

EVAPORADORES

El evaporador es la parte del sistema frigorífico en el que el refrigerante se vaporiza, es decir el refrigerante entra en estado líquido en el evaporador a baja presión, y en consecuencia también a baja temperatura.

Como el medio que le rodea está a una temperatura superior, existe una cesión de calor que proviene del ambiente, la cual será absorbida por el fluido refrigerante para poder así llevar a cabo su cambio de estado de líquido a vapor.

En una instalación frigorífica, una parte del calor absorbido por el evaporador, es utilizado para bajar la temperatura del aire (calor sensible), otra parte para condensar y transformar en escarcha el vapor de agua del aire (calor latente). Este vapor de agua proviene de la evaporación de los géneros almacenados y de la humedad del aire exterior entrado por filtración y abertura de puertas.

La cantidad de calor que es capaz de absorber el evaporador depende de:

- **El coeficiente global de transmisión**, que disminuye con la suciedad, el aceite que arrastra el refrigerante por el interior de las tuberías y la escarcha que se haya acumulado sobre la superficie del tubo
- **La superficie del evaporador**. A mayor tamaño, mayor cantidad de calor
- **La diferencia de temperatura** entre la del medio a enfriar y la de evaporación. A mayor salto de temperatura, mayor cantidad de calor.

Los evaporadores se pueden clasificar en función del cometido que se le asigne, es decir:

- Evaporadores para enfriamiento de aire.
- Evaporadores para enfriamiento de líquidos.

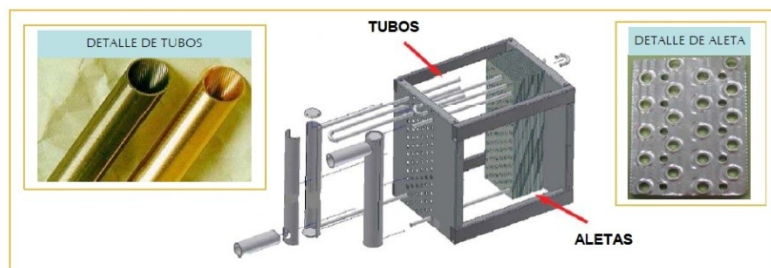
Nosotros sólo vamos a estudiar los evaporadores para enfriamiento de aire.

EVAPORADORES ESTÁTICOS DE TUBO Y ALETAS (Circulación natural)

Están formados por un serpentín de tubería de cobre la cual se le aplican aletas de aluminio para aumentar así la superficie de transmisión del propio tubo.

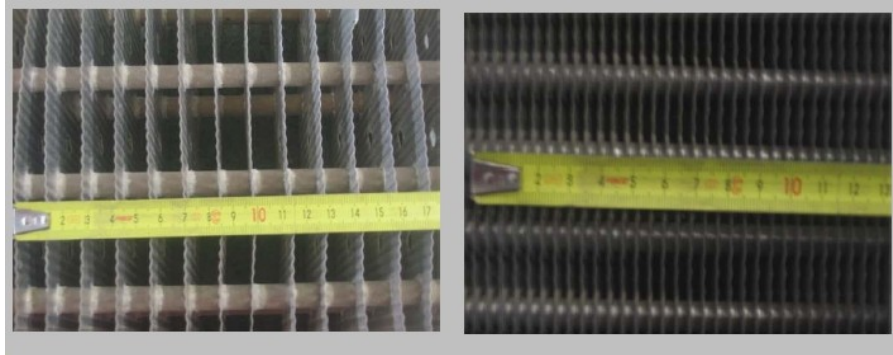
A la superficie de los tubos se la llama primaria y a la de las aletas secundaria. Los tubos van colocados al tresbolillo para mejorar la transmisión térmica.

Estas aletas deben estar separadas entre sí convenientemente, a fin de que entre ellas se establezca una adecuada circulación de aire evitando la formación de escarcha entre las mismas, ya que de lo contrario ésta actuaría como aislante y se impediría la perfecta absorción de calor. Las aletas van soldadas en el tubo o bien se colocan en el tubo y a continuación conseguir la expansión del tubo.



