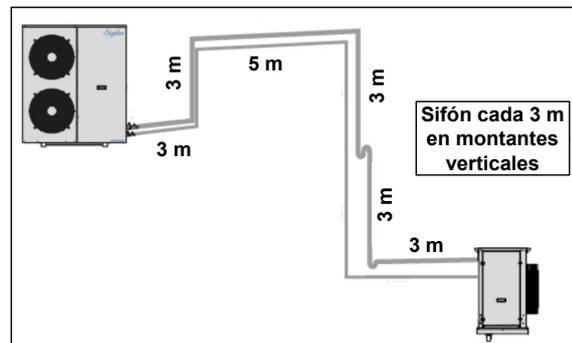
Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K

Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

Para la **tubería de aspiración** se toma inicialmente una long. eq. de 1,5 veces la longitud real:  $Leq = 1,5 \times 20 \text{ m} = 30 \text{ m}$

Admitiendo en una caída de presión equivalente a **1K** de T de saturación, se entra en la columna de **30 m** en la sección de baja T (evaporación a **-30°C**), encontrando que:



La tubería de 5/8" tiene una potencia máxima de 1 kW, por lo que el retorno del gas en montantes verticales no es apropiado

La tubería de 3/4" tiene una potencia recomendada máxima superior a 1,5 kW, pero con una pérdida de rendimiento superior al 15% (cifras en rojo) por lo que se recomienda utilizarla únicamente para los **tramos verticales**

Se recomienda pues utilizar el diámetro de **7/8" en tramos horizontales y descendentes**

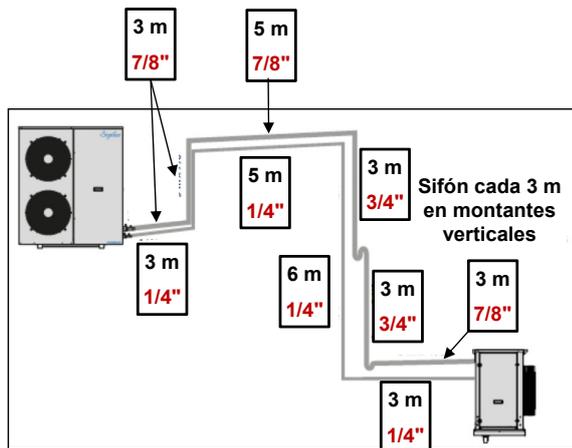
Temp. evap. (°C)	Diámetro de tubería	Potencia frig. min. (kW)	Potencia frigorífica máx. (kW) para una caída de temperatura de saturación de 1K, según longitud equivalente de tubería							
			10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	40 m	50 m	
-30°C	3/8"	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	
	1/2"	0,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	
	5/8"	0,5	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	
	3/4"	0,9	3,1	2,5	2,1	1,9	1,7	1,4	1,3	
	7/8"	1,2	4,8	3,9	3,3	2,9	2,6	2,2	2,0	

7.- Tuberías (VII)



Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K



Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

Para la **tubería de aspiración** se toma inicialmente una long. eq. de 1,5 veces la longitud real:  $Leq = 1,5 \times 20 \text{ m} = 30 \text{ m}$

Admitiendo en una caída de presión equivalente a **1K** de T de saturación, se entra en la columna de **30 m** en la sección de baja T (evaporación a **-30°C**), encontrando que:

La tubería de 5/8" tiene una potencia máxima de 1 kW, por lo que el retorno del gas en montantes verticales no es apropiado

La tubería de 3/4" tiene una potencia recomendada máxima superior a 1,5 kW, pero con una pérdida de rendimiento superior al 15% (**cifras en rojo**) por lo que se recomienda utilizarla únicamente para los **tramos verticales**

Se recomienda pues utilizar el diámetro de **7/8" en tramos horizontales y descendentes**

TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN		EVAPORADOR AL COMPRESOR						
Temp. evap. (°C)	Diámetro de tubería	Potencia frigorífica máx. (kW) para una caída de temperatura de saturación de 1K, según longitud equivalente de tubería						
		10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	40 m	50 m
-30°C	3/8"	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
	1/2"	0,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	5/8"	0,5	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9
	3/4"	0,9	3,1	2,5	2,1	1,9	1,7	1,4
	7/8"	1,2	4,8	3,9	3,3	2,9	2,6	2,2

7.- Tuberías (VII)



Ejemplo de cálculo

Dimensionamiento de líneas frigoríficas según esquema para dar servicio a un evaporador de 1.500 W de potencia frigorífica para una cámara de baja temperatura a -20°C, con un DT1 de 7K

