

MMAYEKAWA

*TECNOLOGÍA JAPONESA AL SERVICIO DE LA
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL*



MAYEKAWA CHILE S.A.C. E.I.



Ahorro de energía

Este concepto ya está en la mente de cada empresa y persona. Actualmente, es parte de la labor de cada trabajador de las plantas de alimentos.

“Trabajar para minimizar el consumo de energía”

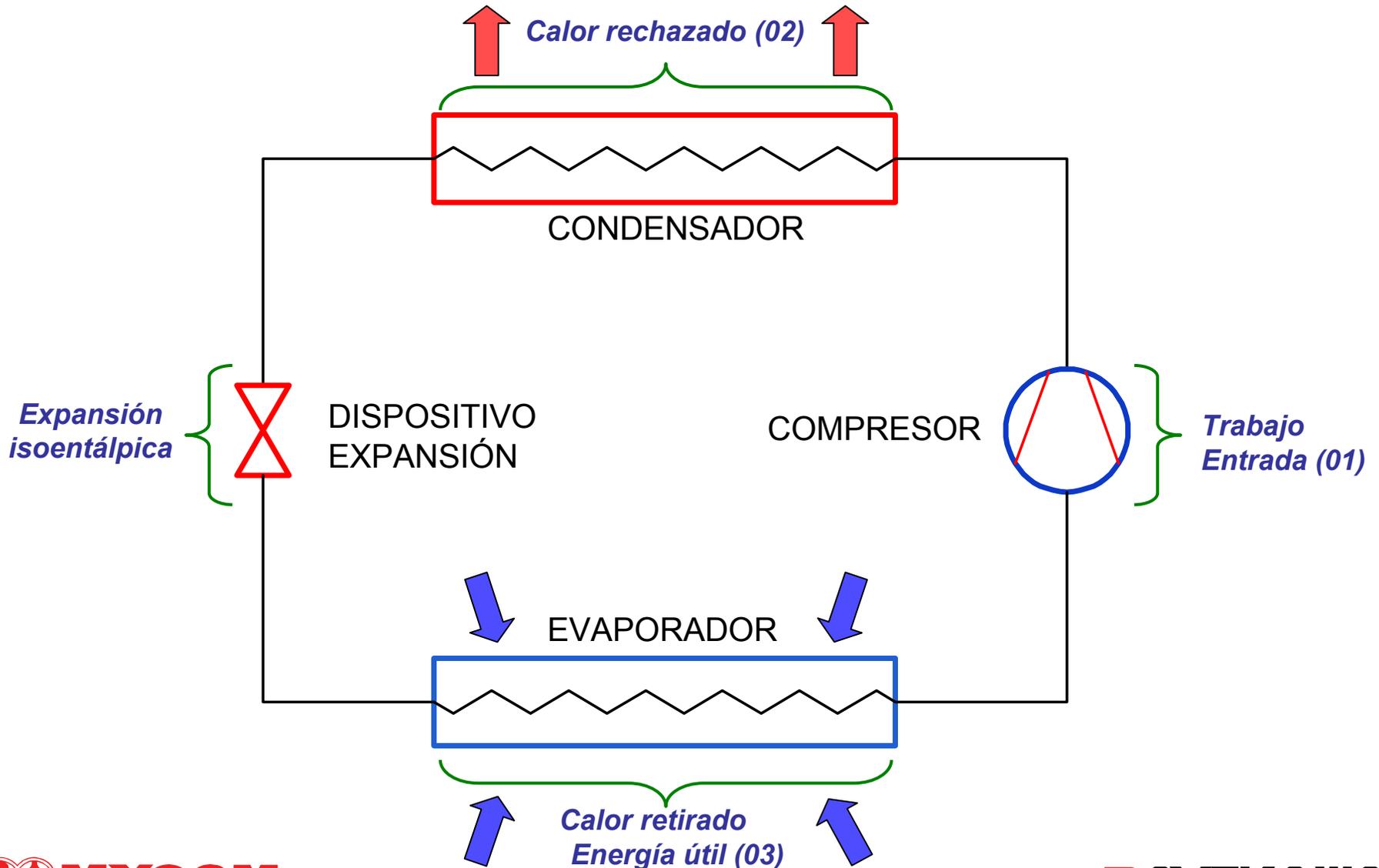
Conceptos que aclararemos

- *¿Es necesario modificar mayormente nuestra instalación para lograr un ahorro de energía?*
- *¿Es necesario invertir en equipos para optimizar nuestra instalación?*
- *¿Es posible aprovechar nuestra instalación de refrigeración para obtener beneficios con procesos anexos?*

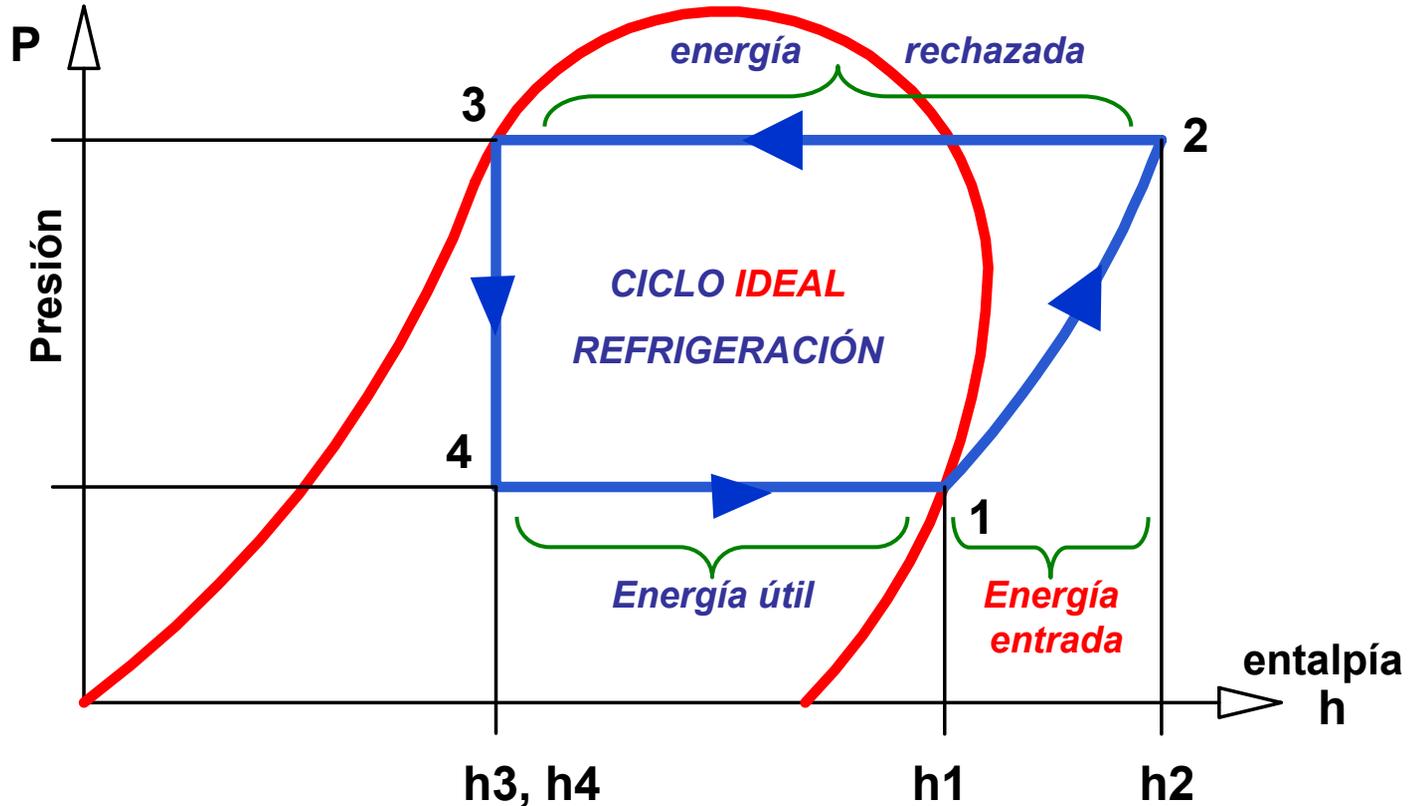
Los sistemas de refrigeración industrial

