

OCTUBRE 2025

LAVADORES DE AIRE



Los equipos que funcionan con el concepto de enfriamiento evaporativo, tienen las siguientes ventajas operativas:

- Ahorro sustancial de energía y costos.
- Reducción de la demanda máxima de energía.
- Mejora de la calidad del aire interior.
- Rentabilidad a lo largo de la vida útil.
- Fácil integración en sistemas prefabricados.
- Para la misma cantidad de enfriamiento, se evapora menos agua que con el aire acondicionado convencional.
- Amplia variedad de tamaños constructivos disponibles.
- Proporciona humidificación a los espacios.
- Reducción de las emisiones contaminantes.
- No usa refrigerantes.
- Funcionamiento más silencioso.

Los enfriadores evaporativos directos, los purificadores de aire, los enfriadores evaporativos indirectos, los condensadores evaporativos y las torres de enfriamiento intercambian calor sensible por calor latente. Estos equipos se dividen en dos categorías generales:

①

Enfriamiento de aire

②

Disipación de calor.

Dentro de los equipos de **enfriamiento de aire**, La evaporación adiabática del agua proporciona el efecto de enfriamiento del aire acondicionado evaporativo.

En el enfriamiento evaporativo **directo**, el agua se evapora directamente en la corriente de aire, reduciendo la temperatura de bulbo seco del aire y aumentando su nivel de humedad. Los equipos de evaporación directa enfrían el aire por contacto directo con el agua, ya sea mediante un material con una superficie húmeda extendida o con una serie de pulverizaciones.

En el enfriamiento evaporativo **indirecto**, un flujo de aire secundario extrae calor del flujo de aire primario mediante un intercambiador de calor; el aire secundario se somete a un proceso de enfriamiento evaporativo directo, disminuyendo su temperatura y aumentando su humedad, transfiere energía térmica a la corriente de aire primaria, disminuyendo su temperatura pero manteniendo su humedad absoluta gracias al intercambiador de calor **Aire-Aire**. El enfriamiento evaporativo indirecto es de utilidad en lugares extremadamente húmedos y calientes.

OCTUBRE 2025

1. ENFRIADORES DE AIRE EVAPORATIVOS DIRECTOS

El aire pasa a través de paneles húmedos porosos o un sistema de aspersión de agua y su energía térmica sensible evapora parte del agua. La transferencia de calor y masa entre el aire y el agua produce un proceso adiabático que reduce la temperatura de bulbo seco a la vez que aumenta el contenido de humedad del aire (la temperatura de bulbo húmedo se mantiene constante). La temperatura de bulbo seco del aire casi saturado se aproxima a la temperatura de bulbo húmedo del aire ambiente.

La efectividad de la saturación es un factor clave para determinar el rendimiento del enfriador evaporativo.

El grado en que la temperatura del aire de salida de un enfriador evaporativo directo se aproxima a la temperatura de bulbo húmedo termodinámica, se denomina eficiencia de saturación y se calcula de la siguiente manera:

$$\varepsilon_e = 100 \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t'_s}$$

Donde: ε_e = Eficiencia de saturación de enfriamiento evaporativo directo, %
 t_1 = Temperatura de bulbo seco del aire **entrante**, °F
 t_2 = Temperatura de bulbo seco del aire **saliente**, °F
 t'_s = Temperatura termodinámica de **bulbo húmedo** del aire entrante, °F

Un panel húmedo eficiente (con alta eficiencia de saturación) puede reducir la temperatura de bulbo seco del aire hasta en un 95 % de la diferencia al bulbo húmedo (temperatura ambiente de bulbo seco menos temperatura de bulbo húmedo), un panel ineficiente y mal diseñado puede lograr una reducción de máximo un 50%.

Aunque el enfriamiento evaporativo directo es simple y económico, su efecto de enfriamiento no es aplicable para el confort en interiores cuando la temperatura ambiente de bulbo húmedo es superior a aproximadamente 21 °C; sin embargo, este enfriamiento es satisfactorio para aplicaciones de mitigación térmica (por ejemplo, invernaderos, enfriamiento industrial).

Los enfriadores evaporativos directos no deben recircular el aire interior; todo el aire debe salir al exterior por aberturas o sistemas de extracción.

Medios evaporativos fibrosos

Estos enfriadores contienen paneles evaporativos, generalmente de madera de “fibra Aspen” o una fibra/espuma plástica absorbente

Una **bomba de recirculación** de agua eleva el agua del sumidero a un sistema de distribución, y fluye a través de los paneles de regreso al sumidero.

Un **ventilador** en el enfriador aspira aire del exterior a través de los paneles evaporativos y lo suministra para enfriar el espacio. El ventilador descarga el aire a través de alguna de las caras del enfriador o a través del fondo del sumidero. Los enfriadores de aire compactos de medios fibrosos se fabrican como enfriadores portátiles pequeños (de 50 a 200 cfm), unidades de ventana (de 100 a 4500 cfm) y enfriadores estándar conectados a conductos (de 5000 cfm en adelante).

