



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Evaporadores en un circuito de refrigeración mecánica

Apellidos, nombre	Ortolá Ortolá María Dolores ^{1,2} (mdortola@tal.upv.es) Fito Suñer Pedro ^{1,2} (pedfisu@tal.upv.es) Castro Giráldez Marta ^{1,2} (marcasgi@upv.es) Tomas Egea, Juan Ángel ² (juatomeg@upv.es)
Departamento	¹ Departamento de Tecnología de los Alimentos ² Instituto de Ingeniería de los Alimentos para el Desarrollo
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo docente se profundizará en uno de los elementos importantes dentro de un circuito de refrigeración mecánica: el evaporador.

Describiremos el funcionamiento de un evaporador, evaluando los cambios termodinámicos del fluido refrigerante y, por tanto, su capacidad de enfriamiento del medio, y, veremos los tipos de evaporadores que pueden encontrarse en diferentes circuitos de refrigeración.

2 Introducción

La reducción de la temperatura de los alimentos es una técnica utilizada desde la antigüedad para la conservación de alimentos, siendo, hoy en día, una operación muy importante, y presente en la mayoría de industrias agroalimentarias.

Actualmente, las aplicaciones de esta técnica no sólo se reducen a sistemas de conservación de productos (materias primas, productos intermedios o producto final), sino que es fundamental durante el transporte, distribución y venta de alimentos, así como en operaciones auxiliares como acondicionamiento de aire y enfriamiento de agua de proceso.

Existen diferentes formas de “producir frío” o mejor dicho “eliminar calor” de un medio, como la utilización de sales que al disolverse en determinados líquidos absorben calor (proceso endotérmico), fusión de hielo o mezclas eutécticas, sublimación de CO₂ sólido, vaporización de N₂ o CO₂ líquido, entre otros. Si bien estos métodos pueden utilizarse a nivel industrial en aplicaciones puntuales, no son los más habituales por su carácter discontinuo.

El sistema más utilizado para eliminar calor de forma continua se basa en utilizar un fluido refrigerante que circula por un circuito cerrado donde sufre cambios termodinámicos, evaporándose y condensándose, absorbiendo o cediendo calor al medio que le rodea. A este sistema de refrigeración se le conoce como circuito de refrigeración mecánica.

En este circuito, uno de los elementos fundamentales es el evaporador, el equipo donde el fluido refrigerante se evapora absorbiendo calor del medio que le rodea y por tanto reduciendo la temperatura de éste.

3 Objetivos

Al finalizar esta unidad:

- Entenderás cómo funciona el evaporador y cuál es su función dentro del circuito de refrigeración mecánica
- Serás capaz de seleccionar el tipo de evaporador más idóneo para una instalación de refrigeración

4 Desarrollo

Antes de empezar a hablar del evaporador, debes recordar cuál es el fundamento termodinámico de un circuito de refrigeración mecánica y cuáles son los elementos principales que componen el circuito (Figura 1).

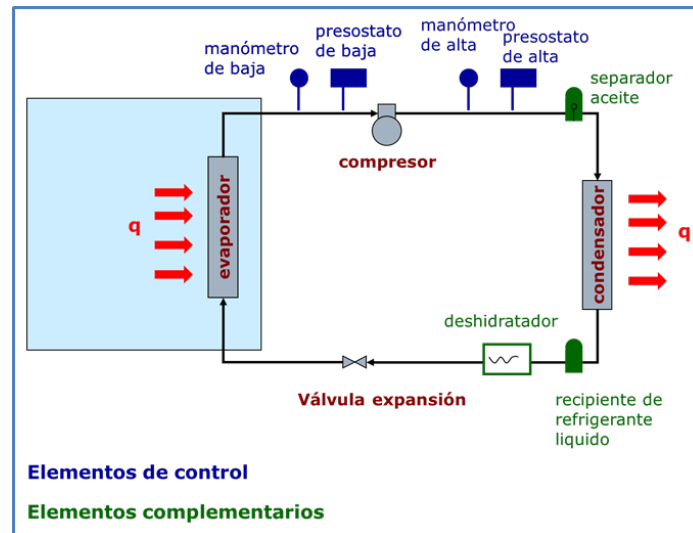


Figura 1: componentes básicos de un circuito de refrigeración mecánica

¿Cuáles son los cambios termodinámicos que sufre el fluido refrigerante dentro del circuito?