La distancia entre aletas depende de la aplicación a la que sirva el evaporador. Así, cuando la separación de aletas es muy pequeña, la formación de escarcha puede dificultar la circulación del aire, disminuyendo el rendimiento del evaporador.

¿Cuál de los dos evaporadores sirve para aplicaciones de baja temperatura?



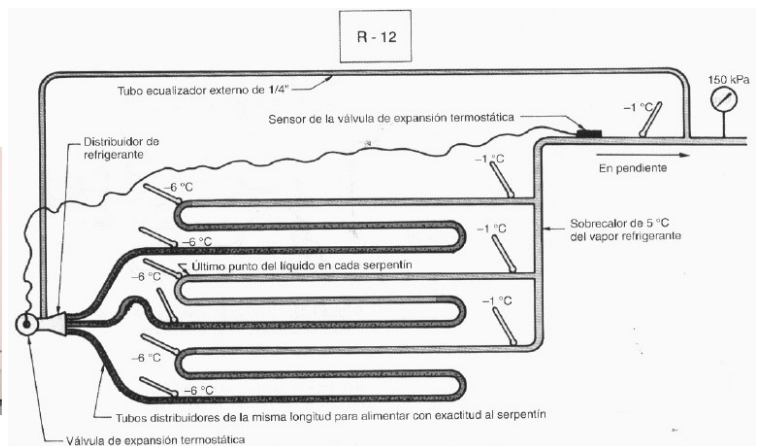
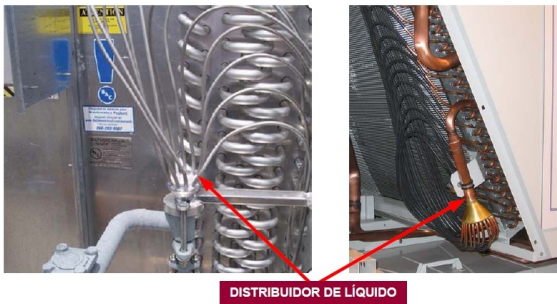
EVAPORADORES CON TIRO DE AIRE FORZADO

Con este tipo de evaporador se consiguen temperaturas más uniformes en el interior de la cámara, debido a la rápida circulación del aire por la acción de los ventiladores.



DISTRIBUIDOR DE LÍQUIDO

Cuando la relación entre la longitud del tubo y su diámetro interior es muy elevada, los evaporadores se construyen dividiéndolo en varios circuitos en paralelo, con lo que es necesario realizar la alimentación por medio de un distribuidor de líquido como los de la foto. Con ésto se minimizan las pérdidas de presión a lo largo del evaporador.

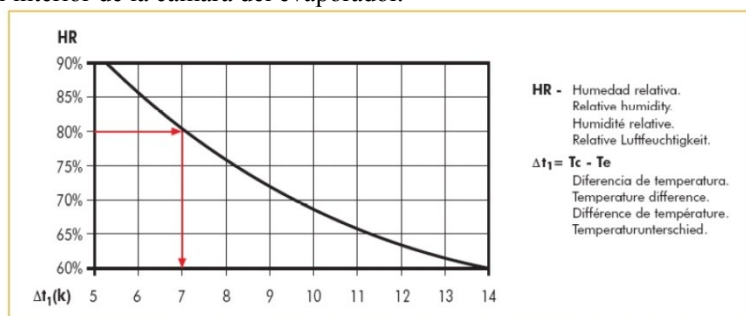


DIFERENCIA ENTRE LA TEMPERATURA DEL AIRE Y LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN

Uno de los factores que influyen en la cantidad de calor que pueden absorber los evaporadores es la diferencia de temperatura entre el espacio a refrigerar y la temperatura de evaporación.

TIPO DE APLICACIÓN	TEMPERATURA DEL AIRE A LA ENTRADA	TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN DEL REFRIGERANTE
Aire acondicionado	20 a 40 °C	3 a 11 °C
Cámaras de fresco	0 a 5 °C	-10 a -1 °C
Cámaras de congelados	-30 a -20 °C	-35 a -25 °C

La diferencia de temperatura viene determinada por la humedad relativa que tiene el aire que se pretende enfriar, y cuyo valor es necesario mantener en el interior de la cámara del evaporador.