- El frío industrial es muy utilizado por la industria de alimentos y también por otros procesos industriales.
- Utilizan principalmente energía eléctrica.
- Para optimizar el uso eficiente de la energía es necesario conocer su instalación.

DIAGRAMA BÁSICO DE REFRIGERACIÓN



CICLO REFRIGERACIÓN **IDEAL** DIAGRAMA PRESIÓN – ENTALPÍA



$$\text{COP} : \frac{\text{energía útil}}{\text{energía entrada}} : \frac{(h1-h4)}{(h1-h2)}$$

Energía útil: efecto frigorífico (calor)

Energía entrada: potencia absorbida (trabajo)

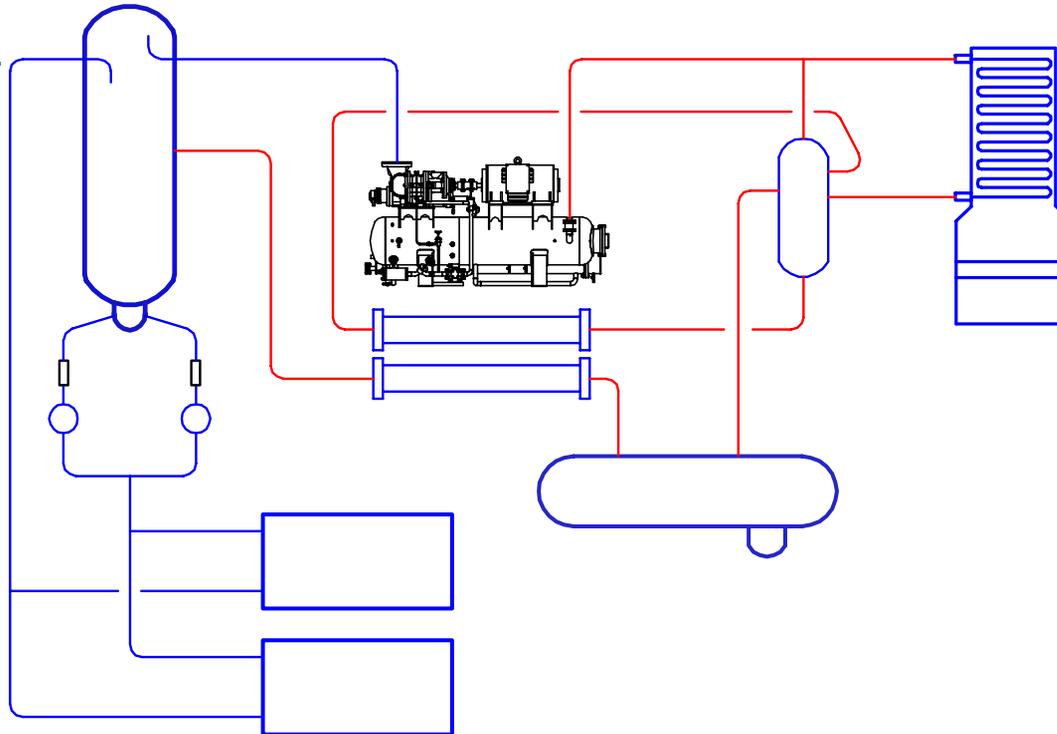
Energía rechazada: condensación (calor)

DIAGRAMA SISTEMA BOMBEADO

▶ Compresores

Utilización de variador de frecuencia para optimización de la energía.

▶ Termo Acumulación



Condensadores ▶

Utilización de los gases de descarga.

▶ Evaporadores

Relaciones de temperaturas de evaporación y COP



Control de capacidad mediante variador de frecuencia

Control de capacidad mediante variador de frecuencia

Los compresores operan a una velocidad constante de acuerdo al motor que tiene acoplado.

Velocidades típicas compresores:

Compresores tornillo **2950 RPM a 50 Hz**

(Motores de 2 polos) *3450 RPM a 60 Hz*

Compresores tipo pistón **1450 RPM a 50 Hz**

(Motores de 4 polos) *1750 RPM a 60 Hz*

Control de capacidad mediante variador de frecuencia

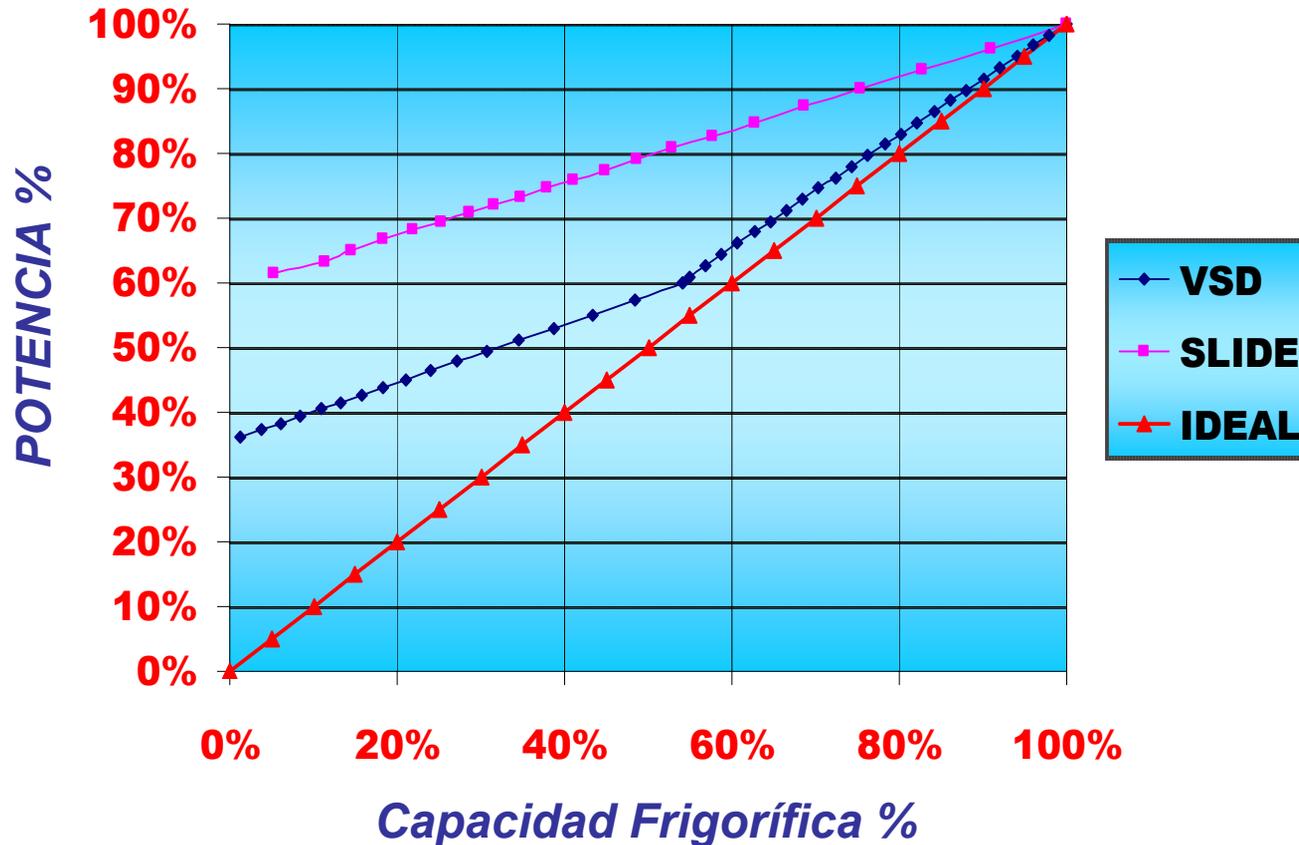
El variador entrega la frecuencia necesaria en base a la presión de succión del sistema, si ésta sube, la frecuencia y velocidad de giro aumentará incrementando la capacidad del compresor hasta que éste logre alcanzar la presión correspondiente a la temperatura de evaporación que se requiere.

Control de capacidad mediante variador de frecuencia



Control de capacidad mediante variador de frecuencia

GRAFICO COMPARATIVO



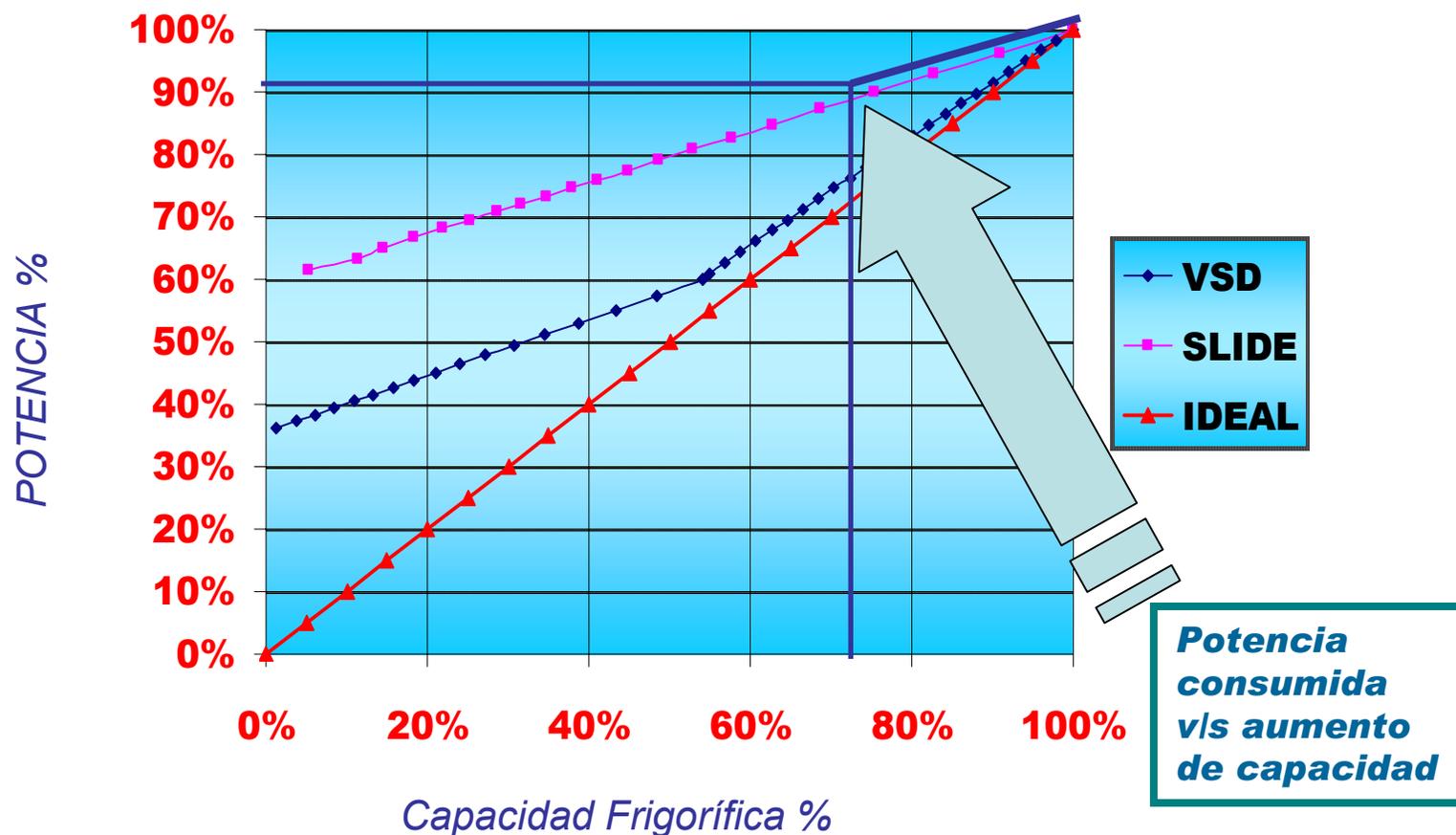
Control de capacidad mediante variador de frecuencia

Ventajas

- Ahorro de energía al realizar control de capacidad por velocidad y lograr mantener eficiencia compresor en distintas condiciones de operación.
- Menor castigo al motor y piezas mecánicas del compresor debido a partidas y detenciones de la unidad.
- Regulación, control más preciso y comportamiento estable de la presión de evaporación.
- Baja corriente de partida.

