

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- AMBOS SON LOS ELEMENTOS DONDE SE PRODUCE EL INTERCAMBIO DE CALOR:
- EVAPORADOR: SE GANA CALOR A BAJA TEMPERATURA, GENERANDO EFECTO DE REFRIGERACIÓN MEDIANTE LA EVAPORACIÓN DEL REFRIGERANTE A BAJA PRESIÓN Y TEMPERATURA.
- CONDENSADOR: DISIPA CALOR A ALTA TEMPERATURA, EL CALOR GANADO EN EL EVAPORADOR MÁS LA ENERGÍA INTRODUCIDA EN EL CICLO DURANTE LA COMPRESIÓN. SE PRODUCE LA CONDENSACIÓN DEL REFRIGERANTE A PRESIÓN Y TEMPERATURA ELEVADAS.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

➤ DIFERENTES CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN:

➤ A) por el objeto a refrigerar

B) por el sistema de alimentación de refrigerante

C) por el sistema de movimiento del fluido a refrigerar

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

➤ OBJETOS A REFRIGERAR:

Sólidos: evaporadores de placas.

El objeto se enfría mediante la conducción del calor por contacto con la superficie a baja temperatura.

Líquidos: evaporadores "casco y tubo" o evaporadores "de placas". El líquido se enfría por un proceso de transferencia de calor por convección entre el líquido y el refrigerante

Gases: evaporadores contruidos con haces de tubos lisos o aletados. Los gases se enfrían mediante un proceso de transferencia de calor por convección entre ellos y el refrigerante.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- **EVAPORADORES DE PLACAS:**
- **Armario de placas para el congelado de productos.** Las placas se mueven mediante un sistema hidráulico de manera de prensar los objetos a congelar. Las placas son huecas y por dentro de ellas circula refrigerante líquido a muy baja temperatura ($-35\text{ °C} < t < -45\text{ °C}$). Se alimenta a través de una columna de bombeo y manguerotes especiales que se mantienen flexibles a baja temperatura.
- **Evaporadores de equipos pequeños (freezers, refrigeradores domésticos)** en los que los productos a tratar intercambian calor por conducción.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

➤ EVAPORADORES PARA REFRIGERAR LIQUIDOS:

➤ Evaporadores tipo casco y tubo.

Constituidos por una envolvente cilíndrica con placas en cada extremo en las que se insertan tubos soldados o mandrilados. Por dentro de ellos circula el fluido a refrigerar.

Entre el exterior de los tubos y la envolvente se encuentra el refrigerante que se evapora por el calor cedido por el fluido a refrigerar. El refrigerante ingresa al intercambiador a través de válvula de flotador o manual.

➤ Evaporadores de placas.

Construidos mediante la superposición de placas de acero inoxidable de tal forma que el intercambio entre los líquidos a diferente temperatura se produce a través de la superficie de las placas (ambas caras) en una delgada capa de fluido.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:
- En especial el fluido a refrigerar es el AIRE que es fluido que transfiere el calor desde los cuerpos a refrigerar hacia el refrigerante.
- Se construyen en haces de TUBOS LISOS (no son los más comunes) y,
- En haces de TUBOS ALETADOS. Son los utilizados a nivel comercial y/o industrial, dado que se incrementa la superficie de intercambio de calor por unidad de longitud de tubo.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:
- Estos evaporadores se construyen con:
- Tubos de cobre y aletas de aluminio,
- Tubos de aluminio y aletas de aluminio
- Tubos de acero y aletas de acero. Estos evaporadores una vez armados se someten a baño de galvanizado en caliente para proteger la superficie de tubos, aletas y estructura y garantizar una buena conducción del calor desde la aleta hasta la superficie del tubo.
- Tubos y aletas de acero inoxidable.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:
- Según la manera de mover el aire se clasifican en:
- Evaporador de TIRO FORZADO, el ventilador sopla el aire sobre el haz de tubos. (La distribución del aire sobre la superficie de los tubos no es uniforme)
- Evaporador de TIRO INDUCIDO, el ventilador aspira el aire a través del haz de tubos. (La distribución del aire sobre la superficie de los tubos es uniforme, aprovechando mejor la superficie de evaporación.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:
- Según como se alimente de refrigerante se clasifican en:
 - Evaporadores de EXPANSIÓN SECA, alimentados por tubo capilar, válvulas automáticas o V.E.T.
 - Evaporadores de EXPANSIÓN HÚMEDA, evaporadores que se encuentran llenos de refrigerante líquido.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- **EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:**
- Los evaporadores de **EXPANSION HUMEDA** se pueden clasificar en:
 - **INUNDADOS:** el refrigerante se mueve por termosifón,
 - **RECIRCULADOS:** el refrigerante es movido mediante bomba, pudiendo ingresar a través de un orificio calibrado desde la parte superior del evaporador o desde la parte inferior del evaporador.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

➤ EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:

Para los evaporadores recirculados se define el **INDICE DE RECIRCULACION** (n) como el número de veces en más (2, 3, 4 o 5) que se inyecta refrigerante, con relación a la masa de refrigerante necesario para absorber la carga térmica.

Esto significa que un valor $n=3$ indica que salen del evaporador dos partes de líquido y una de vapor. Ese vapor queda disuelto en el líquido.

Se suele utilizar un índice tres o cuatro.

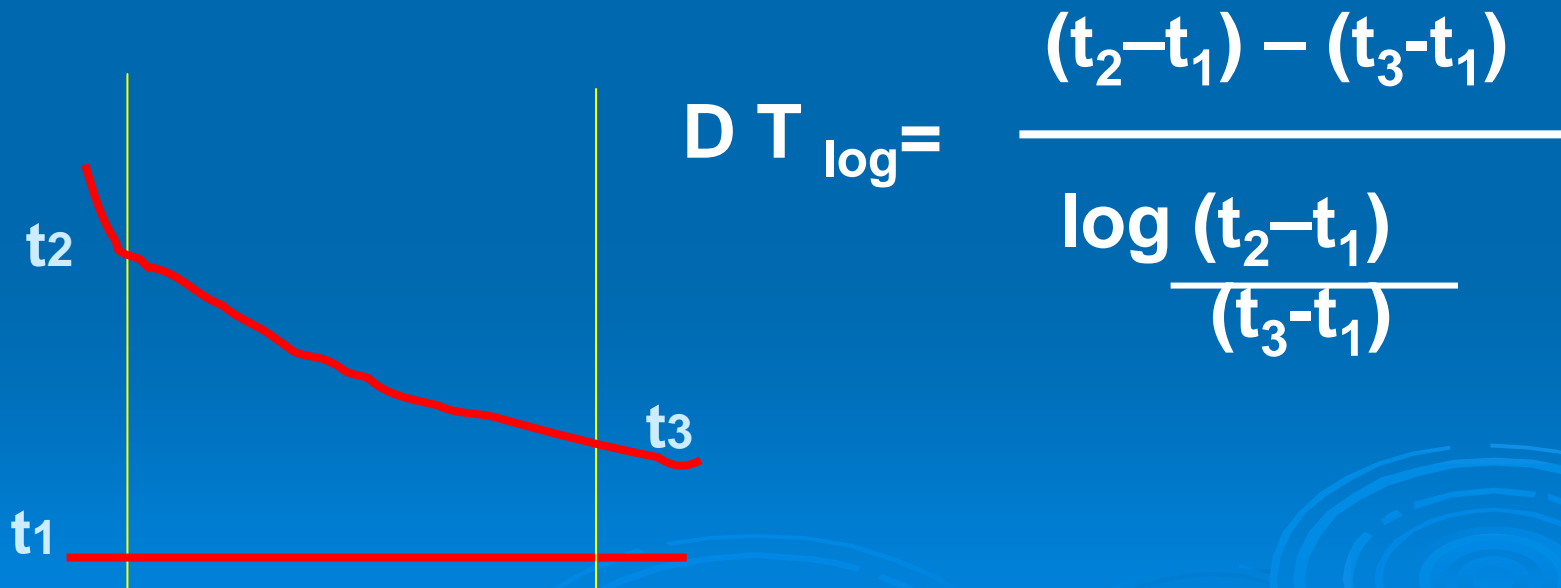
EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:
- El calor transferido al evaporador depende de las siguientes variables:
- U coeficiente global de transmisión de calor que se expresa en $\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$.
- S superficie de intercambio expresada en m^2
- DT_{\log} diferencia térmica logarítmica media entre el aire y el refrigerante.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

