

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

- 1.- Introducción
- 2.- Refrigeración por compresión
- 3.- Refrigeración por absorción
- 4.- Bombas de calor
- 5.- Otros ciclos de refrigeración

1.- Introducción

Son máquinas térmicas inversas

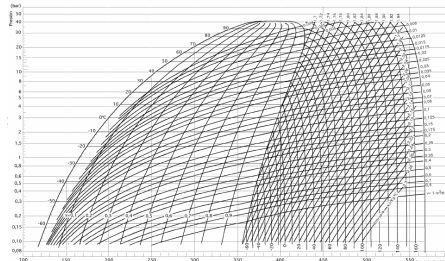
Son ciclos en los que Q va de $\downarrow T^a$ a $\uparrow T^a$

Necesita el aporte de energía
(compresor, calor, ...)

Interviene un fluido, refrigerante, sufre transf. termodinámicas controladas

Cada refrigerante tiene un diagrama termodinámico

Además de compresión y absorción existen otros sistemas (marginales)



1

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por compresión (I)

Basado en los cambios de estado (líquido-vapor y vapor-líquido) de un fluido refrigerante

T^a de cambio de estado = $f(p)$ (a bajas p la T^a es baja, a altas p la T^a es alta)

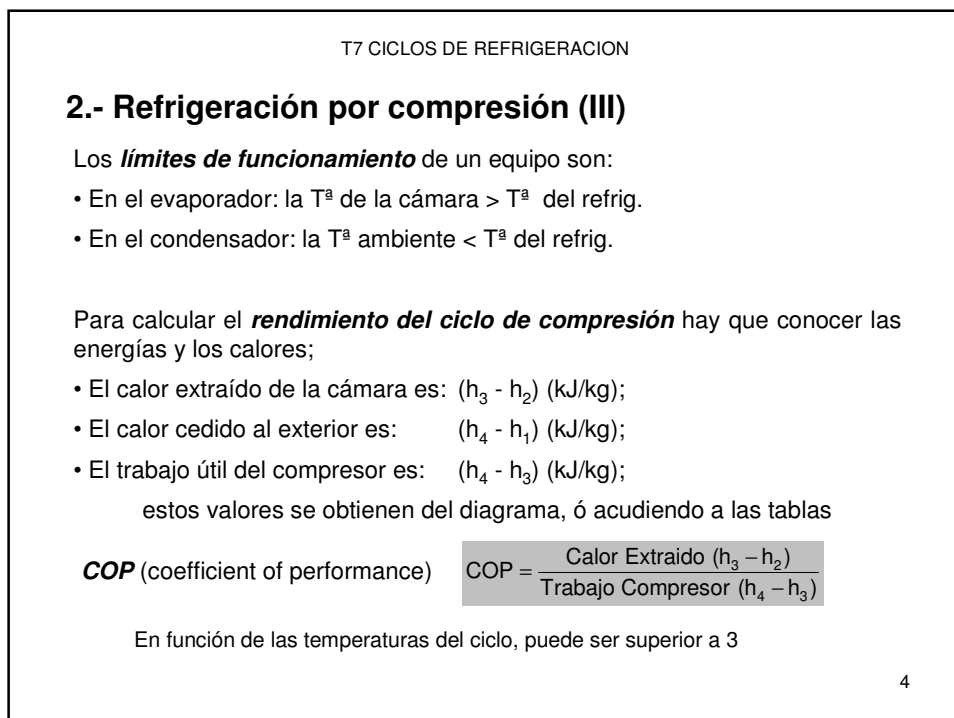
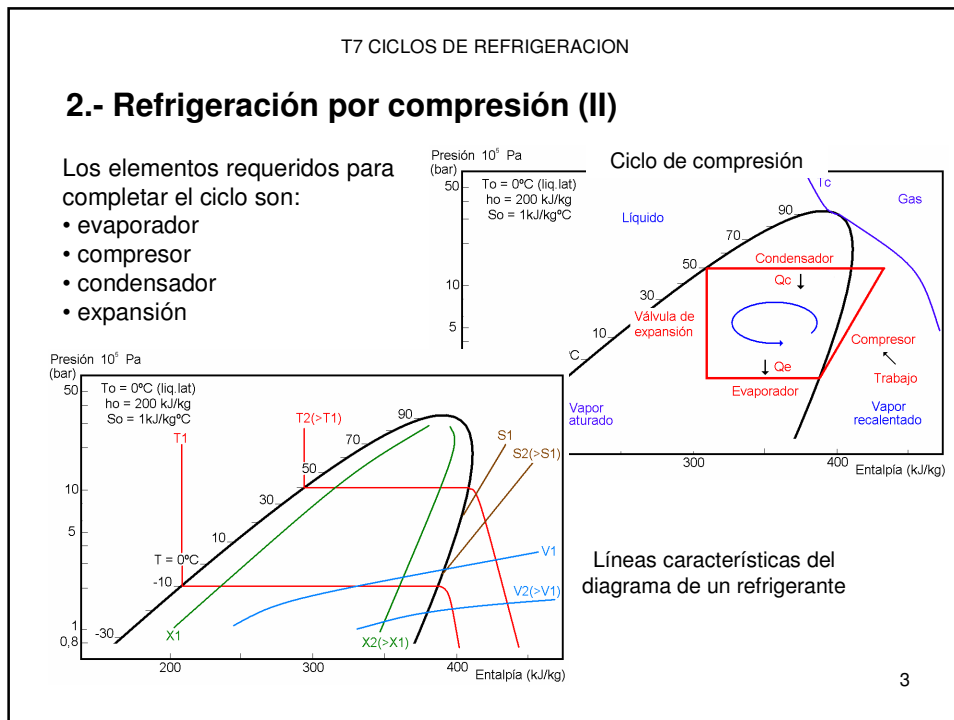
Calores latente $\gg$ Calor sensibles $\Rightarrow \downarrow$ la cantidad refig y tamaño de equipos