En el diagrama anterior se puede observar que cuanto mayor sea la humedad relativa, menor será el salto de temperatura y, consecuentemente, mayor será la superficie del evaporador. Esto es debido a que cuando el salto térmico es muy grande la temperatura de evaporación es muy baja (menor que la temperatura de rocío del aire), y por tanto, al pasar el aire por el evaporador, el vapor de agua contenido en él se condensa disminuyendo la humedad relativa del aire.

MANTENIMIENTO DE LOS EVAPORADORES

El inconveniente de los evaporadores es que el agua contenida en el aire se condensa y se congela sobre la superficie de los tubos para formar **hielo y escarcha**. Cuanto menor es la temperatura del evaporador mayor es la velocidad de formación de escarcha. Por supuesto no se tiene formación de escarcha en aquellos evaporadores donde la temperatura de trabajo es superior a 0° C.

La escarcha es mala conductora del calor por lo que la velocidad de transferencia de calor desde el espacio refrigerado hacia el refrigerante se reduce. Esto provoca que la temperatura de evaporación del refrigerante sea cada vez más baja por lo que se formará más escarcha lo que hace más difícil que entre en calor desde el exterior. De esta manera, se reduce la capacidad frigorífica del evaporador.

DESESCARCHE DEL EVAPORADOR

Cuando comienza el proceso de formación de hielo, lo primero que se produce es escarcha en la superficie de los tubos y aletas. La escarcha está formada por una multitud de cristales que incrementan forma sustancial la superficie de intercambio de calor, y en un principio mejoran la transmisión de calor.

Posteriormente, según aumenta el volumen de escarcha acumulado, disminuye drásticamente la velocidad del aire a través de las aletas perdiéndose potencia frigorífica. Esto afecta al funcionamiento del evaporador disminuyendo la transmisión de calor del exterior del evaporador al interior. Por un lado el hielo se coloca sobre el tubo y aletas del evaporador como si de un aislante térmico tratase, y por otro lado ocupa un volumen junto a las aletas reduciendo la sección de paso del aire, con lo cual se reduce el caudal aire a través del evaporador

Claramente puede verse que estos dos fenómenos reducen la transmisión frigorífica y reducen la capacidad de intercambio térmico en el evaporador. Además el proceso de formación de hielo es acumulativo, lo cual hace que si no se evita, con el tiempo el evaporador se bloquee de hielo. En consecuencia se deduce que es necesario eliminar el hielo del evaporador de forma periódica. El proceso de eliminación de hielo de un evaporador es lo que en términos frigoríficos se conoce como desescarche.



de

se

de

Cuando la temperatura de evaporación es bastante inferior a cero grados, el proceso de formación de escarcha y nieve casi no se manifiesta y se produce directamente hielo denso.

Es importante no olvidar que el evaporador tiene una bandeja en la parte inferior para recoger el agua condensada, la cual debe salir los desagües de agua. Se debe evitar que las tuberías de agua de salida de las bandejas y el agua retenida en las mismas pueda congelarse.

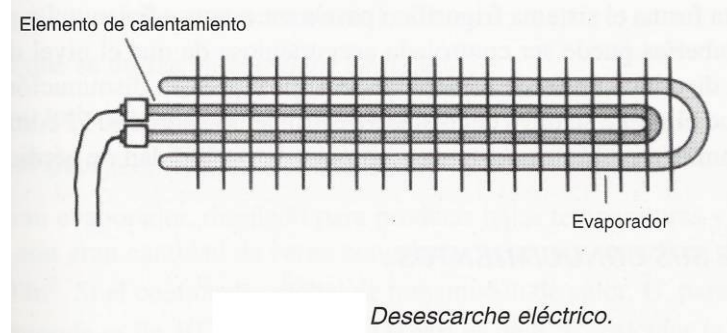
La escarcha que se produce sobre los evaporadores debe ser eliminada periódicamente mediante el proceso que se denomina **desescarche**. En los pequeños frigoríficos domésticos, el desescarche se consigue desconectando el aparato durante un período suficiente para que se descongele el hielo. Esta escarcha debe ser cuidadosamente eliminada con el fin de conseguir un proceso rápido para que los alimentos no se deterioren.