DIFERENCIA DE TEMPERATURA:

- El valor más preciso es tomar la diferencia logarítmica media



EVAPORADORES Y CONDENSADORES

➤ EVAPORADORES PARA REFRIGERAR GASES:

➤ El calor ganado por el evaporador será:

➤ $Q = U \cdot S \cdot Dt_{\log}$

➤ Una manera de hacer más sencillo el cálculo es sustituir la diferencia térmica logarítmica media por el DT del evaporador.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- *Se define DT del evaporador como la diferencia entre la temperatura del aire que ingresa al evaporador, tomada generalmente como la temperatura de cámara t_c y la temperatura de saturación del refrigerante que corresponde a la presión a la que se encuentra el mismo en la salida del evaporador.*

RELACIÓN ENTRE EL DT DEL EVAPORADOR Y LA HUMEDAD RELATIVA EN CÁMARA

DT °C (convección forzada)	HR %
4,4 – 5,5	95 – 91
5,5 – 6,6	90 – 86
6,6 – 7,7	85 – 81
7,7 – 8,8	80 – 76
8,8 - 10	75 - 70

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- El proceso de transferencia de calor se puede ver desde los siguientes puntos:
- El aire que transfiere calor a los tubos:

$$Q = m_{\text{aire}} \times c_{p \text{ aire}} \times (t_{\text{cámara}} - t_{\text{salida}}) \text{ masa de aire circulada}$$

- El calor transferido a través de los tubos:

$$Q = s \times l \times (t_{\text{ext}} - t_{\text{int}}) \quad l = \text{coeficiente de transmisión de calor}$$

- El calor ganado por el refrigerante:

$$Q = m_{\text{ref}} \times (h_1 - h_4) \text{ masa de refrigerante que circula por el evaporador}$$

En todos los casos el calor Q es el mismo

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Los evaporadores recirculados pueden ser alimentados por el lado superior o por el lado inferior.
- Cada sistema tiene sus ventajas.
- Alimentación superior ventajas:
 - Menor carga de refrigerante,
 - Posibilidad de tener un recibidor más pequeño,
 - Menor posibilidad de acumulación de gas,
 - Mejor retorno de aceite,
 - Más fácil descongelamiento.

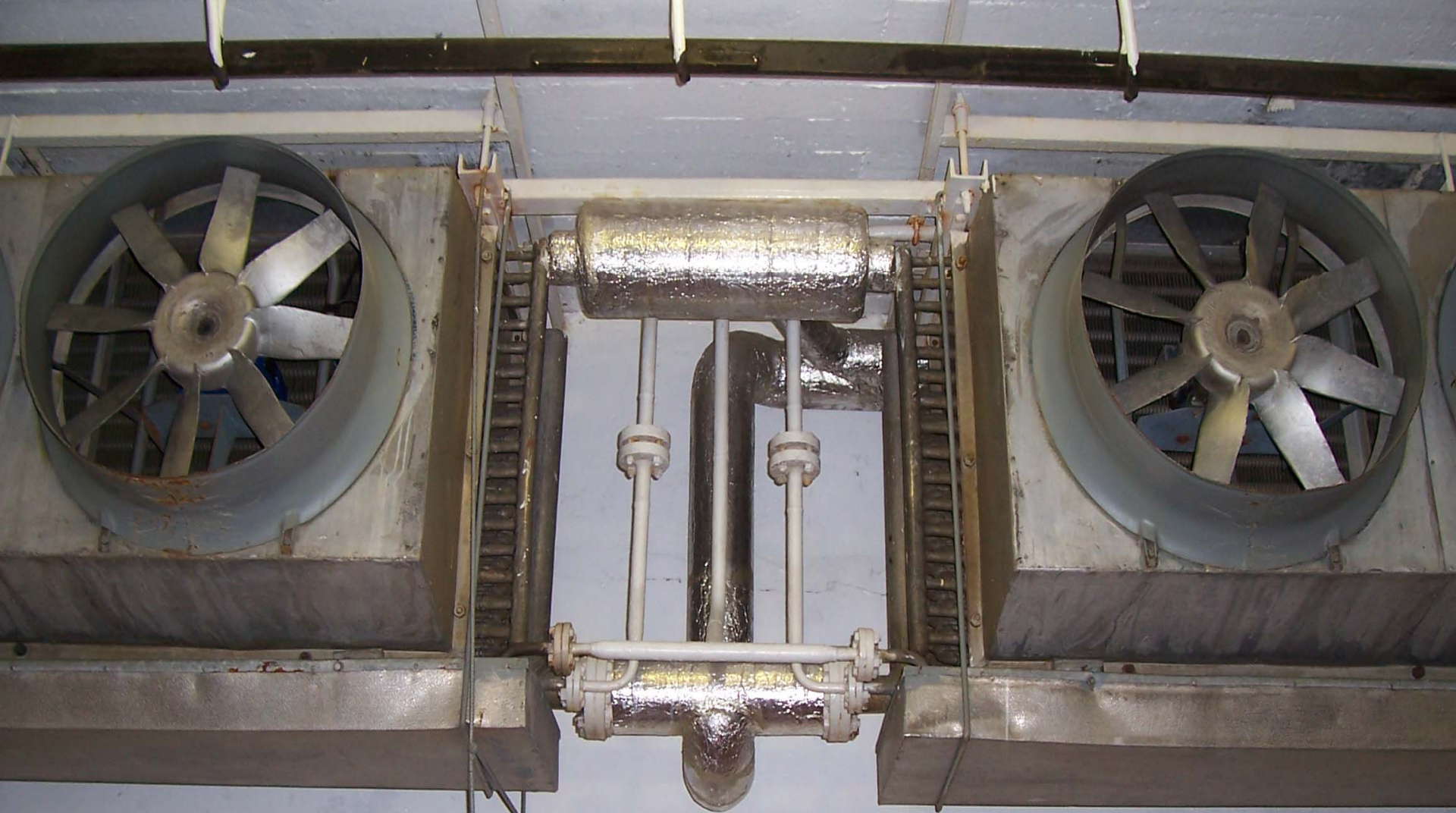
EVAPORADORES Y CONDENSADORES

➤ Alimentación inferior:

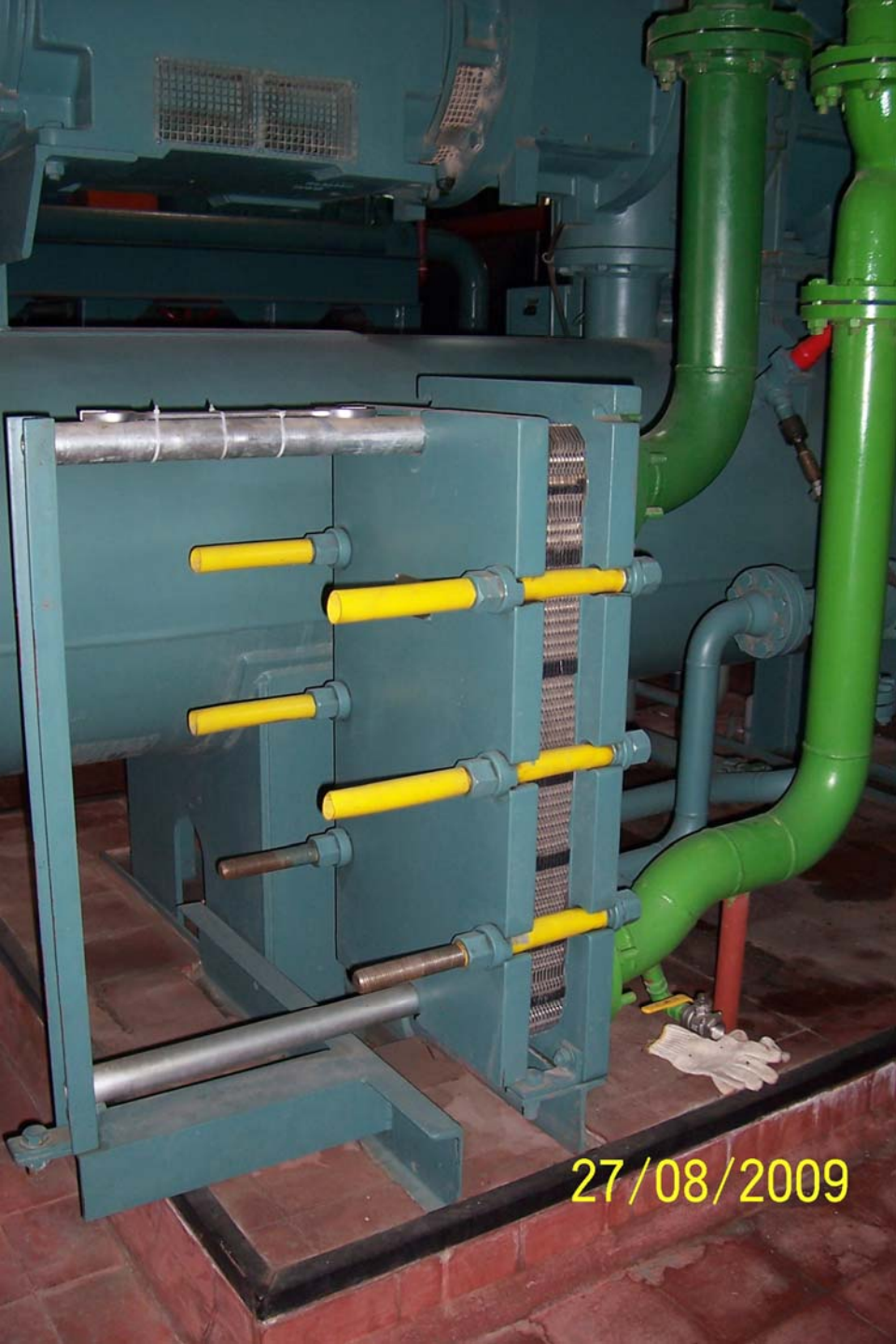
- No es tan crítico lograr una buena distribución de refrigerante.
- La ubicación relativa de evaporadores y recipientes no es un punto crítico.
- El diseño y el trazado del sistema es más simple.