Diámetro tubería de cobre	LONGITUD EQUIVALENTE				
	Codo a 90°	Derivación en T		Reducción	Sifón
		Flujo recto	Flujo derivado		
3/8"	0,7	0,3	0,8	0,3	1,1
1/2"	0,8	0,3	0,9	0,4	1,2
5/8"	0,9	0,4	1,0	0,5	1,4
3/4"	1,0	0,4	1,2	0,6	1,6
7/8"	1,1	0,5	1,4	0,6	1,8
1"	1,2	0,5	1,5	0,7	2,0
1 1/8"	1,4	0,6	1,8	0,8	2,3
1 3/8"	1,7	0,7	2,2	1,0	2,7
1 5/8"	2,0	0,9	2,7	1,2	3,5
2 1/8"	2,5	1,1	3,3	1,5	4,3

Se dimensiona la **tubería de líquido** en base a la potencia frigorífica recomendada, siendo admisible la tubería de 1/4"

Para la **tubería de aspiración** se toma inicialmente una long. eq. de 1,5 veces la longitud real:  $Leq = 1,5 \times 20 \text{ m} = 30 \text{ m}$

Admitiendo en una caída de presión equivalente a **1K** de T de saturación, se entra en la columna de **30 m** en la sección de baja T (evaporación a **-30°C**), encontrando que:

La tubería de 5/8" tiene una potencia máxima de 1 kW, por lo que el retorno del gas en montantes verticales no es apropiado

La tubería de 3/4" tiene una potencia recomendada máxima superior a 1,5 kW, pero con una pérdida de rendimiento superior al 15% (**cifras en rojo**) por lo que se recomienda utilizarla únicamente para los **tramos verticales**

Se recomienda pues utilizar el diámetro de **7/8" en tramos horizontales y descendentes**

Se debe comprobar la estimación de la longitud equivalente:

$$Leq = 20 \text{ m} + 3 \times 1,1 \text{ m (codo 7/8")} + 2 \times 1,6 \text{ m (sifón 3/4")} + 2,5 \text{ m (válvula de servicio 3/4")} = 29 \text{ m} \approx 30 \text{ m (OK)}$$

Faltan los cambios de sección 7/8" a 3/4"

8.- Otros Dispositivos (I)

**Termostatos**

Control de encendido y apagado por temperatura  
(banda de regulación, histéresis)  
Protección del sistema



- T. diferencial

- T. ambiente



- T. Anticongelación



- T. Ambiente con desescarche semiautomático



8.- Otros Dispositivos (II)

**Presostatos**

Permiten limitar la presión, sirven como seguridad al proteger al sistema

- De máxima
- De mínima
- Conjunto



**8.- Otros Dispositivos (III)**

**Elementos de medida**

- Termómetros
- Manómetros
- Consumos (eléctricos)



**Otros dispositivos de seguridad**

- Válvulas de seguridad
- De las instalaciones auxiliares (eléctricas, gas, agua, ...)

**8.- Otros Dispositivos (IV)**

**V. Solenoides**

Válvulas con control eléctrico directas o servo-accionadas  
Para abrir o cerrar las líneas de líquido, aspiración y gas caliente



**Filtros**

Protegen el sistema de refrigeración reteniendo las partículas sólidas y reduciendo la humedad al mínimo



**8.- Otros Dispositivos (V)**

**Visores de Líquido**

Se instalan en la línea de líquido  
Permiten observar el nivel de refrigerante,  
situación del aceite, carga de refrigerante y  
subenfriamiento



**Filtros de aceite**

Se instala en la descarga del compresor  
Separar el aceite del gas de descarga  
para ser devuelto al compresor



**8.- Otros Dispositivos (VI)**

**V. Retención**

Se instalan en la línea de líquido, en la de  
aspiración o en la de descarga  
Previenen migraciones de refrigerante y  
daños en los componentes del sistema



**Válvulas Manuales**

Permiten realizar operaciones de  
montaje y mantenimiento



**8.- Otros Dispositivos (VII)**

**Válvula de 4 vías**

Se encarga de invertir el flujo del refrigerante

Conexión de las tuberías:

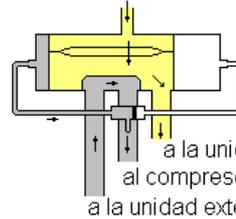
- Superior: descarga
- Enfrentada: aspiración
- Otras: las dos unidades

Pilotada eléctricamente

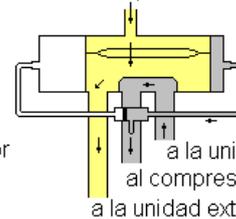
Acc. por la presión del refriger.