En los sistemas frigoríficos grandes se utilizan otros métodos para el desescarche. Uno de estos métodos consiste en rociar agua caliente sobre la escarcha. Otro consiste en utilizar evaporadores con resistencias dispuestas en el interior de estos equipos. Un tercer método consiste en utilizar el vapor que se tiene en el tramo de descarga del compresor.

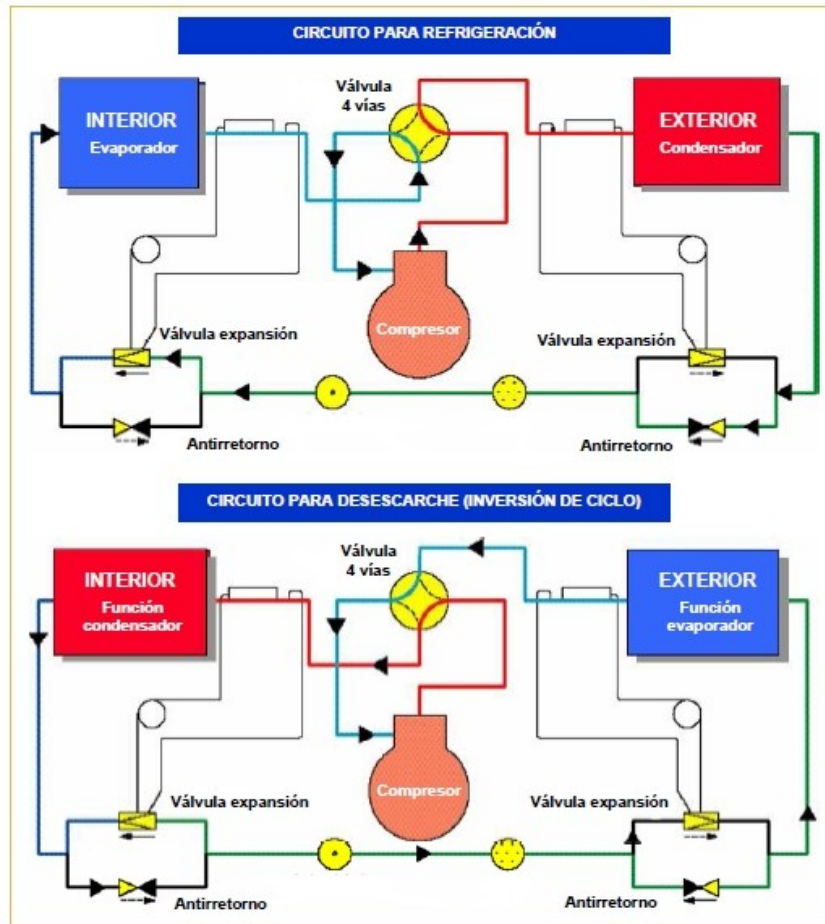
Los fabricantes suelen determinar los períodos de desescarche, en general cuanto más baja es la temperatura mayor será la frecuencia de desescarche.

Métodos de desescarche

- **Desescarche con agua:** Se pulveriza agua sobre el evaporador. Una vez finalizado el desescarche, la máquina no puede volver a ponerse en marcha hasta que no haya terminado de gotear el agua del desescarche.
- **Desescarche con aire:** se hace con aire de la propia cámara en las cámaras con temperatura positiva, acelerándose el proceso poniendo en marcha los ventiladores del evaporador o con aire que circula en circuito cerrado calentado por una batería de resistencias en cámaras de temperatura negativa.
- **Desescarche eléctrico:** Se procede cerrando la línea de líquido y se para el compresor cuando se haya extraído todo el refrigerante del evaporador. Luego se conecta la resistencia y el calentamiento elimina la escarcha. Luego se pone de nuevo todo el sistema en marcha. Este proceso se puede realizar de forma manual ó automática utilizando un programador.