Ahora sitúa los diferentes puntos del circuito marcados en la figura 2 sobre el diagrama entálpico (P-h) de un fluido refrigerante:

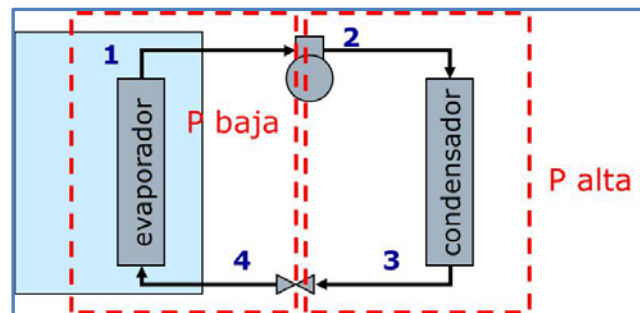


Figura 2

Comencemos ya a hablar del evaporador.

4.1 Evaporador

- Fijate en la figura 1: el evaporador es el único elemento que está en contacto con el medio a enfriar. Por eso decimos que en él se produce el **efecto útil** de la instalación.
- Es un **intercambiador de calor** en el que tiene lugar la evaporación del fluido frigorígeno a la temperatura de ebullición correspondiente a la presión en que se encuentra el fluido.



- El refrigerante accede al evaporador a **baja presión** y una **mezcla de líquido más vapor**.
- El fluido frigorígeno, en estado líquido, recibe el calor necesario para vaporizarse (**calor latente de vaporización**) del medio que rodea al evaporador (gas o líquido), manteniendo baja la temperatura de este medio.

¿Pero, en qué estado sale el fluido frigorígeno del evaporador?, ¿cómo es un evaporador?

4.2 TIPOS DE EVAPORADORES

Los evaporadores pueden clasificarse en función de:

- el estado del fluido refrigerante a la entrada y/o salida del evaporador
- la geometría de la superficie de intercambio de calor.

4.2.1 Según el estado del fluido a la entrada/salida del evaporador

4.2.1.1 De expansión directa o expansión seca

Son aquellos en los que, mientras la mezcla de líquido más vapor avanza por el intercambiador, se va evaporando el líquido hasta que **todo** el refrigerante alcanza el estado de **vapor saturado**.

En este estado sale el vapor hacia el compresor.

Durante el recorrido del fluido refrigerante por el intercambiador absorbe **calor latente de vaporización** del medio que le rodea.

¿Sabrías situar el punto de salida del evaporador en el diagrama entálpico?

Recuerda que el vapor de salida está en condiciones de saturación, y por tanto siempre estará sobre la línea de saturación del fluido frigorígeno (Figura 3).

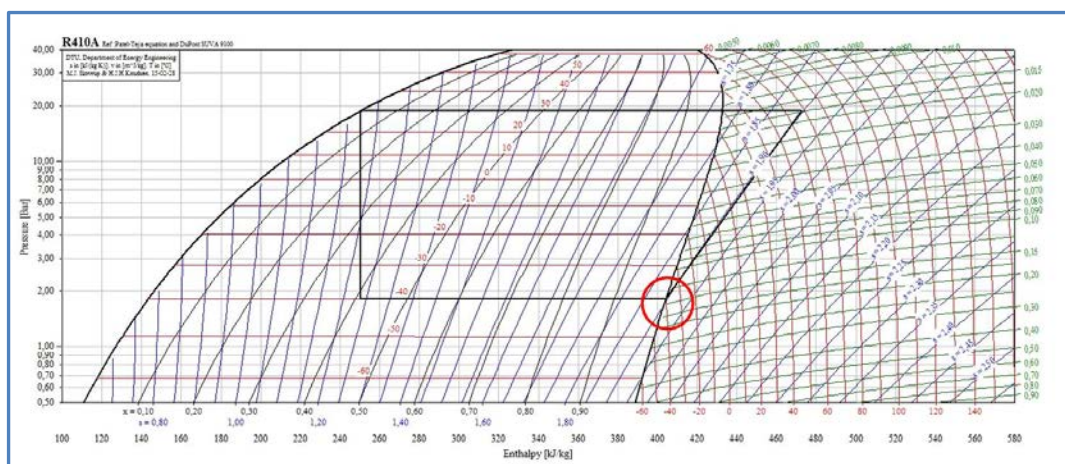


Figura 3

4.2.1.2 De expansión seca sobresaturado

Si una vez el vapor ha alcanzado las condiciones de saturación continúa dentro del intercambiador, absorbiendo **calor sensible**, aumenta su temperatura, saliendo del evaporador en estado de **vapor sobrecalentado**.