Control de capacidad mediante variador de frecuencia

¿Cuáles son los costos anuales con un funcionamiento de 20 horas/día?
(Caso práctico)



ANALISIS PRELIMINAR

- *Consumo con válvula deslizando 70% : 238 kW*
238 kW X 0,15 (USD/kWh) X 18 hrs X 20 días X 12 meses
Gasto anual USD 154.224
- *Consumo con válvula deslizando 100% : 306 kW*
306 kW X 0,15 (USD/kWh) X 18 hrs X 20 días X 12 meses
Gasto Anual USD 198.288

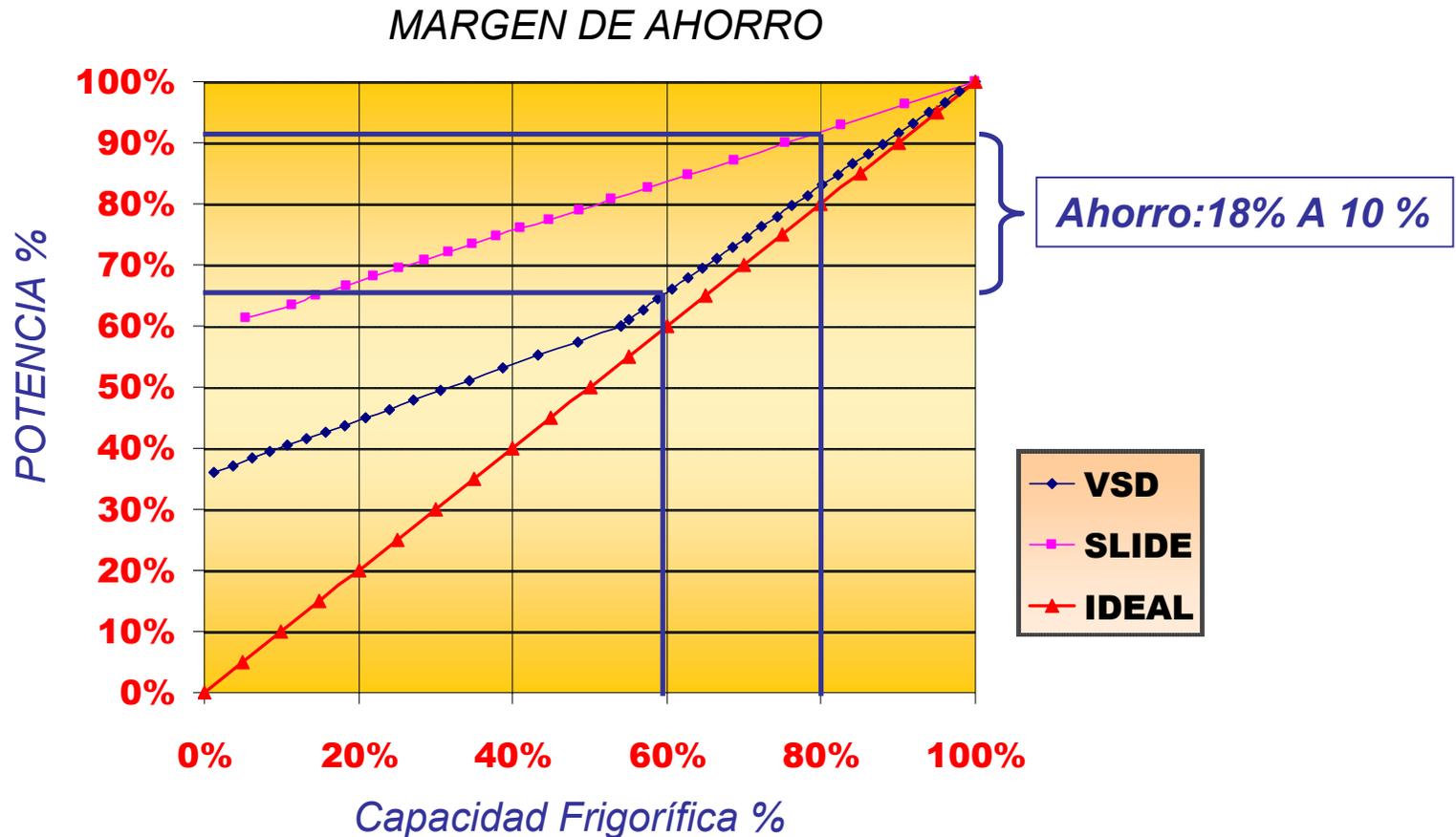
PREGUNTA

Asumiendo una capacidad promedio anual del 80%

¿Cuál es el consumo anual de energía?

¿Cuánto puedo ahorrar un VDF en vez de una válvula?

Control de capacidad mediante variador de frecuencia



Control de capacidad mediante variador de frecuencia

RESPUESTA

- *Consumo con válvula deslizante a 80% es de : 251 kW*

251 kW X 0,15 USD/kWh X 18 hrs X 20 días X 12 meses

Gasto Anual USD 162.648

Control de capacidad mediante variador de frecuencia

¿ Cual seria el consumo a la misma capacidad frigorífica pero variando la velocidad del motor?

RESPUESTA

En esta condición el compresor estaría al 100% de su capacidad mecánica y girando a 2153 RPM lo que se traduce en un consumo de potencia de 210 KW

- *210 KW X 0,15 USD/KWh X 18 HRS X 20 DIAS X 12 MESES*
- *(GASTO ANUAL USD 136.080)*

- *AHORRO DE ENERGIA ANUAL 177.120 KWh*
- *AHORRO EN DINERO USD 26.568*



Recuperación de calor, utilización de gases de descarga

Utilización de gases de descarga para calentar agua

En un sistema de refrigeración los gases de descarga contienen energía la cual se puede utilizar para otro proceso.