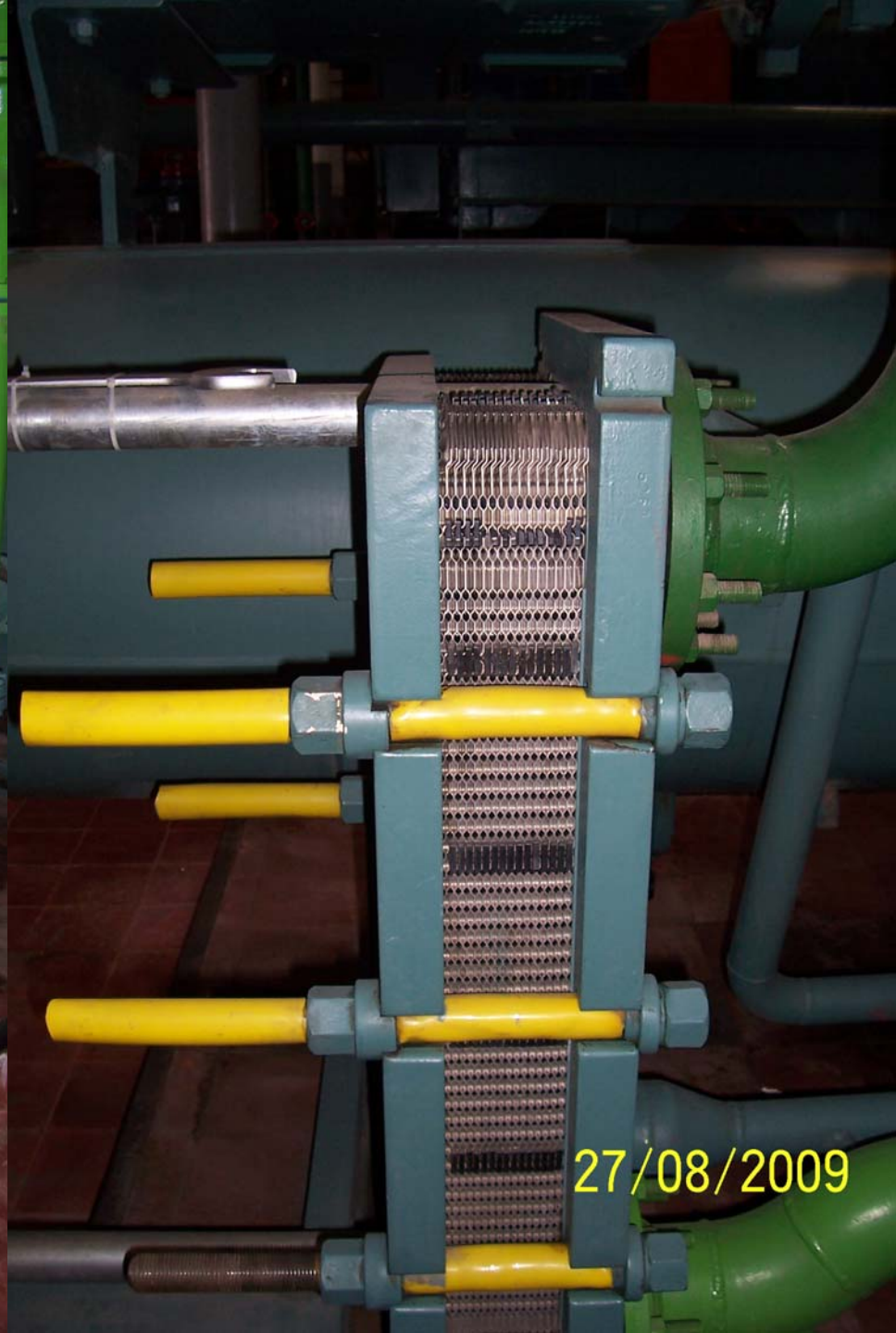
24/08/2009



24/08/2009



27/08/2009



27/08/2009

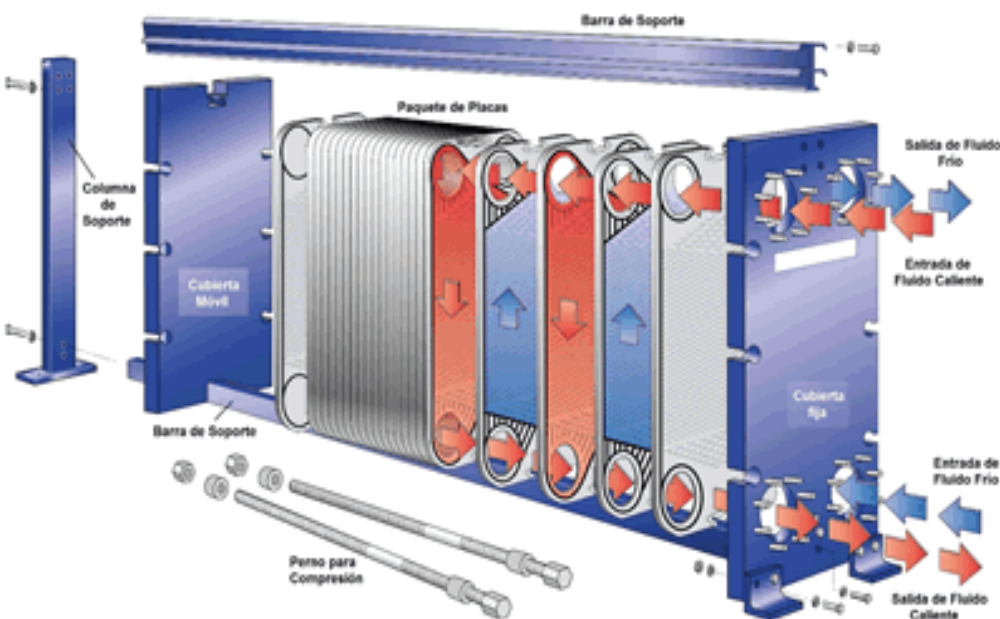
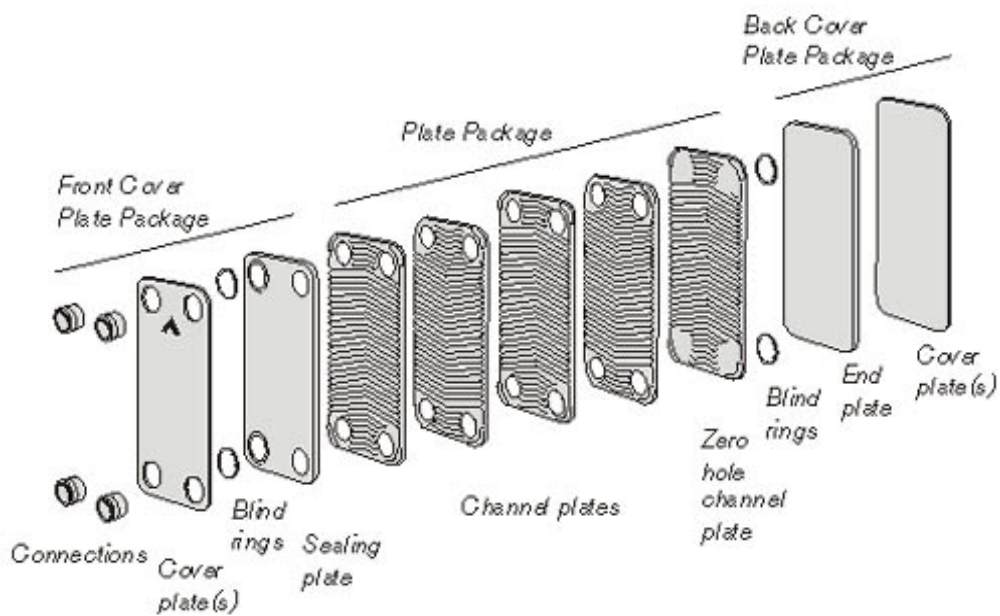


Figura 2: Intercambiador de Calor de Placas.



EVAPORADORES Y CONDENSADORES

Condensadores:

Es el componente del sistema en el que se condensa el refrigerante mediante la transferencia de calor hacia el ambiente. También se produce el subenfriamiento del refrigerante.


Se clasifican según:

el fluido que enfría el condensador,
su construcción,
el régimen de movimiento del aire.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Enfriamiento por:
 - Aire: condensadores de aire
 - Agua: condensadores en los que el agua enfría el condensador. El agua cede calor al ambiente en una torre de enfriamiento.
 - Agua y aire: condensadores enfriados por evaporación del agua circulando a contracorriente del flujo de aire.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Por su construcción:
 - Los condensadores enfriados por aire están contruidos por un haz de tubos aletados dispuestos en forma vertical u horizontal.
 - Para la disposición vertical el aire circula por tiro forzado.
 - Para la disposición horizontal el aire circula por tiro inducido.
- 