Cuando están limpios y bien mantenidos, los enfriadores de aire comerciales de medios fibrosos funcionan con una efectividad de aproximadamente el 80 % y reducen la concentración de partículas de 10 µm y más grandes en el aire. En algunas unidades, se añaden filtros suplementarios para reducir la cantidad de partículas en el aire suministrado cuando la unidad funciona con o sin circulación de agua. Los **paneles evaporativos** pueden tratarse químicamente para aumentar la humectabilidad. Se puede incluir un aditivo en las fibras para ayudarlas a resistir el ataque de bacterias, hongos y otros microorganismos.

Los enfriadores de medios fibrosos se diseñan usualmente para una velocidad de entrada de 100 a 250 pies por minuto (fpm) y una caída de presión de 0.1 pulg. de agua.

OCTUBRE 2025

Las fibras de Aspen, compactadas con un área de entrada de aproximadamente 0.3 a 0.4 lb/ft² (0.3 a 0.4 lb/ft²), se utilizan usualmente en espesores de 2".

Los paneles se montan en marcos de rejilla extraíbles, generalmente de acero galvanizado pintado o plástico moldeado. Los canales distribuyen el agua a los paneles. Una **bomba centrífuga** con entrada sumergida suministra agua a través de tubos que proporcionan un flujo uniforme a cada canal. Es importante que el motor de la bomba esté protegido térmicamente.

El **sumidero o tanque** de agua cuenta con una conexión de reposición de agua, una válvula de flotador, un tubo de rebose y un drenaje. Es importante proporcionar agua de purga o un vaciado programado del sumidero (o ambos) para evitar la acumulación de minerales, suciedad y el crecimiento microbiano.

El ventilador suele ser un ventilador centrífugo de curvatura hacia adelante, con motor y transmisión. La transmisión por correas en V puede incluir una polea de motor de paso ajustable para aumentar la velocidad del ventilador y aprovechar al máximo la capacidad del motor con una mayor resistencia al flujo de aire. La carcasa del motor puede ser a prueba de goteo, totalmente cerrada o semiabierta, diseñada específicamente para enfriadores evaporativos.



Enfriadores de aire de medio rígido

Para este caso, bloques de material corrugado conforman la superficie húmeda de los enfriadores de aire evaporativos. Los materiales para estos paneles incluyen celulosa, plástico y fibra de vidrio, tratados para absorber agua y resistir la intemperie. El medio es corrugado transversalmente para maximizar la mezcla de **aire y agua**. En la dirección del flujo de aire, la profundidad del medio suele estar entre 4" y 24" dependiendo del rendimiento térmico deseado. El medio se caracteriza por su baja resistencia al flujo de aire, alta saturación y capacidad de autolimpieza.

La velocidad de diseño estándar de un medio rígido es de 400 a 600 pies por minuto. La pérdida de presión estática para un panel de 4" pulgadas varía de 0,1 a 0,25 pulgadas de agua a nivel del mar.

Los enfriadores de aire por evaporación directa que utilizan este material pueden manejar hasta 600.000 cfm y pueden incluir un ventilador integrado. La efectividad de saturación varía del 70 % al 95 %, dependiendo del espesor del medio y la velocidad del aire. El aire fluye horizontalmente, mientras que el agua recirculante fluye verticalmente sobre las superficies del medio por gravedad desde un cabezal de inundación y una cámara de distribución de agua. El cabezal puede conectarse directamente a un suministro de agua presurizada para un funcionamiento de paso único (p. ej., turbinas de gas, salas blancas, centros de datos), o una bomba puede recircular el agua desde un depósito inferior construido con material resistente a la corrosión de gran espesor. El depósito también está equipado con conexiones de rebose y drenaje de flujo positivo.

El ventilador suele ser un ventilador centrífugo de curvatura hacia adelante, con motor y transmisión. La transmisión por correa trapezoidal puede incluir una polea de motor de paso ajustable para aumentar la velocidad del ventilador y aprovechar al máximo la capacidad del motor con una mayor resistencia al flujo de aire. La carcasa del motor puede ser a prueba de goteo, totalmente cerrada o semiabierta, diseñada específicamente para enfriadores evaporativos.