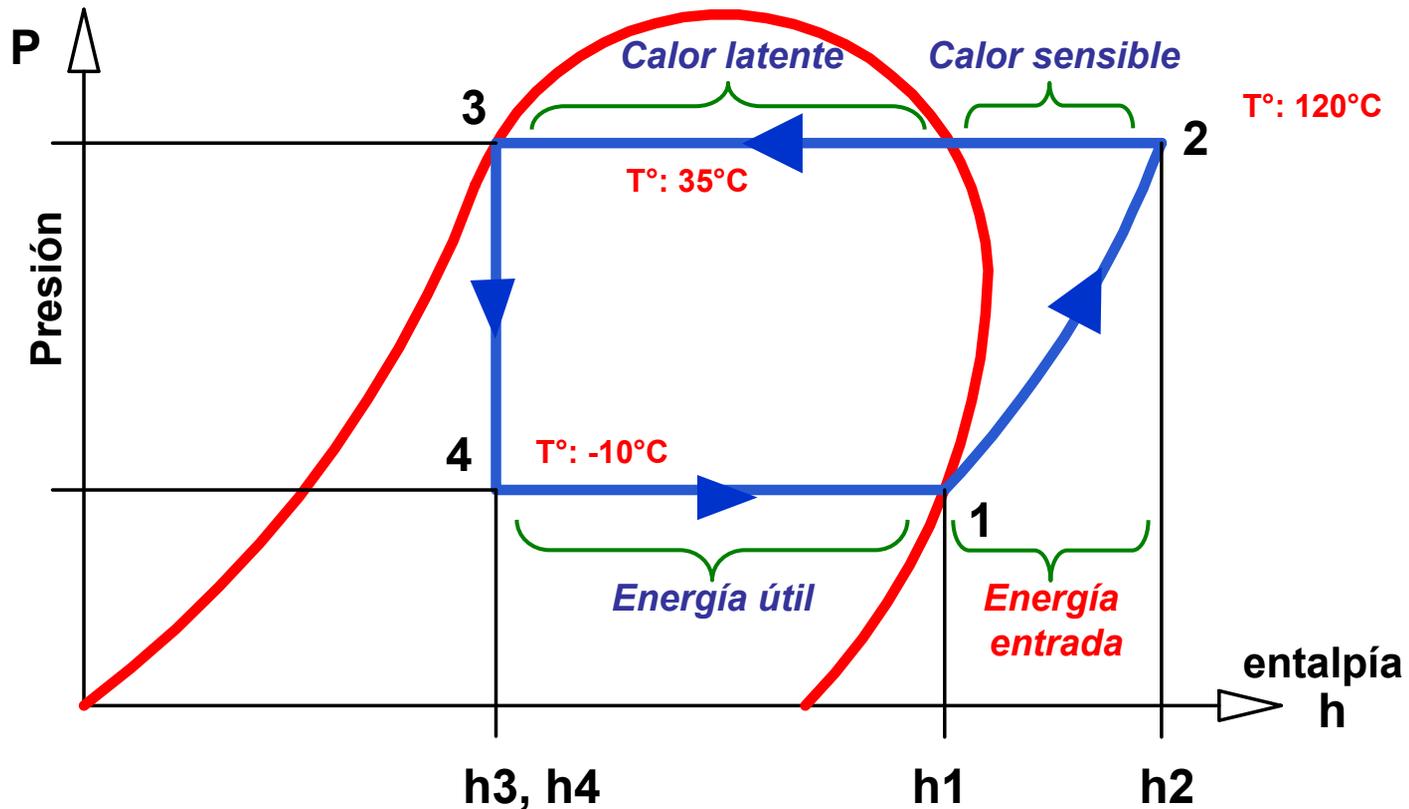
Condiciones de refrigerante en líneas de descarga:

Temperatura de gases promedio:

Sistema con compresores Tornillos: 80 °C

Sistema con compresores pistón : 120°C

Utilización de gases de descarga para calentar agua

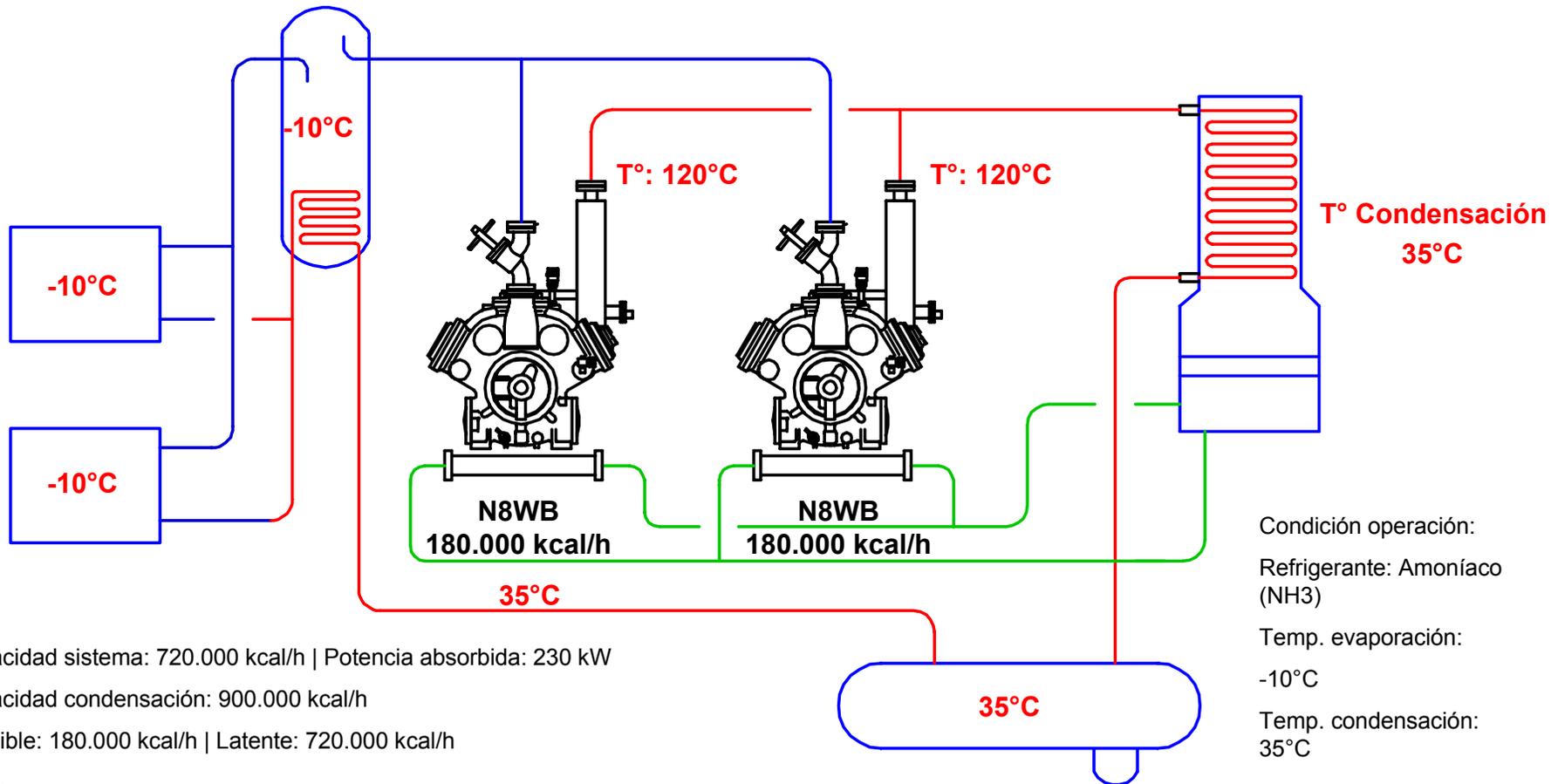


$$\text{COP} : \frac{\text{energía útil}}{\text{energía entrada}} = \frac{(h1-h4)}{(h1-h2)}$$

Energía rechazada total:
Calor sensible + calor latente

Utilización de gases de descarga para calentar agua

Sistema convencional con dos compresores
Condensador evaporativo, trampa succión.