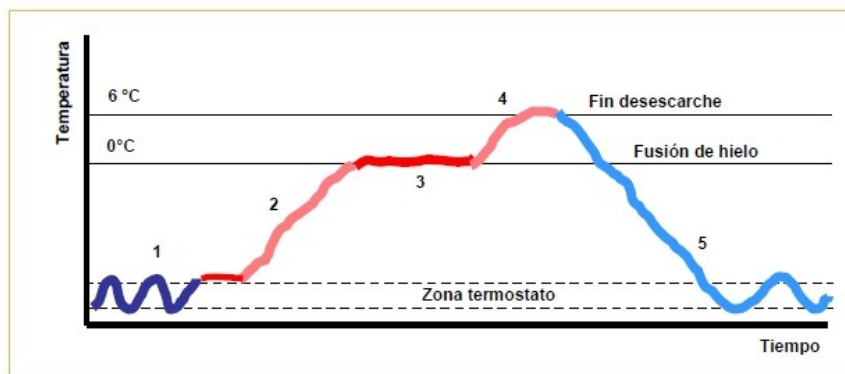


- **Desescarche por inversión de ciclo:** se invierte el ciclo durante el desescarche, de tal forma que el evaporador pasa a ser el condensador y viceversa.



- **Desescarche por gas caliente:** consiste en descargar directamente los gases comprimidos en el compresor.

Independientemente del procedimiento utilizado, el ciclo de desescarche lo podemos resumir en estas 5 etapas de la figura siguiente:



- Zona 1: la máquina se encuentra a la temperatura correspondiente a la regulación del termostato
- Zona 2: comienza el aporte de calor.
- Zona 3: la escarcha comienza a fundirse
- Zona 4: la temperatura continúa aumentando hasta alcanzar unos 6°C aproximadamente, tras lo cual podremos suponer que se ha eliminado toda la escarcha
- Zona 5: recuperación de la temperatura de la cámara.

CONDENSADORES

Su misión consiste en condensar o licuar (convertir en líquido) el gas que le llega procedente del compresor. El gas que entra en el condensador a alta presión y alta temperatura, procedente del compresor, llega a este con el calor tomado en el evaporador, más el calor debido a la compresión. Mediante una corriente de aire o de agua (medio condensante), se le quita este calor total y lo convertimos en líquido (lo condensamos). De ahí el nombre de este aparato.

La transformación del vapor en líquido (condensación), se hace dentro del condensador en tres tiempos:

1º.- Se enfría el vapor recalentado por el compresor. Por ejemplo de 55°C a 45°C (calor sensible).

2º.- Se condensa el líquido (calor latente).

3º.- Se subenfía el líquido condensado (calor sensible)

Es importantísimo en las instalaciones pequeñas que no tienen recipientes, cuidar la carga de refrigerante para que esta sea exacta, ya que una sobrecarga haría que el refrigerante ocupara las últimas vueltas del condensador, reduciéndose la superficie efectiva del mismo, y provocando una mala condensación y un exceso de presión en el lado de alta.

TIPOS DE CONDENSADORES

Probablemente la *clasificación* más relevante de este tipo de intercambiador se refiere al fluido con el que el gas a condensar interactúa, dando lugar a clásicamente tres tipos de condensadores:

- **condensadores enfriados por aire o condensadores remotos**, básicamente un haz de tubos dentro del cual transcurre el gas a condensar, y enfriado con mayor o menor velocidad con un ventilador de tiro inducido o forzado. Tienen una construcción similar a la de los evaporadores con una separación entre aletas mucho menor debido a que no se forma escarcha en ellos.
- **condensadores enfriados por agua**, en el cual el gas condensa sobre la *superficie externa de los tubos* por los que se hace circular internamente agua de enfriamiento.
- **condensadores evaporativos**, en el cual el serpentín o banco de tubos está regado/rociado permanentemente (al menos esa es la intención) evaporándose una fracción del caudal circulado mediante el auxilio de ventiladores lo que tiene como resultado la condensación del refrigerante sobre la pared *interior de los tubos*.

Condensadores enfriados por aire

- **Convección natural:** La cantidad de aire que circula por éstos es muy pobre, por lo que requiere una superficie de condensación relativamente grande. Esto los limita a aplicaciones de tamaño reducido, principalmente en congeladores y refrigeradores domésticos. Estos comúnmente son de superficie plana o de tuberías con alambres, y generalmente están instalados en la parte posterior del gabinete del equipo, de manera que forman un conducto o chimenea para que haya una buena circulación de aire a través del condensador.