Su busca tener un líquido a baja p y T^a para evaporarlo

El calor requerido lo toma de los alrededores, los enfría

En un sistema abierto el refrigerante se perdería en la atmósfera; lo normal es trabajar con ciclos de refrigeración

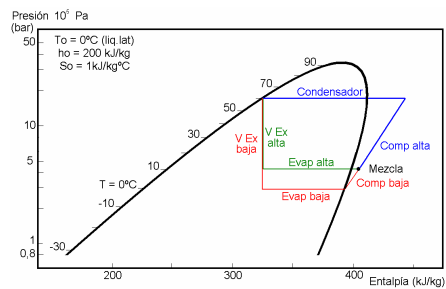
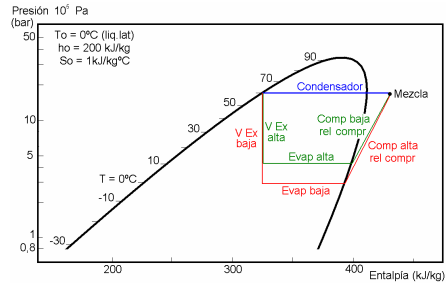
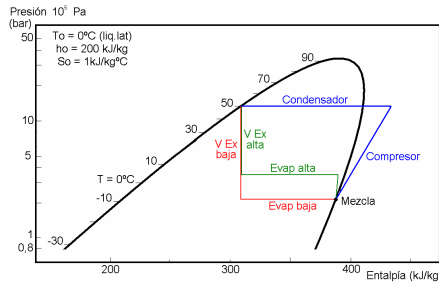
2



T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por compresión (IV)

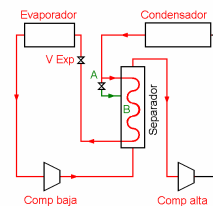
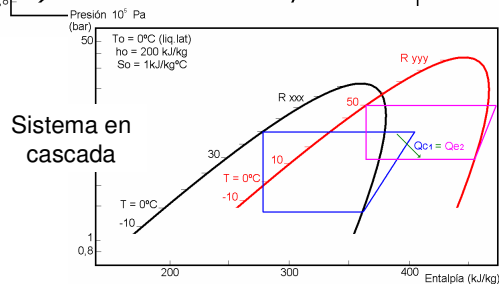
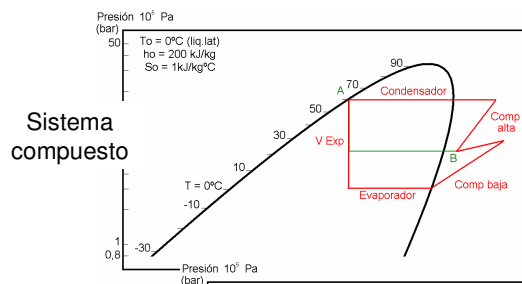
Sistemas para refrigerar varios espacios distintos a diferente temperaturas:



T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por compresión (V)

Sistemas para refrigerar varios espacios distintos a diferente temperaturas:



T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por absorción (I)

Para obtener frío mediante absorción se ha de **suministrar calor a $\uparrow T^a$** (en el generador), **y se ha de extraer a $\downarrow T^a$** (en el absorbedor y en el condensador)

Se usa una **mezcla de dos componentes**: refrigerante y absorbente

Las mezclas más utilizadas son: $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ y $\text{LiBr-H}_2\text{O}$

- El NH_3 es el refig y el H_2O el absorbente
- El H_2O es el refrigerante, y el LiBr el absorbente ($T > 0^\circ\text{C}$, entre 5 y 10°C)

Se basa en que, **la tensión de vapor** del refrigerante **se ve alterada por** la presencia del **absorbente** ($\downarrow$ al $\uparrow$ la cantidad de absorbente)

Controlando la concentración de la mezcla, se consigue que el refrigerante evapore a bajas temperaturas

Se deben emplear absorbentes con una tensión de vapor suficientemente baja, y mantener la solución en una temperatura y concentración necesaria, para que la tensión de vapor sea inferior a la del refrigerante en el evaporador

7

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

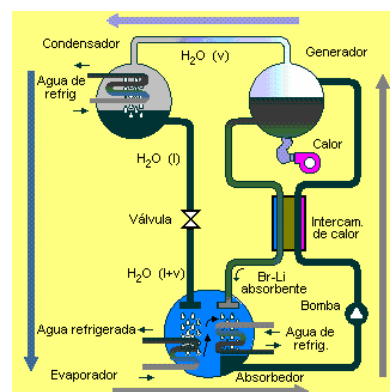
2.- Refrigeración por absorción (II)

Una máquina de absorción de **efecto simple**, de $\text{LiBr-H}_2\text{O}$

Al **generador** se le aporta la mezcla líquida de LiBr y H_2O .

Con calor se evapora el agua, el LiBr retorna por diferencia de presión al absorbedor

El vapor de H_2O . pasa al **condensador** donde se licua, esto requiere extracción de calor con aire o agua



El H_2O . líquida, pasa a través de una **válvula de expansión** donde pierde p y T^a

El H_2O líquida entra en el **evaporador**, donde, a baja presión se evapora produciendo frío

8

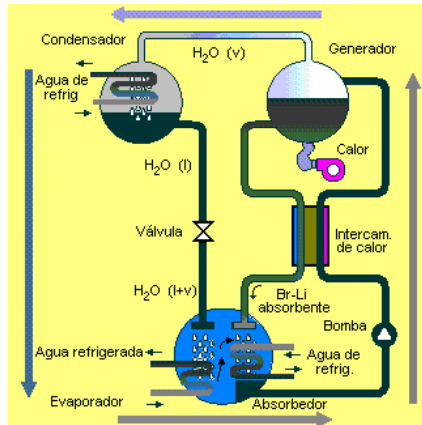
T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por absorción (III)

El vapor de H_2O pasa al **absorbedor**, donde se mezcla con el LiBr que retorna del generador

La reacción que se produce es exotérmica, por lo que debe ser refrigerado (conjuntamente con el condensador), de no ser así $\uparrow p$, dificultando la absorción

Existe un **intercambiador de calor** en el que se precalienta la mezcla que va al generador y se enfría el LiBr que va al absorbedor



El paso de la mezcla desde el absorbedor al generador requiere aumentar la presión, esto requiere **una bomba**, que es la única parte móvil del sistema