Situación de invierno del compresor



Situación de verano del compresor



Puede utilizarse para bomba de calor o para realizar ciclos de desescarche

**8.- Otros Dispositivos (VIII)**

**Regulador de presión de evaporación**

Se instalan en la línea de aspiración (después del evaporador)

Sirven para prevenir que la presión de evaporación caiga bajo un nivel determinado



**Regulador de presión de aspiración**

Se instala en la línea de aspiración (antes del compresor)

Sirven para prevenir presiones de aspiración elevadas



**8.- Otros Dispositivos (IX)**

**Regulador de capacidad**

Se instala en línea de gas caliente inyectando hacia la línea de aspiración  
Sirven para evitar que la presión de aspiración caiga por debajo de lo permitido al compresor



**Regulador de presión de condensación**

Se instala en línea de gas caliente o líquido entre el condensador y el recipiente  
Sirve para prevenir caídas en la presión de condensación



179

**8.- Otros Dispositivos (X)**

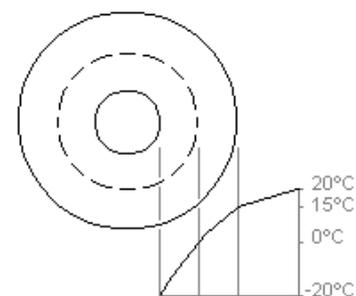
**Regulador de presión en el recipiente**

Se instala en línea gas caliente entre la línea de descarga y el recipiente  
Previene que caiga la presión en el recipiente



**Aislamiento**

Pérdidas térmicas  
Quemaduras  
Condensaciones



180

8.- Otros Dispositivos (XI)

**Kv de una válvula**

Es el caudal de agua a 20°C ( $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$  y  $v = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) con el que se produce una pérdida de carga de 1 bar al pasar por el componente

$$H_{\text{Loss}} [\text{Pa}] = \text{cte} \cdot v [\text{m}^2/\text{s}]^2$$

$$H_{\text{Loss-water}} [\text{bar}] = 100 \cdot \frac{1 [\text{bar}]}{100.000 [\text{Pa}]} \cdot 1.000 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{v \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]^2 \cdot S [\text{m}^2]}{Kv^2}$$

$$H_{\text{Loss-F}} [\text{bar}] = 100 \cdot \frac{1 [\text{bar}]}{100.000 [\text{Pa}]} \cdot \rho_F \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \frac{S [\text{m}^2]^2 \cdot v \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]^2}{Kv^2}$$

Cuanto mayor es el Kv menor es la pérdida de carga del accesorio

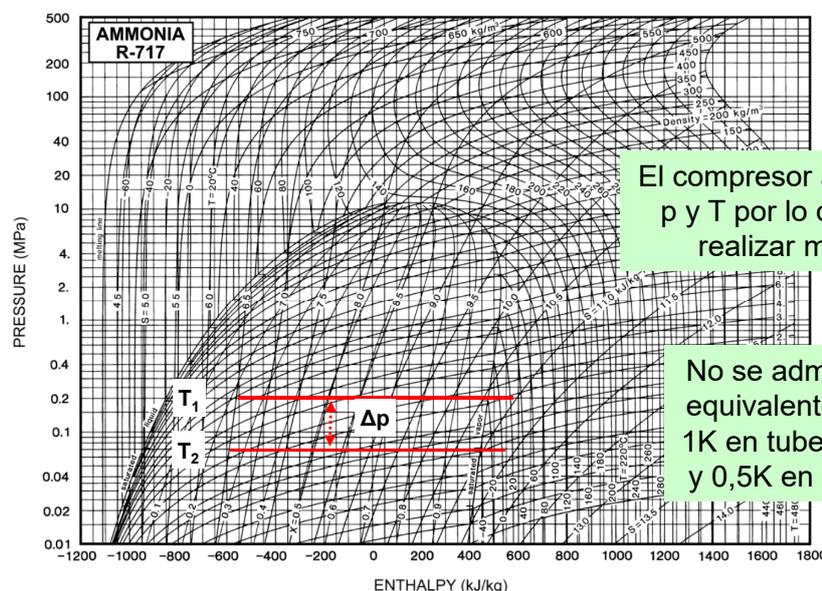
- Líquido:  $\Delta p [\text{Pa}] = \frac{100}{\rho [\text{kg}/\text{m}^3]} \cdot \left( \frac{QM [\text{kg}/\text{h}]}{Kv} \right)^2$
- Vapor saturado (curva saturación):  $\Delta p [\text{Pa}] = 100 \cdot v [\text{m}^3/\text{kg}] \cdot \left( \frac{QM [\text{kg}/\text{h}]}{Kv} \right)^2$
- Vapor Recalentado:  $\Delta p [\text{Pa}] = 8,3 \cdot \frac{T [\text{K}] \cdot Z}{M [\text{kg}/\text{kmol}] \cdot p [\text{bar}]} \cdot \left( \frac{QM [\text{kg}/\text{h}]}{Kv} \right)^2$

p es la presión a la entrada del accesorio  
Z es el coeficiente de compresibilidad