Independientemente de donde este localizado el condensador, es necesario que el refrigerador este colocado de manera que permita una libre circulación de aire por el condensador. Varios congeladores y refrigeradores domésticos utilizan su superficie externa como parte del condensador, disposición que economiza espacio que normalmente ocuparía otro tipo de condensador

- **Convección forzada:** Estos son generalmente o de tubos con aletas. Utilizan uno o más ventiladores para forzar el aire a pasar por él. Son utilizados de dos tipos:

Cuando el condensador se instala en el exterior, se puede montar sobre el piso, el techo o sobre un muro, siendo más popular, la instalación sobre el techo. En cualquiera de los casos, al instalar este tipo de condensador, hay que tener en cuenta los vientos dominantes de manera que el condensador quede orientado a favor del viento y la dirección de éste ayude en la acción de los ventiladores y no que la retarde.

Condensadores enfriados por agua

Estos condensadores son diseñados para hacer que el agua al hacer contacto con su superficie le retire calor y así poder hacer que el refrigerante rechace calor y se condense. En la aplicación común implica una elevación en la temperatura del agua de 10°F a través del condensador.

Existen dos métodos utilizados:

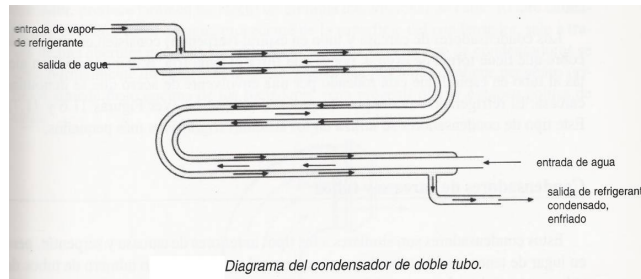
1. Sistemas de agua por desperdicio: en estos sistemas la fuente de agua proviene de ríos, quebradas, lagos, cualquier otro cuerpo de agua y del sistema de acueducto. Luego de circular el agua por el condensador, el agua es devuelta al alcantarillado.

2. Sistemas de agua recirculada: en estos, el agua que abandona el condensador es llevada mediante bombas y tubos a unas torres de enfriamiento donde se le reduce la temperatura para volver a utilizarla.

Tipos de condensadores enfriados por agua

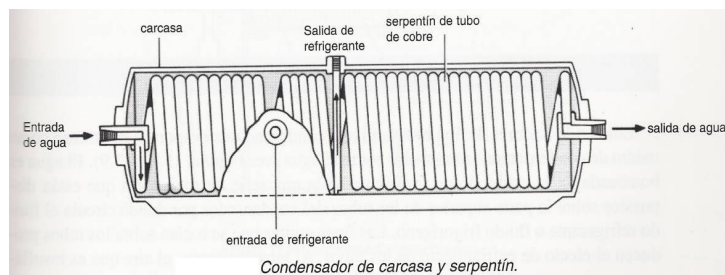
a) Condensador de doble tubo.

Como su nombre lo indica, este condensador consiste en dos tubos, uno dentro del otro. Por el tubo interno circula agua en una dirección, y por el externo, el refrigerante en dirección opuesta. Este contra flujo se hace para lograr una mejor transferencia de calor, y con esta disposición se logra determinada cantidad de enfriamiento por aire además de la lograda por agua.



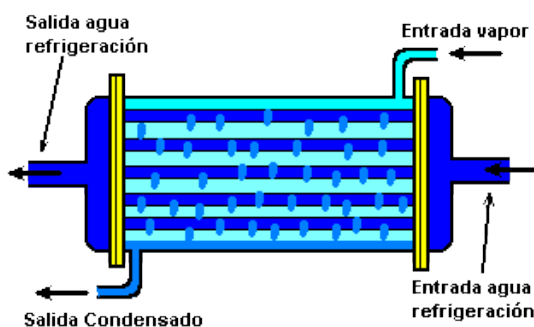
b) Condensador de carcasa y serpentín.