¿Sabrías situar ahora el punto de salida del evaporador en el diagrama entálpico?

El vapor sobrecalentado estará situado ahora fuera de la línea de saturación, en la zona de vapor a la presión de saturación. Su temperatura corresponderá a la de la línea isoterma que pase por el punto (Figura 4).

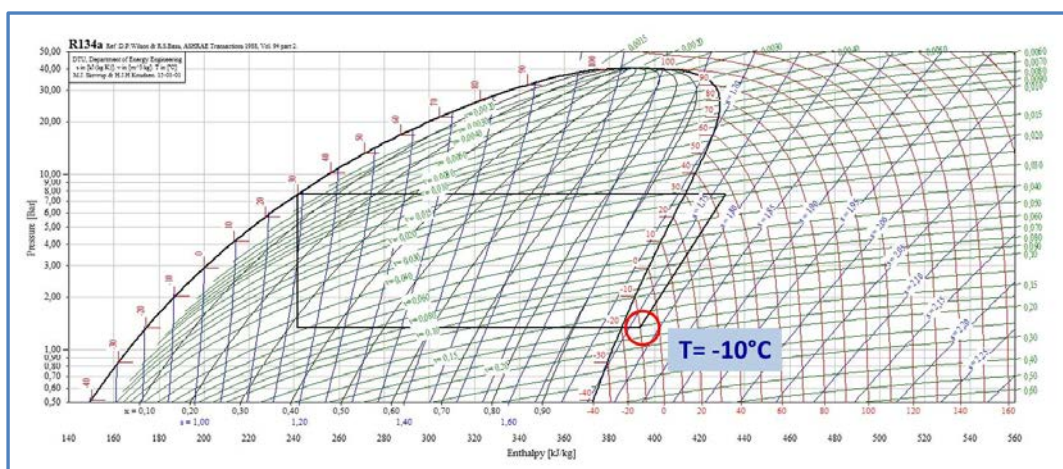


Figura 4

¿Cuáles son las diferencias fundamentales con los evaporadores de expansión directa?

- Aumenta el efecto útil en la instalación y por tanto el sistema es **más eficiente**.
- Sin embargo, la entalpía y la temperatura del vapor a la entrada y a la salida del compresor serán más altas. Por tanto, el compresor deberá ser más potente y robusto.
- El volumen del vapor aumenta (vapor sobrecalentado). Necesitaremos un evaporador y también un compresor más grandes.
- El condensador tendrá que eliminar mayor energía y por tanto tendrá que tener mayor superficie de intercambio.
- Estas tres condiciones implican un **mayor coste** de instalación.

Para aumentar la eficiencia energética en la instalación con un aumento de coste aceptable, es recomendable que el sobrecalentamiento no supere los 5 - 8°C

4.2.1.3 Evaporadores inundados

En los evaporadores inundados, **todo** el fluido refrigerante entra en el evaporador en estado **líquido**, regulándose la alimentación del mismo mediante una válvula de flotador, que mantiene constante el nivel de líquido en el evaporador.

Parte del líquido que asciende por los tubos se evapora como consecuencia de la absorción de calor latente de vaporización. La mezcla de líquido más vapor a la salida del evaporador se separa en el depósito separador, que envía el líquido de nuevo al evaporador y el vapor saturado seco al compresor (Figura 5).

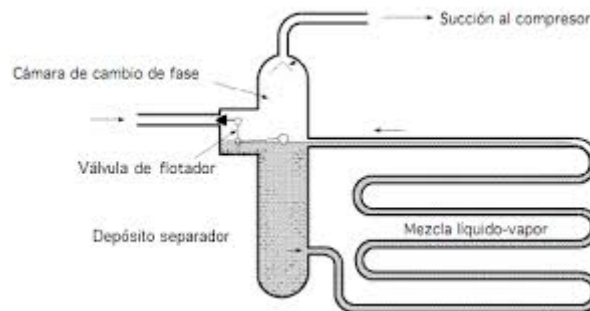


Figura 5. Evaporador inundado

Con este tipo de instalación nos aseguramos que en el compresor no entre fluido en estado líquido, cosa que provocaría el mal funcionamiento del mismo y posteriores averías.

¿Cuáles son las diferencias fundamentales con los evaporadores anteriores?