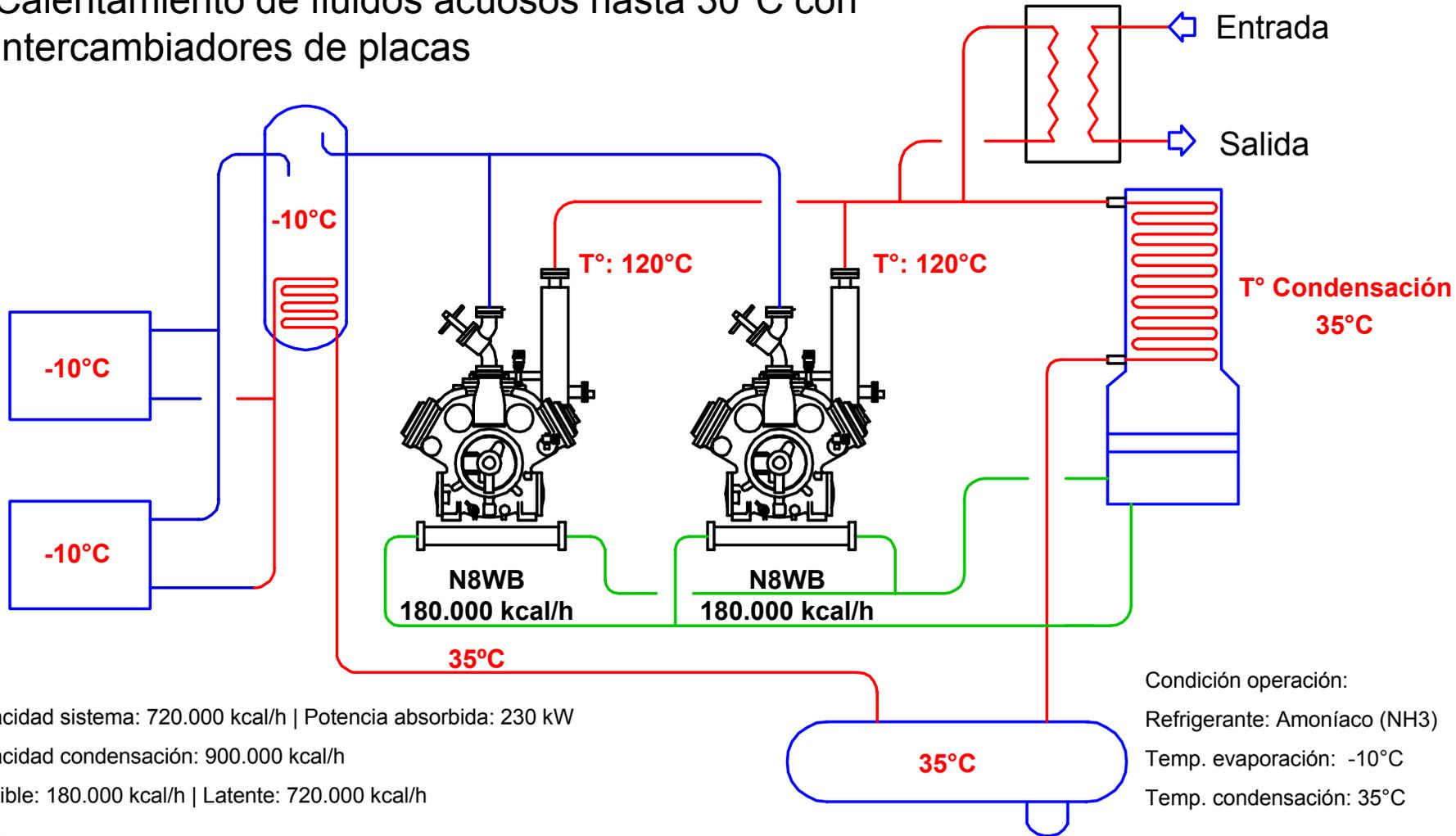
Capacidad sistema: 720.000 kcal/h | Potencia absorbida: 230 kW

Capacidad condensación: 900.000 kcal/h

Sensible: 180.000 kcal/h | Latente: 720.000 kcal/h

Utilización de gases de descarga para calentar agua

Calentamiento de fluidos acuosos hasta 30°C con intercambiadores de placas



Capacidad sistema: 720.000 kcal/h | Potencia absorbida: 230 kW

Capacidad condensación: 900.000 kcal/h

Sensible: 180.000 kcal/h | Latente: 720.000 kcal/h

Utilización de gases de descarga para calentar agua

Análisis de caso

Analicemos un sistema de cámaras de producto fresco según lo siguiente detalle:

- *Refrigerante utilizado amoníaco.*
- *Compresores : 2 x N8WB, tipo pistón.*
- *Temperatura de descarga : +120°C.*
- *Flujo masico de amoníaco : 2.720 Kgr/hr.*
- *Carga total de la planta : 720.000 Kcal/hr*

Utilización de gases de descarga para calentar agua

Cuadro de flujos

| Ítems | Amoniaco gas | Agua dulce |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| Temperatura de entrada | 120 °C | 12 °C |
| Temperatura de salida | 35 °C | 33 °C (máx) |
| Flujo | | 160 lt/min |
| Capacidad | 180.000 kcal/hr | 140.000 kcal/hr |

Aprovechando sólo calor sensible, es decir un desrecalentador

Análisis de resultados

- *Si consideramos usar el flujo de agua caliente para servicio sanitario tendríamos disponible hasta 9,6 m³/hr (160 lt/min).*
- *Además la operación del calentador de agua libera hasta un 20% de la carga de condensación, lo que le permite a este operar más holgadamente con la consiguiente estabilidad de presión de condensación.*
- *Si se aprovechase el calentador como condensador, es decir aprovechar el calor latente, se podría obtener más caudal de agua y menos capacidad cargada al condensador, es decir que éste podría disminuir el uso de sus ventiladores según sea su control de capacidad.**