Están contruidos de uno o más serpentines de tubos desnudos o con aletas, encerrados en una cubierta de acero soldada. El agua de condensación circula por el interior del serpentín mientras que el refrigerante gaseoso entra por la parte superior de la cubierta, y al ponerse en contacto con los serpentines, le cede el calor y se condensa. El refrigerante líquido cae al fondo de la cubierta que hace de receptor.



a) Condensador de cubierta o carcasa y tubo.

Consiste de una cubierta de acero por la cual corren tubos de cobre rectos. Las tapas de la cubierta son removibles para poder limpiar los tubos. Por los tubos circula agua y por la parte superior de la cubierta entra el refrigerante gaseoso. El refrigerante se pone en contacto con los tubos y le cede su calor al agua que circula por ellos, condensándose. Estos condensadores pueden ser desde dos hasta cientos de toneladas de refrigeración.

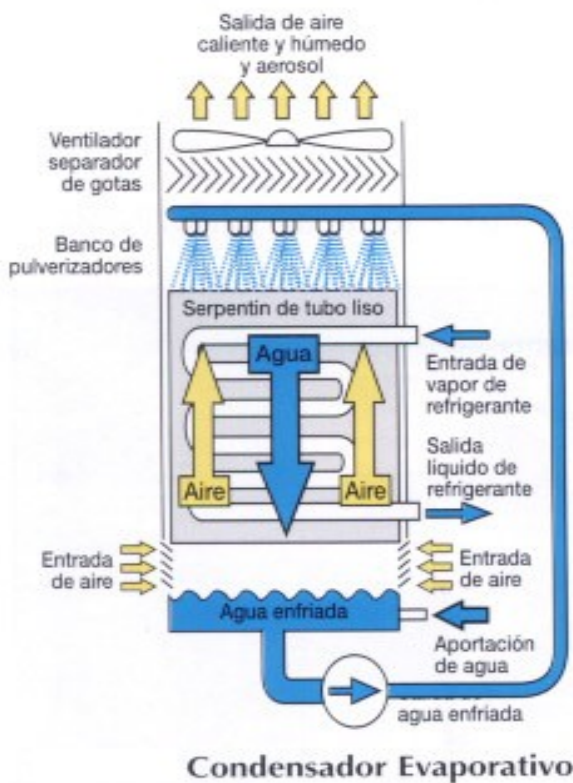


CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Este tipo de condensador es una combinación de condensador y torre de enfriamiento. En él se emplea tanto aire como agua. El agua es bombeada hacia arriba desde un tanque hasta una serie de rociadores o boquillas de atomización situadas en la Máquinas y Equipos Térmicos

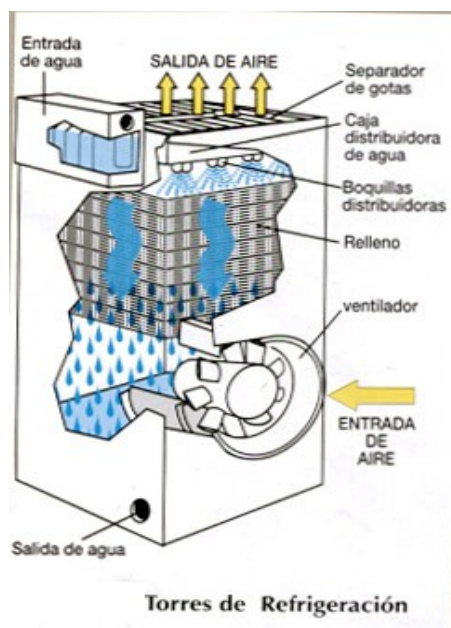
parte superior de los tubos del condensador por donde circula el fluido refrigerante. Las finas gotitas que se rocían sobre los tubos producen el efecto de enfriamiento de los tubos. Al mismo tiempo, el aire que es insuflado en el interior del condensador por medio del ventilador y que pasa sobre el condensador, produce un también un efecto de eliminación adicional de calor. Parte de ese agua se evapora, de donde grandes cantidades de aire son movidas por uno o más ventiladores y le extraen calor al vapor de agua el cual se condensa y cae sobre el depósito para volver a ser utilizada. El separador de gotas, que es una placa que contiene pequeños orificios esta situada encima de los rociadores para prevenir que se escapen gotitas de agua.