- La **velocidad de transmisión de calor** es más **elevada**, puesto que la superficie de transferencia del evaporador siempre está en contacto con fluido refrigerante en estado líquido (mayor coeficiente de transmisión de calor).
- El caudal volumétrico que circula por el evaporador será más pequeño puesto que no circula vapor producido en la laminación. Por tanto, el **tamaño del evaporador** será **menor**.
- Al estar todo el evaporador lleno de líquido y ser necesario un depósito separador, la cantidad de fluido frigorígeno en el circuito aumenta. Esto **aumenta el volumen de la instalación y los costes**.

¿Dónde situaríamos ahora los puntos de entrada y salida del evaporador en el diagrama entálpico?

Ten en cuenta ahora que entre los puntos 4 (salida de la válvula de laminación) y 1 (entrada al compresor) de la Figura 2, tendremos un punto 4' correspondiente al fluido refrigerante en estado líquido que entra en el evaporador (Figura 6).

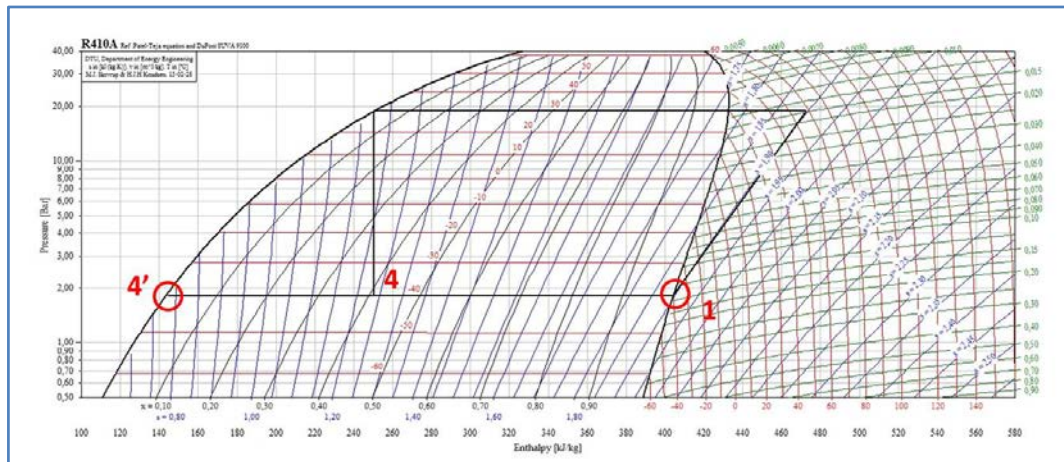


Figura 6

4.2.2 Según la geometría

4.2.2.1 Evaporadores de tubos

Para enfriar **aire** se suelen utilizar intercambiadores de tubos de acero inoxidable, cobre o aluminio unidos mediante codos formando un serpentín plano.

El movimiento del aire a enfriar en contacto con los tubos puede ser por convección natural, como en los evaporadores domésticos (Figura 7) o convección forzada, impulsado por ventiladores (Figura 8).

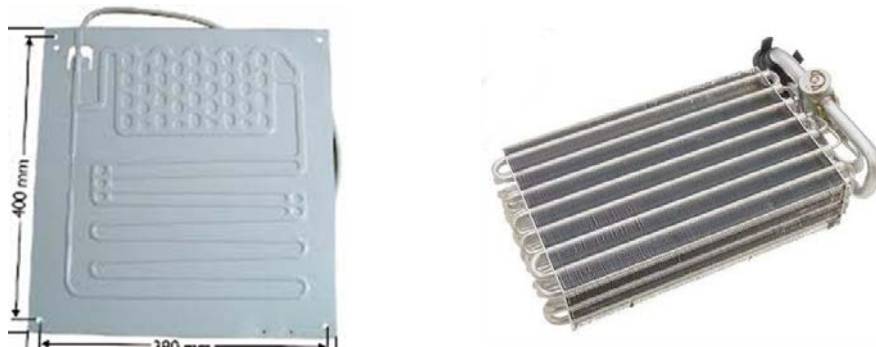


Figura 7. Evaporadores domésticos

¿Sabrías localizar dónde está el evaporador en el refrigerador de tu casa?

¿y en el sistema de aire acondicionado?