9

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

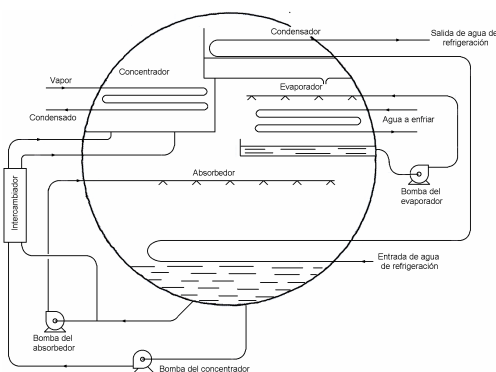
2.- Refrigeración por absorción (IV)

El calor que se debe eliminar ($Q_{abs} + Q_{cond}$) es grande, ($Q_{gen} + Q_{evap}$)

En máquinas de absorción: ($Q_{abs} + Q_{cond}$) $\cong$ 2,6 Potencia maquina

En máquinas de compresión: (Q_{cond}) $\cong$ 1,25 Potencia maquina

Q eliminado en absorción $\cong$ 2 Q eliminado en compresión



Las máquinas suelen tener dos partes:

el evaporador y el absorbedor
el generador y el condensador

Hay fabricantes que colocan toda la máquina en una única carcasa

10

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por absorción (V)

Para conocer el **rendimiento del ciclo de absorción**, hay que tener en cuenta la necesidad de energía mecánica en las bombas y ventiladores (muchas veces se desprecia), y el aporte de calor en el generador.

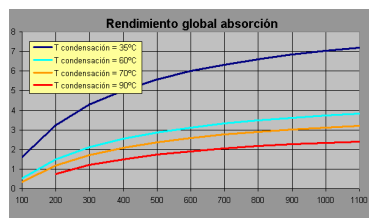
$$COP_{Ciclo\ Abs} = \frac{T_{evaporador}}{T_{condensador} - T_{evaporador}} = \frac{\text{Efecto Refrigerante}}{\text{Entrada Calor}}$$

El *COP* típico de las máquinas comerciales de LiBr-H₂O, es de 0,7
El rendimiento total es el de la producción del frío por el de la de calor

$$\eta_{Frio\ Abs} = \eta_{abs} \eta_{carnot} = \frac{T_{evaporador}}{T_{condensador} - T_{evaporador}} \frac{T_{generador} - T_{condensación}}{T_{generador}} \quad \text{con T en K}$$

η ↑ al ↑ T^a en el generador

η ↓ al ↑ T^a en el condensador/absorbedor



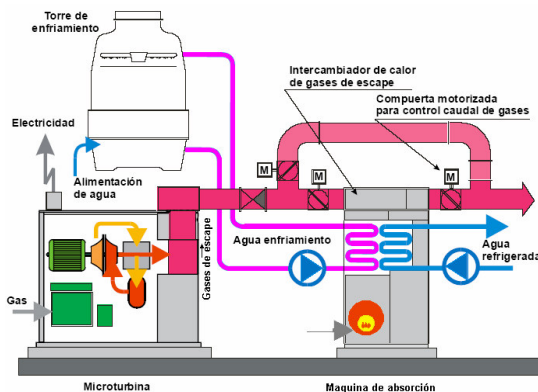
11

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por absorción (VI)

Las **máquinas** de absorción son **voluminosas y caras**, especialmente cuando se diseñan para funcionar con T^a bajas en el generador

Sólo son rentables cuando el calor es gratuito o muy barato, y las horas de funcionamiento anual a plena carga son elevadas