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Por su construcción:
- Los condensadores enfriados por agua son del tipo casco y tubo, similares a los enfriadores de líquido.
- El refrigerante circula entre la envolvente y el exterior de los tubos, el agua circula por el interior de los tubos en circuito.
- El agua se enfría en una torre de enfriamiento.
- El salto térmico del agua en el condensador es del orden de 3 °C, por lo que los volúmenes de agua circulado son muy importantes.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Por su construcción:
- Los condensadores evaporativos están compuestos por un haz de tubos por los que circula el refrigerante a condensar, un sistema de aspersión de agua que moja la superficie de los tubos y un sistema de movimiento de aire a contracorriente del agua que cae sobre los tubos.
- El caudal de agua circulado es mucho menor.
- La capacidad del condensador varía según las condiciones atmosféricas, especialmente la temperatura de bulbo húmedo.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- **Funcionamiento:**
- El enfriamiento por aire implica el movimiento de este a través de los tubos aletados. Es imprescindible mantenerlos limpios de manera de lograr una buena transferencia de calor.
- La presión de condensación se controla mediante by pass del refrigerante o mediante la variación de la velocidad de los ventiladores de manera de variar la masa de aire circulado.
- Debe facilitarse la circulación del aire a través del condensador.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- **Funcionamiento:**
- Los condensadores enfriados por agua necesitan un volumen muy importante de agua circulando, gran cantidad de energía para mover el agua mediante bombeo, torres de enfriamiento para enfriar el agua.
- Se debe mantener limpios los tubos del condensador y la superficie de relleno de la torre de manera de mantener un flujo laminar del agua.
- Se debe de evitar el crecimiento de algas en el agua.
- La presión de condensación se controla mediante el caudal de agua circulado por el condensador.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Funcionamiento:
- Los condensadores evaporativos funcionan sobre la base de la evaporación de agua sobre la superficie de los tubos favorecida por una corriente de aire que se mueve en sentido contrario al que se mueve el agua. (El agua cae y el aire sube).
- El caudal de agua circulado es mucho menor por lo que se necesita menor potencia de bombeo.
- Es necesario controlar la concentración de sales en el agua circulada para evitar la incrustación de la superficie de los tubos.
- Una manera de lograr esto es tener una sangría continua de la cuba de recolección de agua.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Funcionamiento:
- El aire se mueve según dos criterios:
 - tiro forzado (el aire se impulsa a través del haz de tubos),
 - tiro inducido (el aire es aspirado a través del haz de tubos)
- La presión de condensación se controla variando el caudal de aire circulado; nunca se debe realizar cortando la circulación de agua porque favorece la incrustación sobre los tubos.

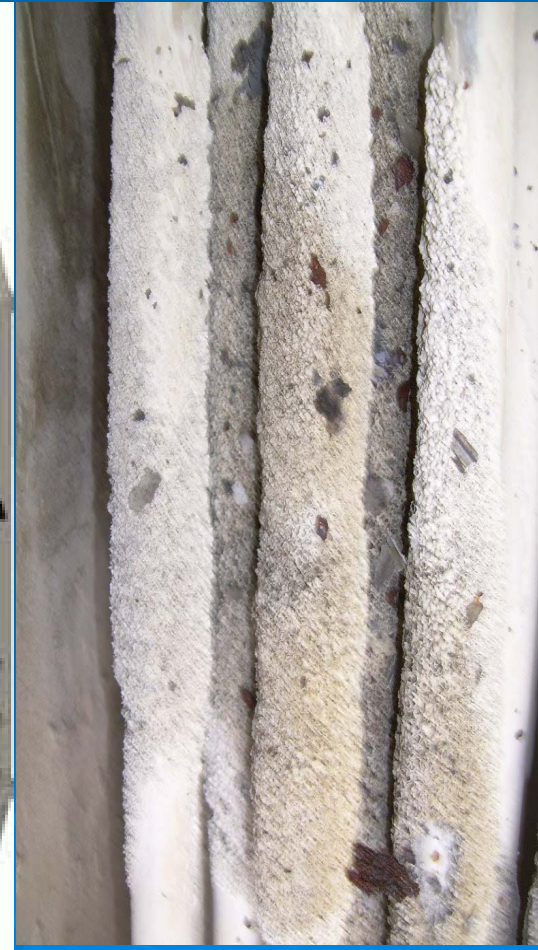
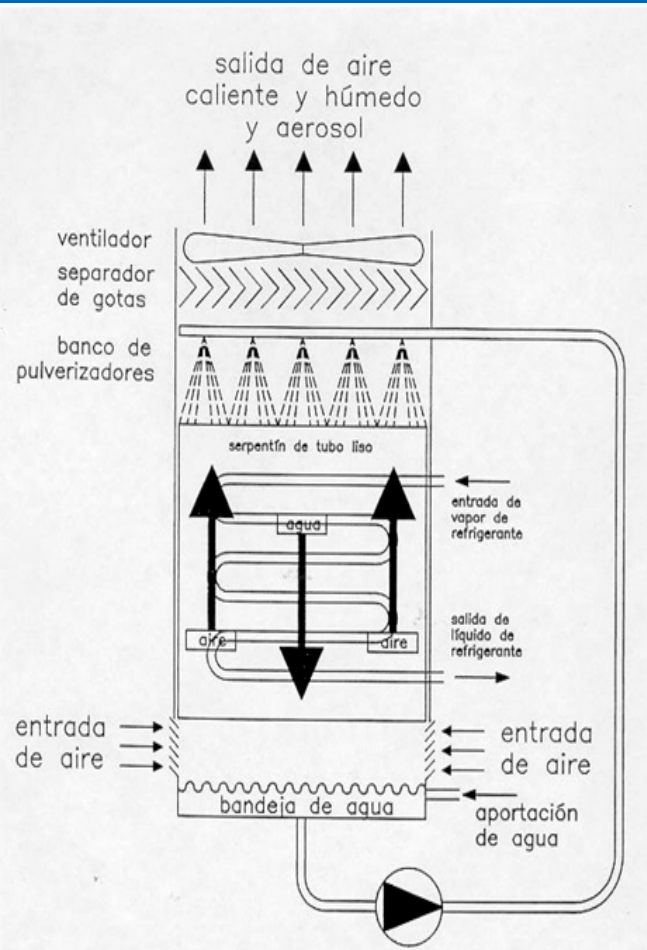
EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- **Funcionamiento:**
- El caudal de aire se puede variar con los siguientes mecanismos:
 - Ventiladores on - off (funciona si o no).
 - Ventiladores de dos velocidades. (Permite tres posiciones: alta velocidad, media velocidad o detenido)
 - Ventiladores con motores controlados mediante variadores de frecuencia. El control es continuo desde cero hasta su velocidad máxima.

Este mecanismo es el que permite el mejor control del funcionamiento del condensador.

Permite que todos los paneles del condensador funcionen uniformemente.

CONDENSADORES EVAPORATIVOS



EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Control de incondensables:
- En los sistemas abiertos en los que se trabaja a baja temperatura, con presiones de succión por debajo de una atmósfera (condiciones de presiones de vacío), se introduce aire al sistema. El aire contiene humedad además.
- Se presentan dos problemas:
 - humedad incompatible con sistemas de refrigerantes halogenados, tolerable en baja proporción en los sistemas con amoníaco.
Genera contaminación del aceite en el sistema.

EVAPORADORES Y CONDENSADORES

➤ Control de incondensables:

- presencia de aire en el sistema.