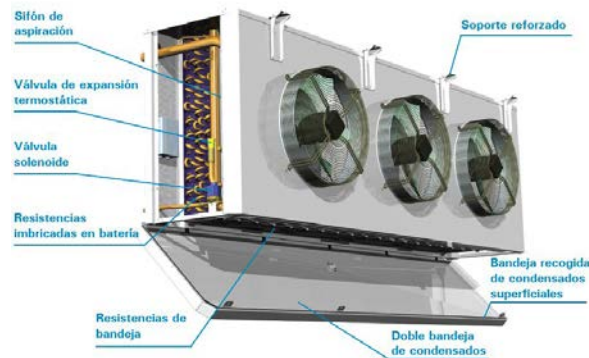


Figura 8. Evaporador convección forzada (<http://www.intarcon.com>)

Generalmente, sobre los tubos se colocan placas metálicas o aletas (evaporadores aleteados). Las aletas aumentan el área superficial externa del intercambiador, mejorándose la eficiencia para enfriar el aire.

Para enfriar **líquidos**, encontramos dos tipos de evaporadores de tubos:

- a) Evaporadores de carcasa y tubos: en ellos el fluido refrigerante circula por los tubos y el fluido a enfriar circula por la carcasa (Figura 9).

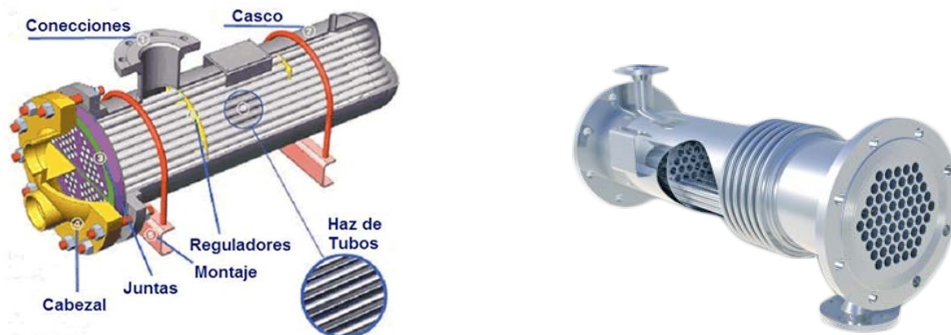


Figura 9. Evaporador de carcasa y tubo (<http://www.thermecs.co/>)

- b) Evaporadores de inmersión o serpentín: el tubo por donde circula el fluido refrigerante se sumerge en el líquido a enfriar (Figura 10).



Figura 10. Evaporador de serpentín (http://www.golderos.com/c_serpentines-circulares_12.html)

4.2.2.2 Evaporadores de placas

El refrigerante circula entre dos placas y el fluido a refrigerar (**gas o líquido**) circula entre las dos placas adyacentes, usualmente a contracorriente (Figura 11).

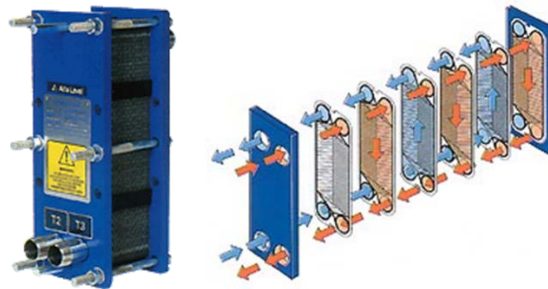


Figura 11. Evaporador de placas

5 RESUMEN

En esta unidad hemos aprendido que:

- El evaporador es el elemento del circuito que proporciona el enfriamiento "útil".
- Trabaja a presión constante (presión de baja en el circuito)
- En él se evapora el fluido frigorígeno tomando del medio que le rodea calor latente de vaporización (vapor saturado) y en algún caso también calor sensible (vapor sobrecalentado).
- En función de las condiciones de salida del vapor clasificamos los evaporadores como de expansión directa (el vapor a la salida está saturado), de expansión directa con sobrecalentamiento (el vapor sale sobrecalentado) o inundados (en el evaporador siempre circula una proporción de líquido que no se evapora).
- En función de su geometría clasificamos los evaporadores en tubulares o de placas.

6 Bibliografía

Amigo Martín P. "Tecnología del frío y frigoconservación de alimentos". Ed. AMV Ediciones, 2005. ISBN: 9788489922426.

Koelet P. C. "Frío industrial fundamentos: diseño y aplicaciones" Ed. A. Madrid Vicente, 2002. ISBN: 9788487440977

Sánchez Pineda de las Infantas, M.T. "Ingeniería del frío, teoría y práctica". Ed. A. Madrid Vicente, 2001. ISBN: 9788471148834

Torrella Alcaraz, E. "Frío industrial: métodos de producción" Ed. A. Madrid Vicente, 2010. ISBN: 9788496709331.

Wang, Shan K. "Handbook of air conditioning and refrigeration". Ed. McGraw-Hill Education, 2000. ISBN: 9780070681675