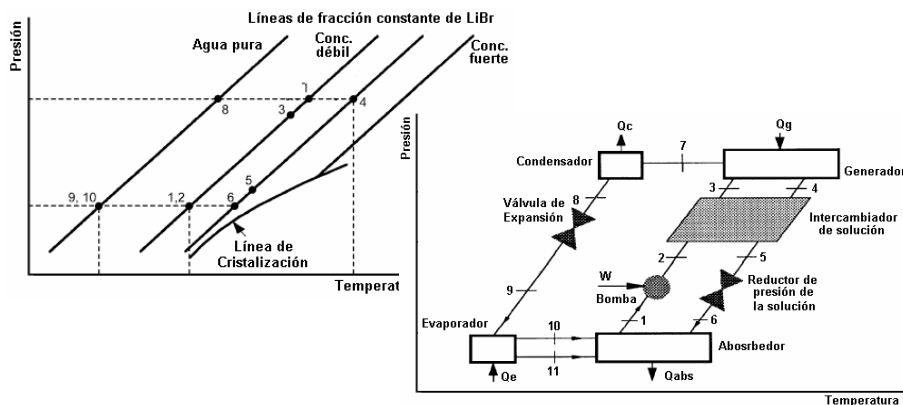


12

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por absorción (VII)

El diagrama que representa la mezcla de trabajo es el **Dühring** (P-T),



Se debe evitar la **cristalización** de la sal, que depende de la presión, y es especialmente peligroso en el arranque de la máquina, cuando la T^a es baja.

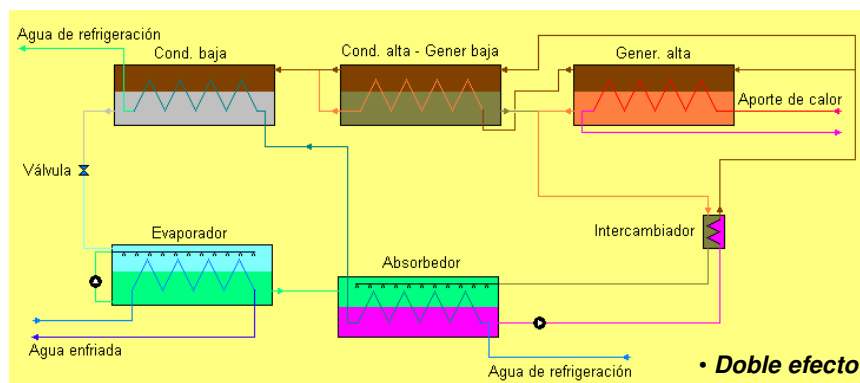
13

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por absorción (VIII)

Otros ciclos de absorción

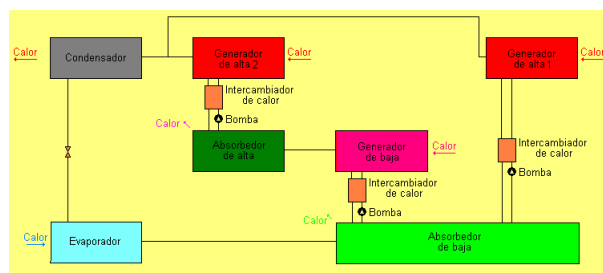
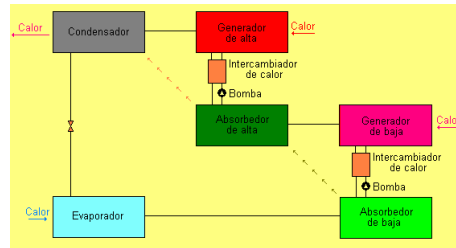
Buscan aumentar la capacidad frigorífica, el rendimiento, o poder realizar el suministro térmico a temperaturas reducidas



T7 CICLOS DE REFRIGERACION

2.- Refrigeración por absorción (IX)

• Medio efecto con dos escalones



• Efecto simple en dos escalones

15

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

3.- Bomba de calor (I)

Es la máquina frigorífica en la que **se aprovecha el calor del condensador**

Son **reversibles** si son capaces de proporcionar calefacción en invierno y refrigeración en verano

- unidad interior y unidad exterior
- situación o ciclo de verano / situación o ciclo de invierno

En algunas ocasiones, es posible el aprovechamiento simultáneo del frío y del calor de la máquina, lo que aumenta considerablemente el rendimiento

Además de todos los elementos de las máquinas frigoríficas, incorporan alguno nuevo

16

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

3.- Bomba de calor (II)

Para aprovechar el frío del evaporador y en invierno el calor del condensador se pueden pensar en varias situaciones:

Verano

↓ Q

Evap.

Cond.

↑ Q'

Invierno

Verano

↓ Q

Evap.

Cond.