8.- Otros Dispositivos (XII)

**Pérdida de presión en tuberías horizontales**

La pérdida de presión equivale a un incremento de temperatura



8.- Otros Dispositivos (XIII)

***Pérdida de presión en tuberías verticales***

En tuberías ascendentes puede haber problemas de arrastre de aceite

Construir trampas de aceite (sifones) y asegurar velocidades mínimas

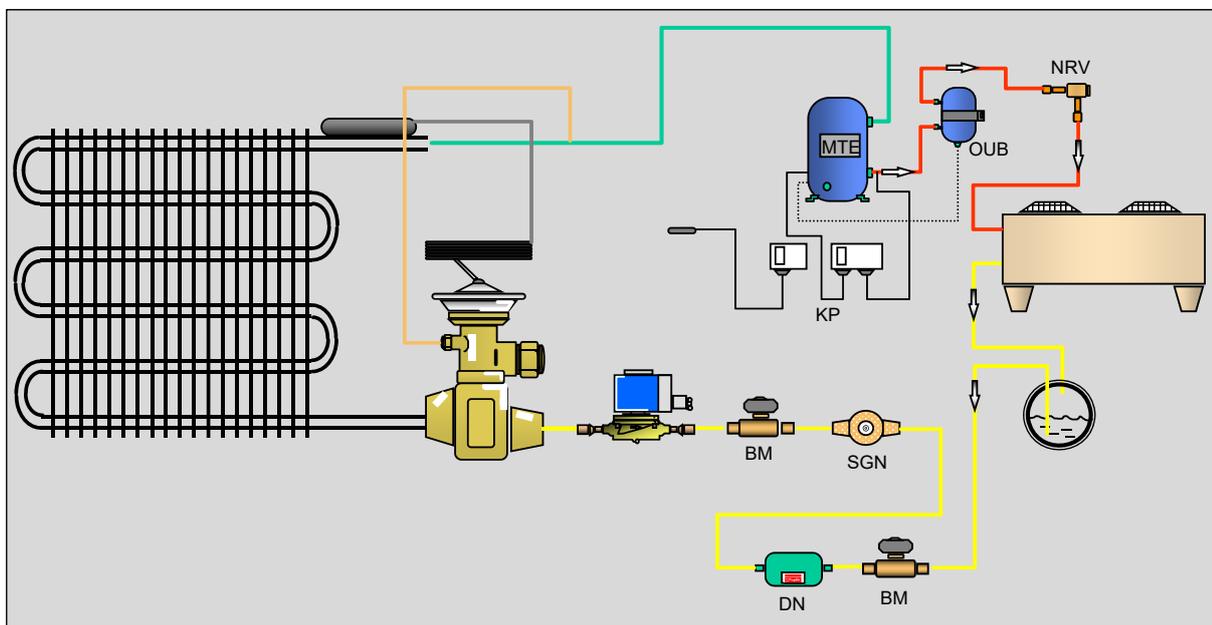
Esto hay que tenerlo en cuenta en cargas parciales, en las que la masa (y velocidad) del fluido son inferiores (se puede requerir dos tuberías en paralelo y cerrar una de ellas)

Hay que considerar las alturas estáticas, ya que las pérdidas de presión en un tramo pueden hacer que el fluido se revaporice (además de llevar asociado un cambio en la temperatura)

183

8.- Otros Dispositivos (XIV)