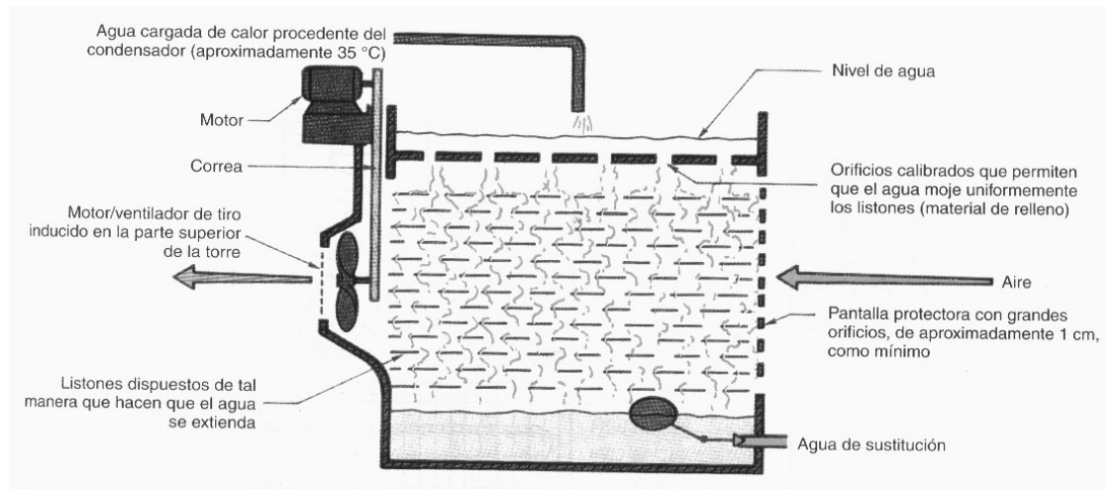
La principal desventaja del condensador evaporativo es su mantenimiento, donde se pueden formar costras o incrustaciones sobre la superficie del condensador si se utilizan aguas duras. Estos depósitos son muy malos conductores del calor por lo que disminuye la eficiencia del condensador. Debido a este problema no se utilizan mucho los condensadores evaporativos, se utilizan los condensadores enfriados por agua combinados con torres de refrigeración.



Torre de enfriamiento

Artefacto utilizado para la preservación del agua utilizada en sistemas de condensación con agua recirculada, donde el agua que sale del condensador se le reduce la temperatura para volver a utilizarse. Las hay de convección natural o de convección forzada, siendo ésta última la más utilizada.





MANTENIMIENTO DE LOS CONDENSADORES

Los condensadores enfriados por aire, que trabajan por convección natural, necesitan poco mantenimiento pero aquellos que son de superficie aleteada necesitan ser inspeccionados periódicamente porque se produce acumulación de grasa y polvo. Esa acumulación de grasa y polvo tendrá dos efectos.

El aire no podrá moverse libremente a través de la superficie aleteada, por lo que el calor no se transferirá por convección adecuadamente, y la conducción a través de las paredes del condensador se verá reducida debido a que tanto el polvo como la grasa son malos conductores del calor. El polvo se eliminado con un cepillado mecánico o por aire comprimido.

La grasa y polvo también se pueden eliminar con productos o fluidos de limpieza, como el queroseno o parafina, pero deja una fina capa sobre el condensador y por lo tanto no es aconsejable. Se suele utilizar productos de limpieza especiales.

Los condensadores enfriados por agua tienden a formar depósitos de cal en los tubos situados en la parte superior que reciben el vapor sobrecalentado de la línea de descarga, ya que están a mayor temperatura. La cal es mala conductora del calor por lo que refrigerante no puede transferir su calor al agua de forma adecuada. Los condensadores enfriados por agua y los de tipo evaporativos deben ser descalcificados aproximadamente cada seis meses.

MANTENIMIENTO DE LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN

Recientemente se ha sugerido que la bacteria Legionella existe en el agua de algunas torres de enfriamiento. La bacteria forma fangos y bloquea las boquillas de agua igual que lo hacen las algas. La Legionella causa la enfermedad del legionario. Este problema se evita manteniendo el agua limpia y libre de suciedad, cal e impurezas.

Se deben aplicar tratamientos químicos al agua que controlen el crecimiento de las bacterias.