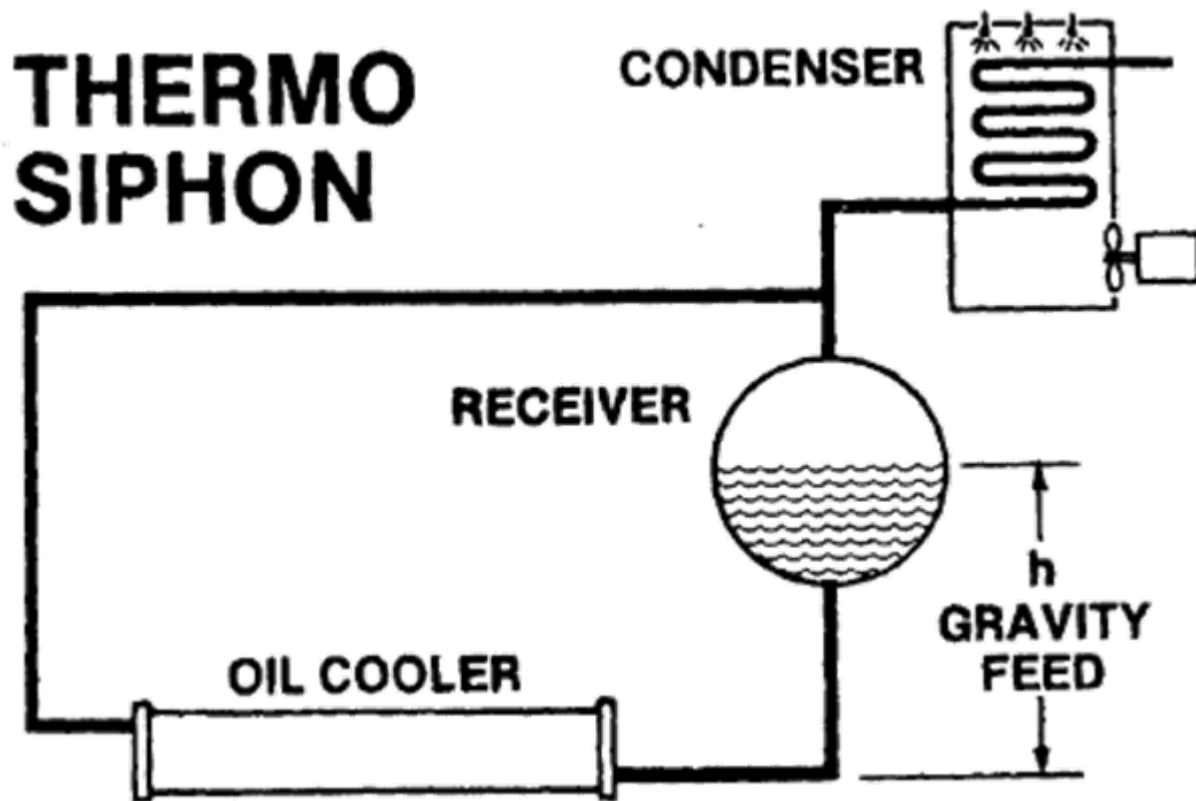
Produce el incremento de la presión de condensación porque el aire se mezcla con el refrigerante y en consecuencia la presión de esa mezcla es la suma de la p_c mas la presión del aire atrapado.

- es imprescindible retirar el aire atrapado en el sistema.

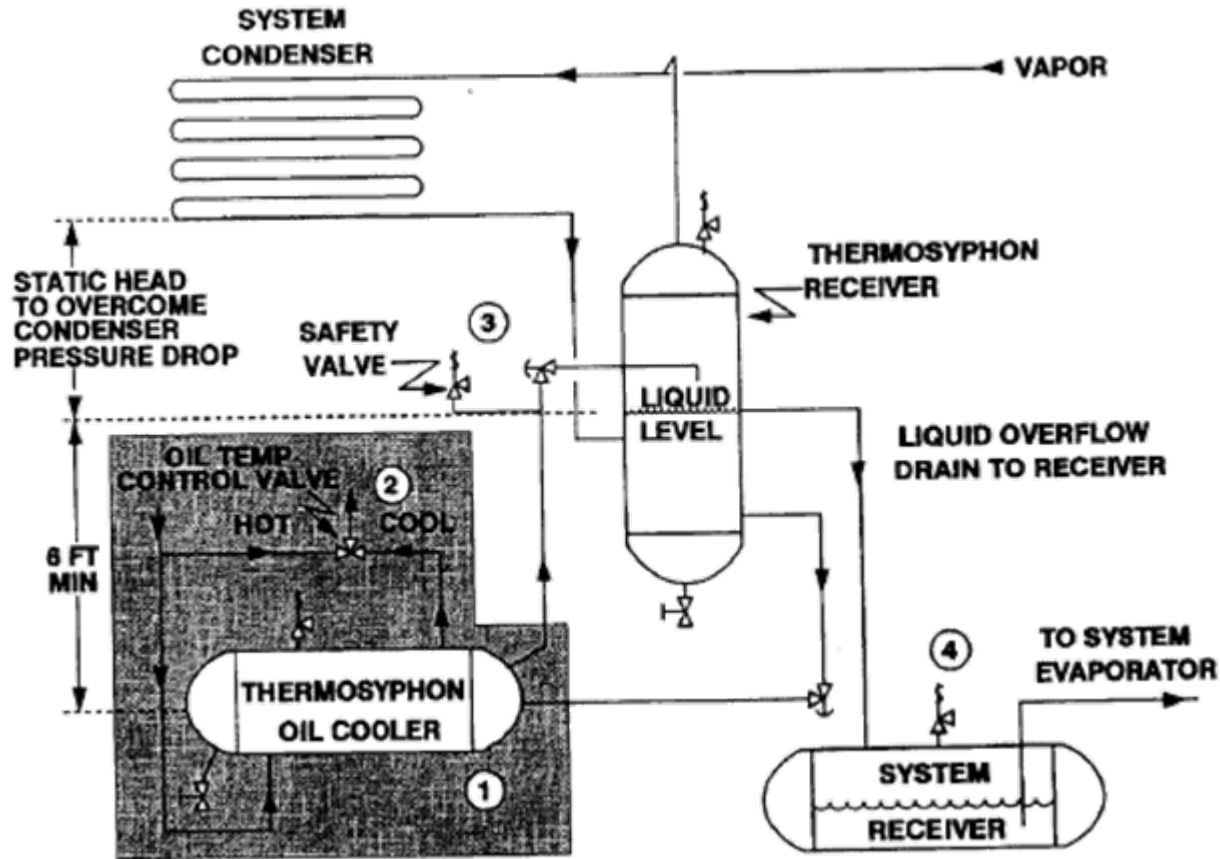
EVAPORADORES Y CONDENSADORES

- Control de incondensables:
- En los condensadores casco y tubo el aire se entrapa en la zona cercana a los cabezales del condensador.
- En los condensadores evaporativos se debe retirar incondensables en dos puntos:
 - la línea de ingreso de gases desde los compresores,
 - en la línea de salida de líquido.