OCTUBRE 2025

2. ENFRIADORES DE AIRE EVAPORATIVOS INDIRECTOS

Enfriadores de Aire Evaporativos Indirectos

En estos enfriadores la corriente de aire que se ha sometido a un proceso de enfriamiento evaporativo directo se hace pasar por el lado frío de un intercambiador de calor **Aire-Aire**, este sistema directo tiene todos los componentes mencionados anteriormente (*bomba, control de nivel, ventilador, paneles de evaporación*)

El lado caliente del intercambiador es enfriado de forma sensible pero no incrementa su humedad, la aplicación más común para este sistema es en equipos de aire exterior dedicado (DOAS)

En los enfriadores evaporativos indirectos la eficiencia puede expresarse de la siguiente forma:

$$WBDE = 100 \frac{(t_1 - t_2)}{(t_1 - t'_s)}$$

Donde: WBDE = Eficiencia en la diferencia de bulbo húmedo, %

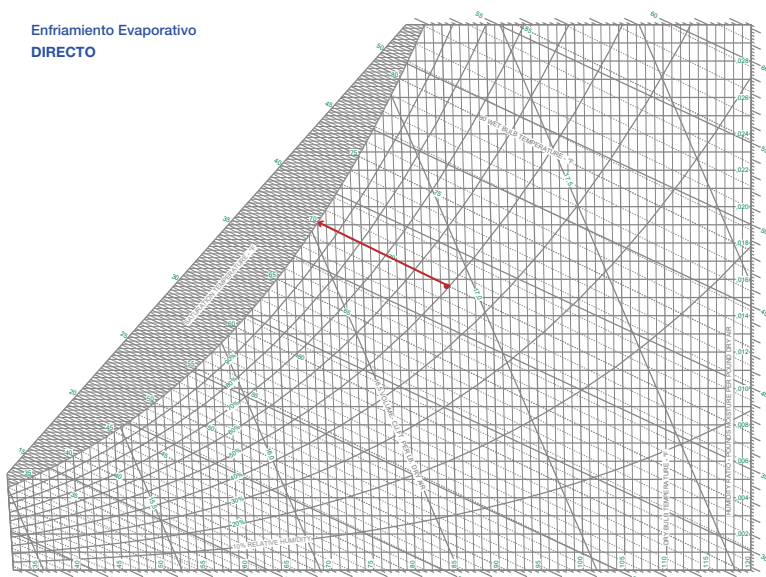
t_1 = Temperatura de bulbo seco del aire primario **entrante**, °F

t_2 = Temperatura de bulbo seco del aire primario **saliente**, °F

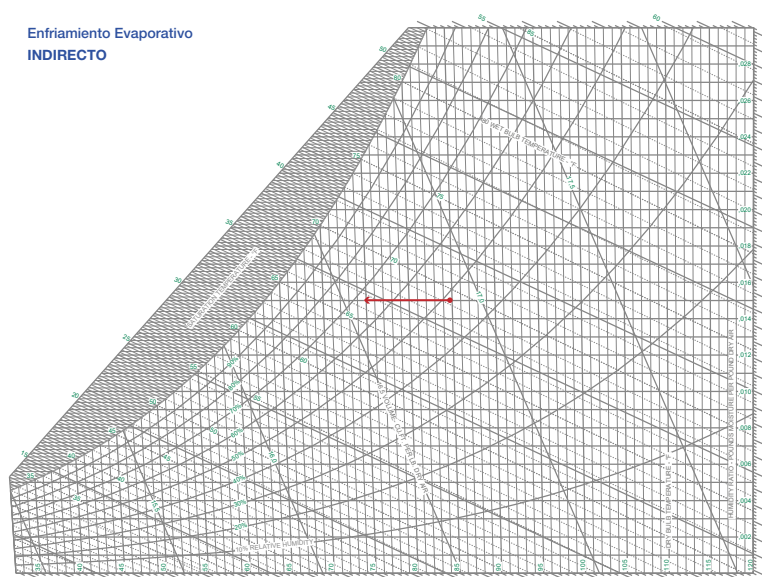
t'_s = Temperatura de bulbo húmedo del aire secundario entrante, °F

Las pérdidas de presión estática del lado de suministro de aire para estos intercambiadores de calor oscilan entre 0,25 y 0,75 pulgadas de agua. Las pérdidas de presión del flujo de aire del lado húmedo oscilan entre 0,4 y 0,9 pulgadas de agua. Las relaciones de flujo de aire secundario oscilan entre 1,5 y 1,0 hasta un mínimo de 1 cfm de aire exterior (OA) por 0,7 cfm de flujo de aire secundario. Cuanto mayor sea la relación entre el aire del lado húmedo y el aire seco, mayor será la WBDE, manteniéndose constantes todos los demás factores. Los índices de eficiencia energética de refrigeración (EER) para este tipo de intercambiador de calor oscilan entre 40 y 80. Estos equipos generalmente son más costosos que los enfriadores evaporativos directos.

Enfriamiento Evaporativo
DIRECTO



Enfriamiento Evaporativo
INDIRECTO





FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE ALTA CALIDAD

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO, TORRES DE ENFRIAMIENTO Y REPUESTOS

Miembros de:



Sitio web:



Redes sociales:



Cotiza:
ventas@glaciar.com.co



Escríbenos:
+57 301 709 1884



Llámanos:
(604) 448 87 74



Ubicados:
Cra. 54 #79 B Sur-15,
La Estrella, Antioquia