Sistemas de refrigeración indirecta

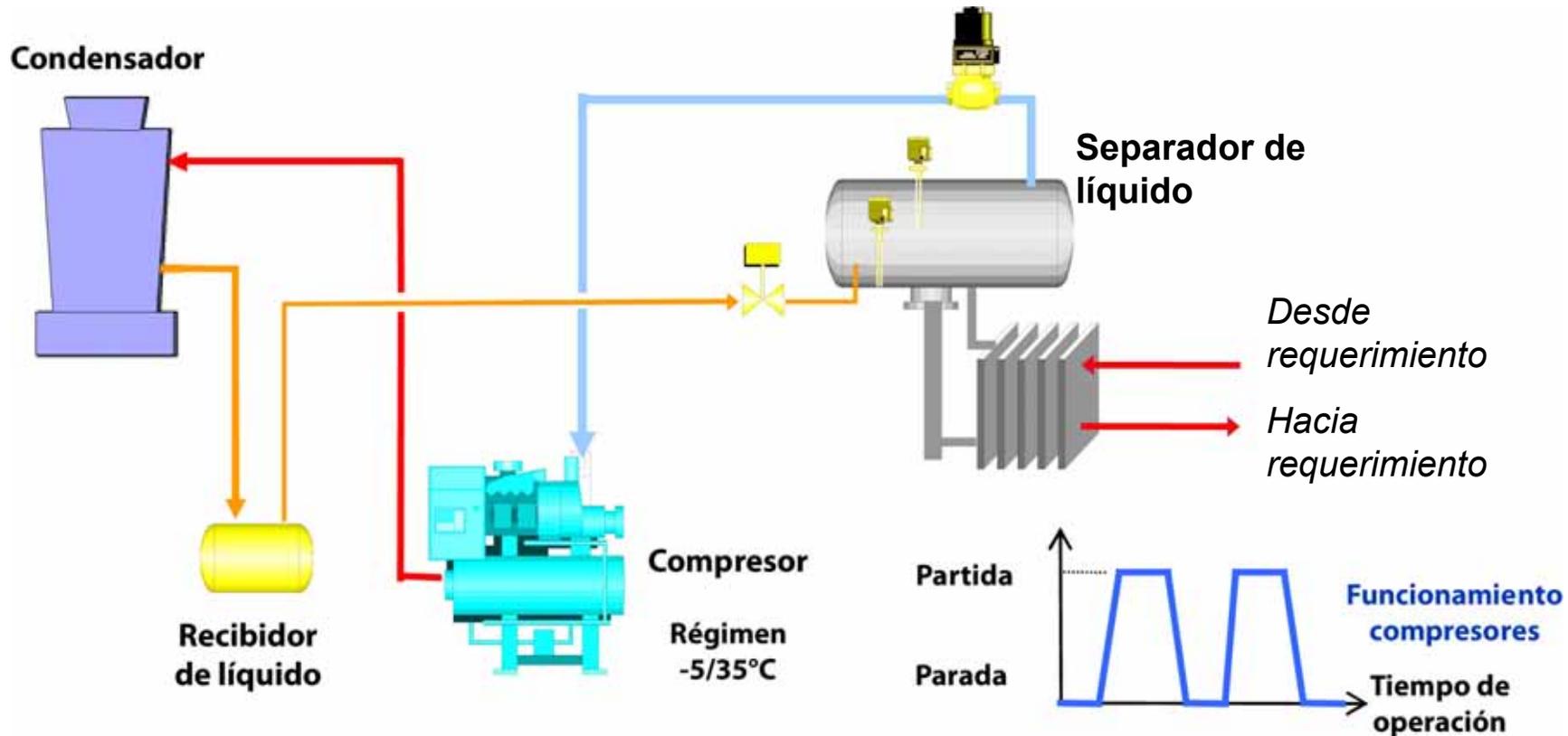
Sistemas de refrigeración indirecta

Sistema enfriamiento indirecto más comunes:

- **Refrigerante primario/Glycol/Aire:** caso sistemas de climatización para salas de proceso.
 - **Refrigerante primario/Agua/procesos:** caso para alimentar intercambiadores de calor de procesos.
 - **Refrigerante primario/Agua/aire:** caso sistemas de climatización.
- *Refrigerante primario:* Amoníaco (NH₃), HFC (Freones), Hidrocarburos.

Sistema convencional de refrigeración industrial

Sistema inundado y bombeado



CASO inundado:
Máximo de dos Intercambiadores por Separador líquido

CASO bombeado:
Distancias máximas sólo sujetas a caídas de presión y gasto bombeo.

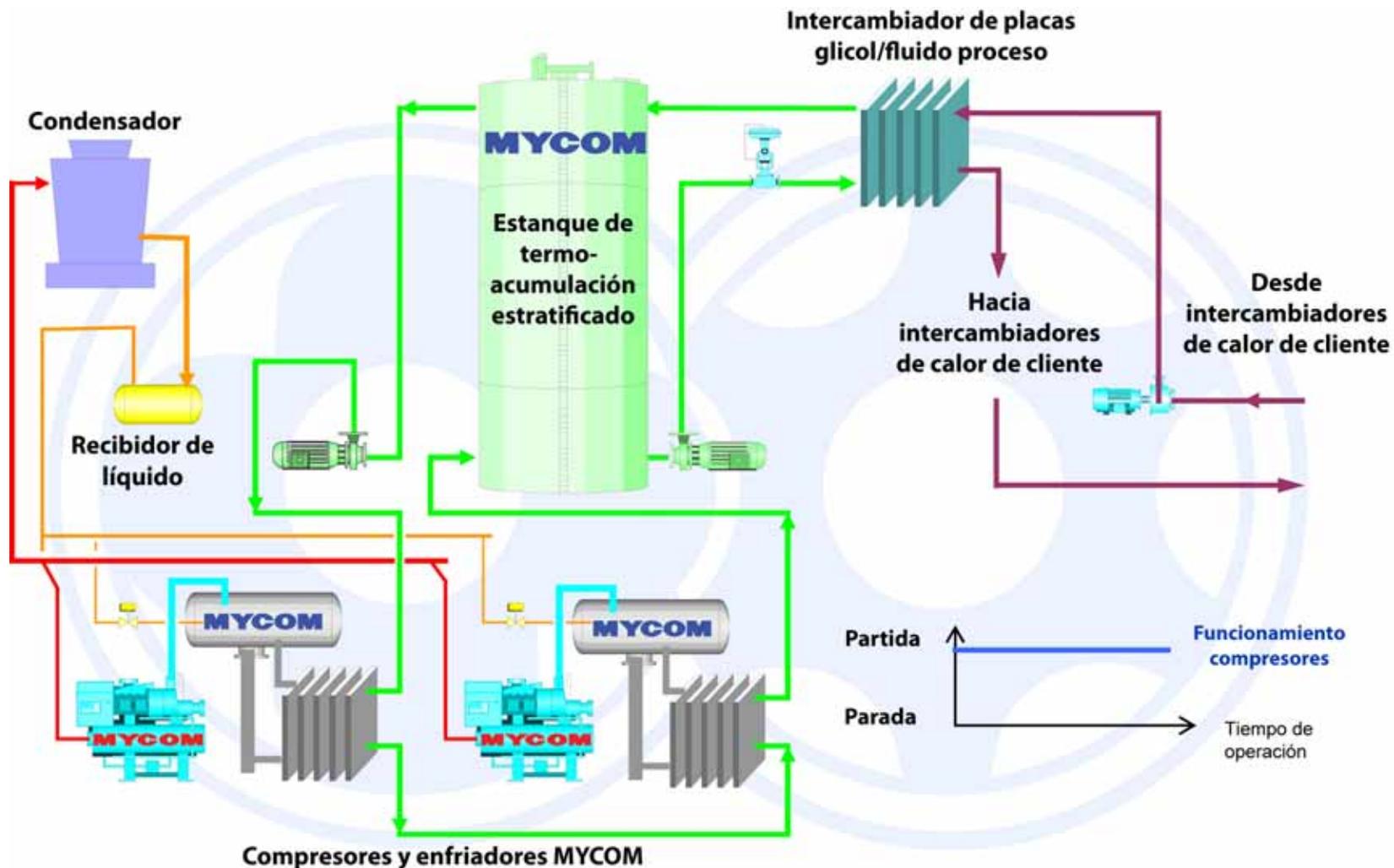
Sistema enfriamiento indirecto cascada con termo- acumulación MYCOM

Termo-Acumulación

Un estanque de termo-acumulación es la solución para cubrir la variación de demanda térmica que son provocada por los enfriadores de las salas de procesos, cámaras u otros procesos.