↑ Q'

Invierno

↓ Q'

Evap.

↑ Q

Verano

↓ Q

Evap.

Cond.

↑ Q'

Invierno

↓ Q'

Cond.

Evap.

↑ Q

Unidad Exterior ↑ Q

CONDENSADOR

COMPRESOR

EVAPORADOR

Unidad Interior ↑ Q

V.EX.

Unidad Exterior ↓ Q

EVAPORADOR

COMPRESOR

CONDENSADOR

Unidad Interior ↓ Q

V.EX.

17

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

3.- Bomba de calor (III)

a) Bomba de Calor de compresión mecánica “Invierte el sentido del freón por las tuberías” con una válvula de 4 vías

Situación de invierno

del compresor

Unidad exterior al compresor

Unidad interior

Situación de verano

del compresor

Unidad exterior al compresor

Unidad interior

CICLO INVIERNO

Ud. Ext.

Calor

Vál. 4 Vías

Comp.

Ud. Int.

Calor

CICLO VERANO

Calor

Ud. Ext.

Vál. 4 Vías

Comp.

Ud. Int.

Calor

18

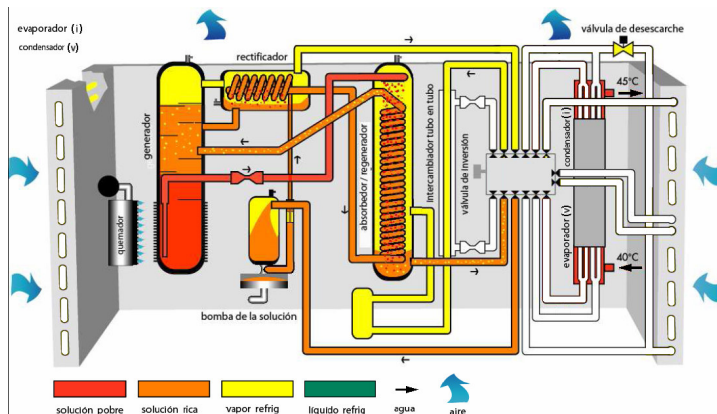
T7 CICLOS DE REFRIGERACION

3.- Bomba de calor (IV)

b) Bomba de Calor de absorción

Se aporta calor a alta T^a en el generador, y se obtiene una cantidad mayor, pero a media T^a , tanto en el absorbedor y en el condensador.

Las máquinas de absorción de llama directa, en el funcionamiento en invierno pueden llegar a alcanzar valores del 150%, muy superior al de las calderas.



19

T7 CICLOS DE REFRIGERACION

3.- Bomba de calor (V)

El rendimiento de la bomba de calor

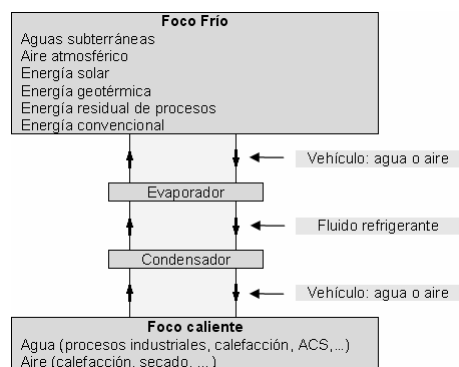
$$COP_{VERANO} = \frac{Q_{EVAPORADOR}}{W_{COMPRESOR}}$$

$$COP_{INVIERNO} = \frac{Q_{CONDENSADOR}}{W_{COMPRESOR}}$$

Si se logran aprovechar simultáneamente tanto el Q_{CON} como el Q_{EVAP}

$$COP = \frac{Q_{CONDENSADOR} + Q_{EVAPORADOR}}{W_{COMPRESOR}}$$

Los **focos** de una Bomba de Calor son los medios de los que extrae o cede calor



T7 CICLOS DE REFRIGERACION

4.- Otros ciclos de refrigeración

Existen otros ciclos y métodos que se pueden emplear para producir refrigeración, entre los que se puede destacar:

- Ciclo de adsorción
- Ciclo de eyección
- Ciclo termoeléctrico
- Ciclo magnético
- Criogenia