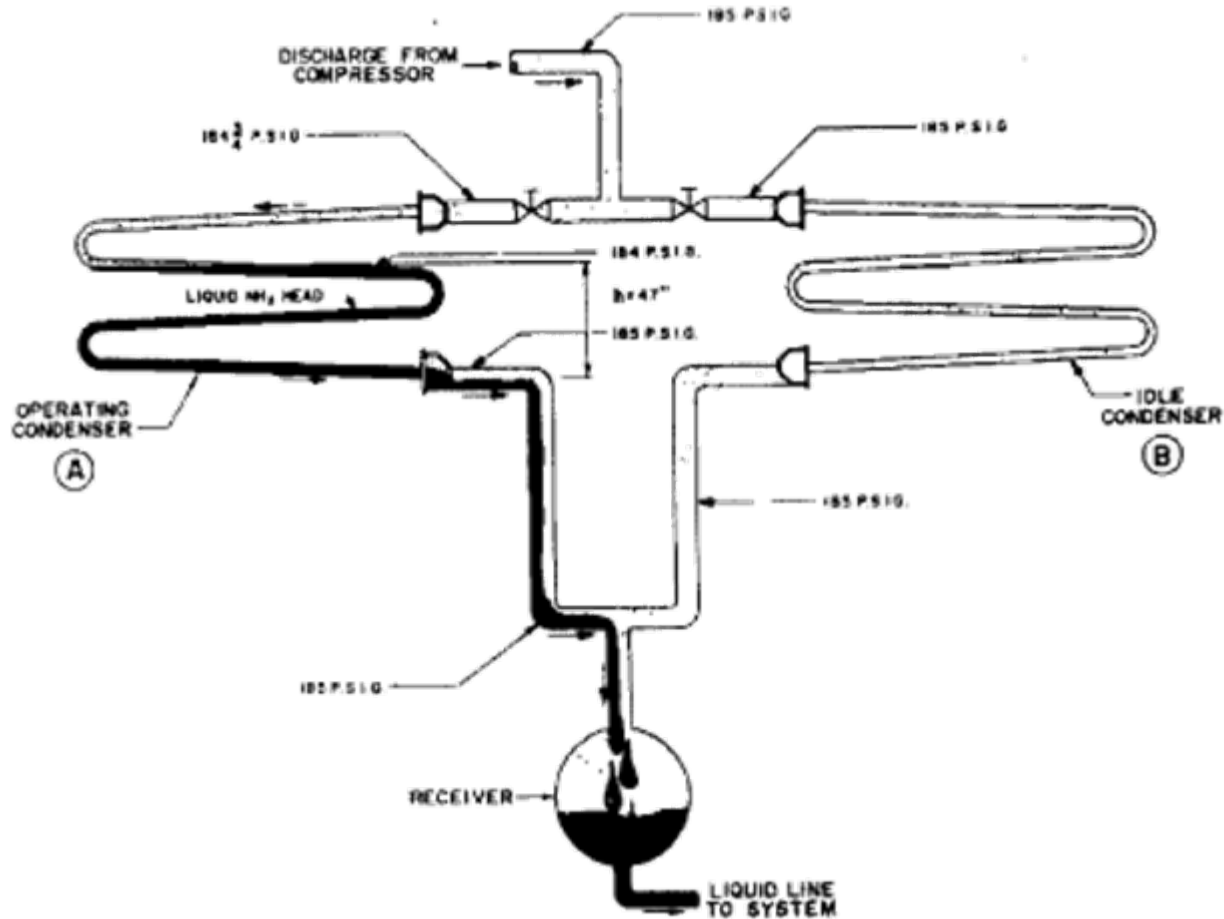
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE POR TERMOSIFON



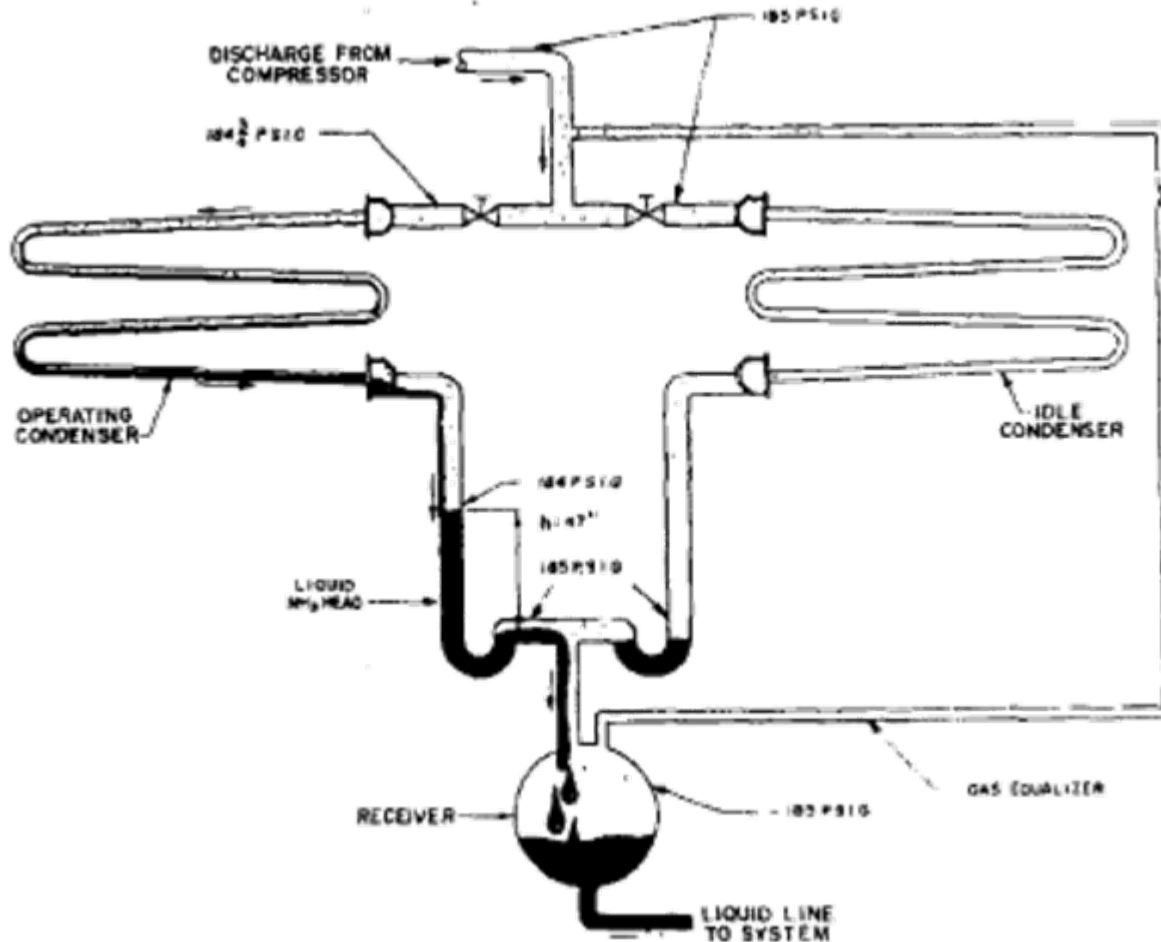
INSTALACION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR TERMOSIFON