- Autonomía mínima de 15 a 20 minutos (hasta 3 horas) que impide detenciones y partidas de compresores innecesarias .
- El estanque actúa como pulmón del refrigerante secundario, permite suministrarlo a una temperatura controlada y cubrir toda la demanda sin sobrecargar a los equipos.

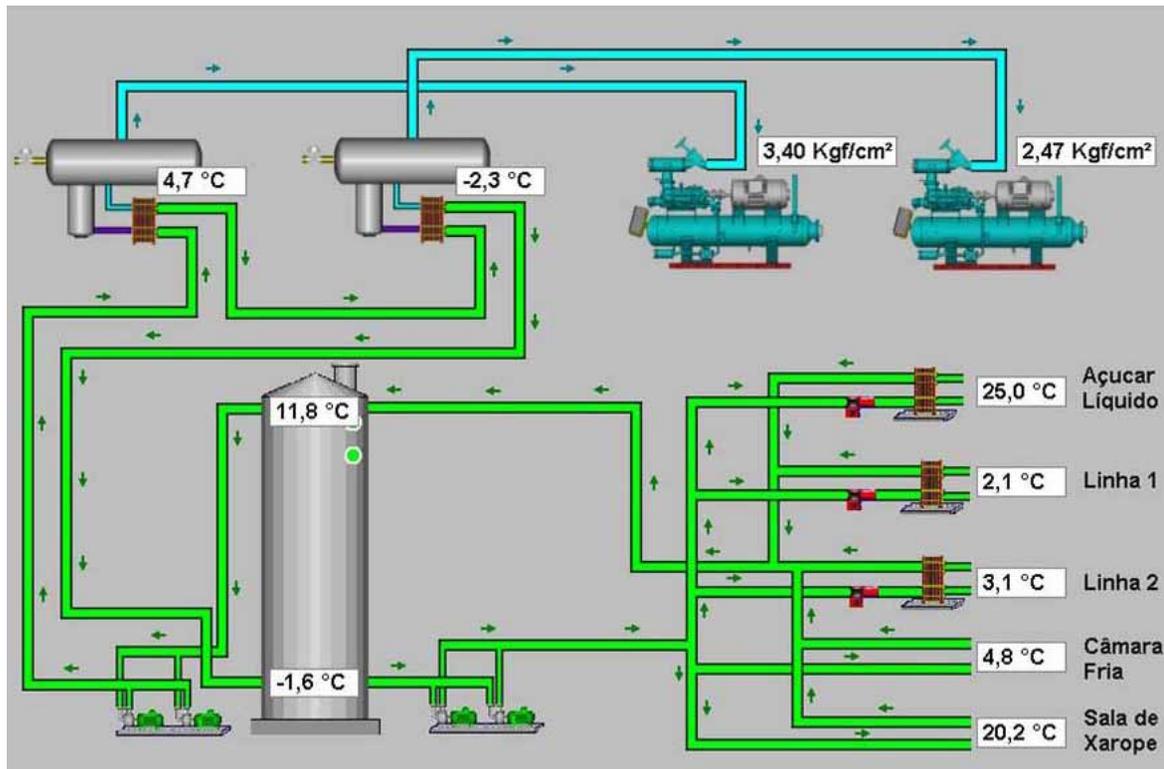
Sistema enfriamiento indirecto cascada con termo-acumulación MYCOM



SISTEMA CASCADA CON TERMO-ACUMULACIÓN MYCOM

Sistema cascada

El enfriamiento por etapas produce un incremento en el rendimiento del sistema (COP) superior al 30%.



La utilización de un estanque termo-acumulador disminuye el tiempo de operación de los compresores durante el día.

Estas dos soluciones producen un ahorro de energía eléctrica del orden de 20 a 30% instantáneo (kWh) y un ahorro de hasta 40% en kW/día.



Evaporación y dimensionamiento

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Sector de evaporadores y matrices

Oportunidad de ahorro de energía en la generación de frío

- ***Aumento de temperatura de evaporación***
- ***Correcto dimensionamiento de cañerías matrices***

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Aumento de temperatura de evaporación

Mientras mayor sea la temperatura de evaporación de un sistema de refrigeración, menor será su consumo de energía.

Un aumento de 1°C, podría significar ahorros que van entre un 1% y un 4%.

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Algunas maneras de aumentar la temperatura de evaporación son:

- ***Mantener los evaporadores libre de hielo.***
- ***Evitar obstrucciones al flujo de aire en las cámaras de frío.***
- ***Mantener los intercambiadores de calor libre de obstrucciones, aceite, etc.***
- ***Limpiar o cambiar periódicamente los filtros de refrigerante.***
- ***Elevar la temperatura de evaporación hasta el mayor valor posible, en función de las necesidades del proyecto.***

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Análisis de caso

Analicemos una cámara de mantentencion de producto fresco según el siguiente detalle:

- *Refrigerante utilizado amoniaco.*
- *Temperatura de evaporación $-12,5^{\circ}\text{C}$.*
- *Temperatura de condensación 32°C .*
- *Temperatura de cámara 0°C .*
- *Carga térmica de cámara 100.000 Kcal/hr*

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Ahorro de energía

| Ítems | T ev :-12,5°C | T ev :-8°C |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| Capacidad requerida | 100.000 Kcal/hr | 100.000 Kcal/hr |
| Potencia absorbida | 34,9 Kw | 29,9 Kw |
| COP | 3,33 | 3,91 |

Para este ejemplo se proyecta un ahorro de 14% al aumentar 4,5°C la temperatura de evaporación.

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Correcto dimensionamiento de matrices

En el caso es importante considerar los siguientes criterios:

- 1.- Velocidad de transporte del refrigerante dentro de las cañerías ya sea gas o líquido.***
- 2.- Caídas de presión de la líneas.***
- 3.- Seguir recomendaciones y normas.***

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Análisis de caso

| Ítems | Diámetro Pulgadas 2 1/2" | Diámetro Pulgadas 4" |
|---|-----------------------------|-------------------------|
| Capacidad | 200.000 Kcal/hr | 200.000 Kcal/hr |
| Velocidad de gas | 18,4 m/s | 10,7 m/s |
| Caída de presión x cada 10 metros | 0,00736 bar. | 0,000199 bar. |
| Largo de línea | 50 metros | 50 metros |

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Análisis de resultados

| Ítems | Diámetro Pulgadas 2 1/2" Compresor N6L | Diámetro Pulgadas 4" Compresor N6L |
|---------------|--|--|
| Capacidad | 200.000 Kcal/hr | 200.000 Kcal/hr |
| Potencia abs. | 65 Kw | 63 Kw |

Para este ejemplo para realizar el mismo trabajo el compresor necesita un 3% mas de energía.

EVAPORACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO

Conclusiones

- *Al aumentar la temperatura de evaporación aumenta el rendimiento de los compresores y también la potencia absorbida, y disminuirá el trabajo requerido para obtener la misma potencia frigorífica.*
- *Al aumentar la temperatura de evaporación disminuye el volumen de refrigerante que se mueve por las líneas por lo que disminuye la caída de presión.*



Muchas Gracias