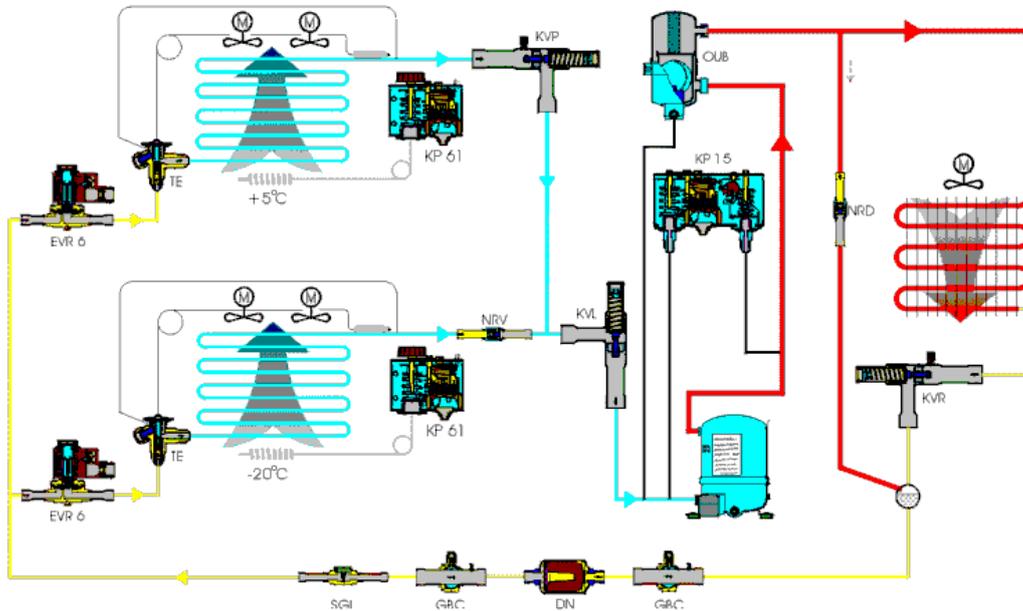
***Cto de refrigeración con controles (I)***



184

8.- Otros Dispositivos (XV)

Cto de refrigeración con controles (II)



8.- Otros Dispositivos (XVI)

**Caídas de Presión**

Caja de Presión dp [bar]	
- Línea líquida + Condensador	0,00
- Evaporador	0,00
- Línea de succión	0,00

**Compresor**

- Rendimiento isoentrópico [-]	0,70
- Rendimiento volumétrico [-]	1,0
· Tasa de Compresión p2/p1 [-]	4,530
· Diferencia de Presión p2-p1 [bar]	10,506

**Capacidad frigor. Q0 [kW]**

1,00
------

Potencia del Compresor P [kW]

0,355
-------

Potencia calorífica Qc [kW]

1,42
------

**CDP [-]**

2,82
------

**Recal. y Subenf.**

Condensación tc [°C]	40,0
Temperatura media [°C]	38,7
Presión de condensación pc [bar]	13,4814
Evaporación t0 [°C]	-10,0
Temperatura media [°C]	11,4
Presión de evaporación p0 [bar]	2,9756
Subenfriamiento [K]	5,0
Sobrecalentamiento [Evap.] [K]	10,0
Sobrecalentamiento [L.d.s.] [K]	10,0

**Cálculo**

**Propiedades**

Caudal [kg/s]	0,0078
Volumen desplazado [m3/h]	1,95
Capacidad volumétrica [kJ/m3]	1849,2

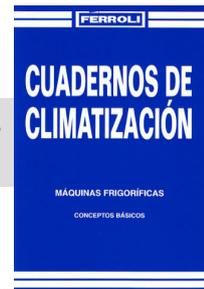
**Cerrar**

**Bibliografía del Tema (I)**



**Cuadernos de Climatización: Máquinas Frigoríficas  
FERROLI**

**ATECYR: Fundamentos de Refrigeración**  
o Caps: 3, 4, 5, 6, y 8



**ASHRAE HANDBOOKS (CD`s)**  
o Systems: Caps 34, 35, 36 y 37



**Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado (T II)**  
*W.C. Whitman, W.M. Johnson*

**Refrigeración Comercial**  
*D Wirz*



**Bibliografía del Tema (II)**



**Guía para la mejora de la eficiencia en instalaciones frigoríficas**  
*AEFIT IDAE*

**Guía Técnica: Torres de Refrigeración**  
*IDAE*



**Manual Técnico Valycontrol**  
[http://www.valycontrol.com.mx/literatura\\_mt.htm](http://www.valycontrol.com.mx/literatura_mt.htm)



**Guía para el Mantenimiento**  
*EUROVENT*

**STANDAR, Minimización de Riesgo de Legionela**  
*ASHRAE*



**Bibliografía del Tema (III)**

<http://www.carel.com/>  
<http://www.danfoss.com/spain>  
<http://www.emersonclimate.com/>



<http://www.bitzer.com/>  
<http://www.carlylecompressor.com/>  
<http://www.emersonclimate.com/>  
<http://www.tecumseh.com/homepage.htm>

<http://www.salvadorescoda.com/>

<http://www.e-nergias.com/www/monograficos/guiaCOMadrid.htm>