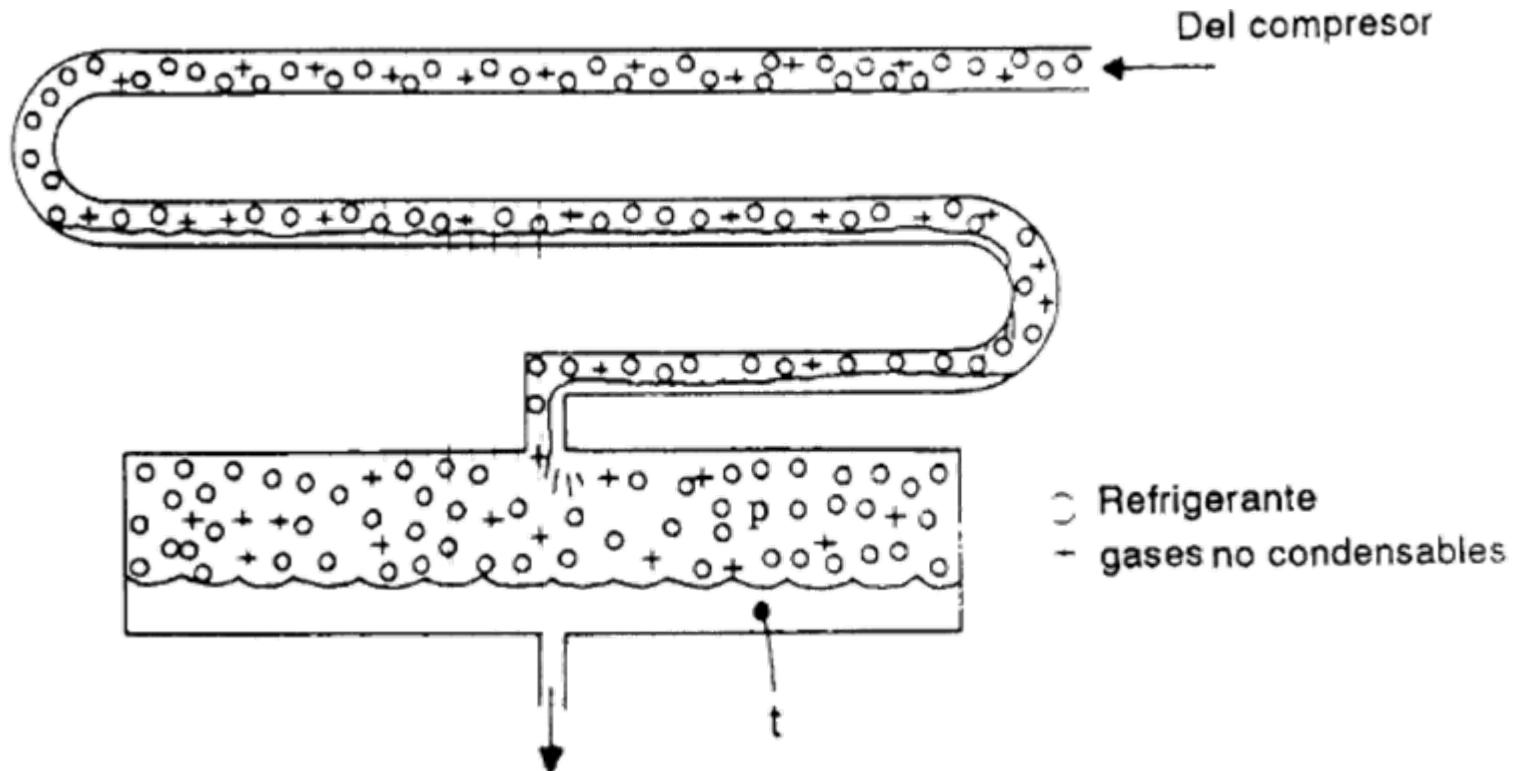
METODO ERRONEO DE CONEXION DE CONDENSADORES EN PARALELO



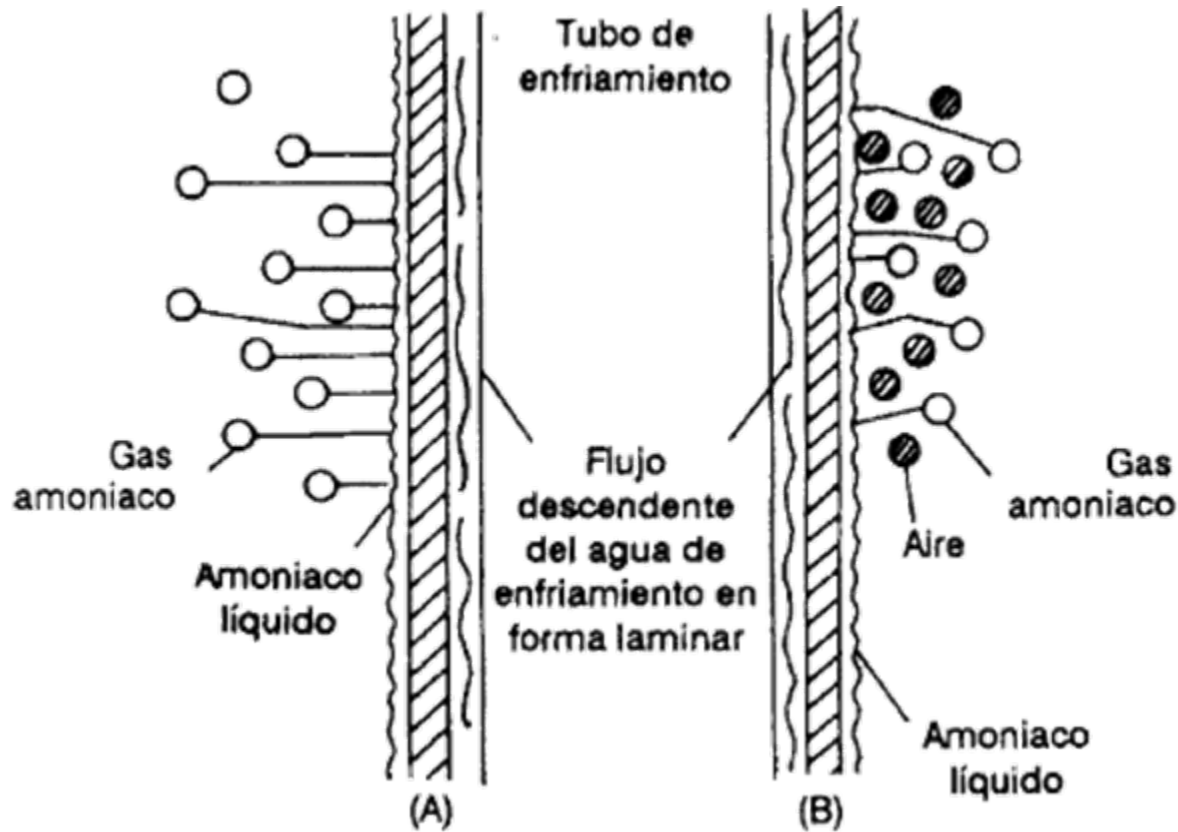
METODO CORRECTO DE CONEXION DE CONDENSADORES EN PARALELO



PRESENCIA DE GASES NO CONDENSABLES EN EL CONDENSADOR



EFFECTO DE LOS GASES NO CONDENSABLES EN EL INTERIOR DEL CONDENSADOR



PURGADOR TIPICO DE GASES NO CONDENSABLES

