



Guías de Eficiencia Energética para la industria



54. Torres de enfriamiento en plantas de agua helada

En colaboración:



Agosto 2024



Torres de Enfriamiento

Autor: Eleazar Rivera Mata, Clúster Energético de Nuevo León/ASHRAE/ÉRGON

Descripción General

Las torres de enfriamiento son equipos utilizados para enfriar grandes volúmenes de agua mediante la extracción de calor por evaporación o conducción. Este proceso es más económico en comparación con otros métodos de enfriamiento. El agua se introduce en la torre a través de vertederos o boquillas, distribuyéndose en la mayor superficie posible para maximizar el contacto con el aire.

El enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, entra en contacto directo con una corriente de aire que fluye a contracorriente o a flujo cruzado. La temperatura del aire es menor que la del agua, permitiendo que el agua se enfríe mediante transferencia de masa (evaporación), lo que incrementa la temperatura y humedad del aire y reduce la temperatura del agua. Parte del agua se evapora, emitiendo más calor, visible como vapor encima de las torres.

Las torres de enfriamiento incluyen componentes como ventiladores, motores y sistemas de distribución de agua que aseguran la eficiencia del proceso de enfriamiento. Los componentes principales se dividen en material estructural, como el relleno y los eliminadores de desviación, y equipo mecánico, como los ventiladores y motores.

Cuándo y Dónde se Puede Aplicar

Las torres de enfriamiento son ideales para instalaciones industriales y comerciales con cargas térmicas constantes y significativas. Según la norma ASHRAE 90.1, se recomienda la recuperación de calor para el calentamiento de agua de servicio en instalaciones que operan 24 horas al día, con una capacidad total de rechazo de calor del sistema enfriado por agua superior a 6.000.000 Btu/h y una carga de diseño para calentamiento de agua de servicio que exceda 1.000.000 Btu/h.

Pros y Retos

Pros:

- ❖ **Eficiencia Energética:** Las torres de enfriamiento son eficientes en la conservación de agua y la reducción de costos operativos. Su funcionamiento es económico comparado con otros sistemas de enfriamiento.
- ❖ **Versatilidad:** Pueden integrarse en diversos procesos industriales y comerciales, ofreciendo soluciones para enfriar grandes volúmenes de agua.





- ❖ **Costo-Beneficio:** Ofrecen una solución más económica y eficiente en comparación con otros métodos de enfriamiento, como los intercambiadores de calor.

Retos:

- ❖ **Mantenimiento Regular:** Requieren mantenimiento periódico para evitar obstrucciones, corrosión y otros problemas que pueden afectar su rendimiento. La limpieza de componentes como los serpentines y el relleno es esencial. Es importante revisar y mantener en buen estado las correas, rociadores y portezuelas para evitar anomalías comunes.
- ❖ **Instalación Inicial:** La instalación puede ser compleja y costosa, especialmente en espacios limitados. Necesita planificación detallada y mano de obra especializada.
- ❖ **Condiciones Ambientales:** El rendimiento puede verse afectado por factores externos como la temperatura, la humedad y la dirección del viento. Las variaciones en el clima pueden influir en la eficiencia del enfriamiento.
- ❖ **Uso del agua:** La Tabla 1 muestra estimaciones mensuales de evaporación, drenaje y arrastre para operar esta torre de 400 toneladas a un supuesto de 75 horas/semana o 300 horas/mes. En esta tabla, se asume que la torre opera a un promedio del 60% de su capacidad nominal, o 240 toneladas de enfriamiento durante 300 horas por mes. Estos valores también asumen que la tasa de flujo de agua se reduce proporcionalmente utilizando un sistema de bombeo de velocidad variable. Dependiendo del sistema de tratamiento de agua utilizado, esta torre de enfriamiento podría estar enviando una corriente de desecho de drenaje que potencialmente contiene metales pesados, fosfatos y biocidas a un sistema de tratamiento de aguas residuales de propiedad pública (POTW). La mayoría de los sistemas POTW están diseñados para manejar solo desechos orgánicos; muchos de estos productos químicos de la torre de enfriamiento pasarán por el sistema sin tratamiento o serán liberados posteriormente como emisiones gaseosas en el POTW. Además, las emisiones de aire dañinas pueden resultar de los productos químicos de tratamiento del agua utilizados, nuevamente dependiendo del tipo de tratamiento del agua.





Tabla 1: Ejemplo de consumo de agua en operación de una torre de enfriamiento

	Flujo a Capacidad Nominal	Total/Mes (Asumiendo 60% Capacidad Media)
Evaporación	12 gpm (45.4 L/min)	129,600 gal (490,536 L)
Arrastre	0.012 gpm (0.05 L/min) (0.001%) 0.060 gpm (0.23 L/min) (0.005%)	130 gal (491 L) 648 gal (2,453 L)
Purga a Cuatro Ciclos	4 gpm (15.1 L/min)	43,200 gal (163,512 L)

Durante la vida útil del edificio, estas liberaciones podrían estar entre los impactos más significativos en el entorno local que el edificio causará. Este ejemplo resalta la magnitud de lo que puede suceder si no se aborda este problema.

Elementos Clave de Costos de Implementación

Costos Iniciales:

- ❖ **Material Estructural:** Incluye el costo de la carcasa de la torre, generalmente fabricada con resinas, fibra de vidrio o acero galvanizado. Los componentes estructurales, como el relleno y los eliminadores de desviación, suministran el área superficial necesaria para la transferencia de masa y calor. Es fundamental mantener el estado del galvanizado de la pintura o de la capa de resinas de protección, y reparar cualquier daño para prevenir la corrosión.
- ❖ **Componentes Mecánicos:** Los costos asociados con ventiladores, motores y sistemas de distribución de agua. Los ventiladores pueden ser de tiro inducido o forzado, dependiendo de su ubicación en la torre. Es esencial proteger los ventiladores centrífugos para evitar la entrada de residuos que puedan obstruir su funcionamiento.
- ❖ **Instalación:** Gastos relacionados con la instalación del equipo, incluyendo la mano de obra y el tiempo necesario para la puesta en marcha. La instalación puede requerir la intervención de diversos especialistas, como electricistas y técnicos de HVAC.



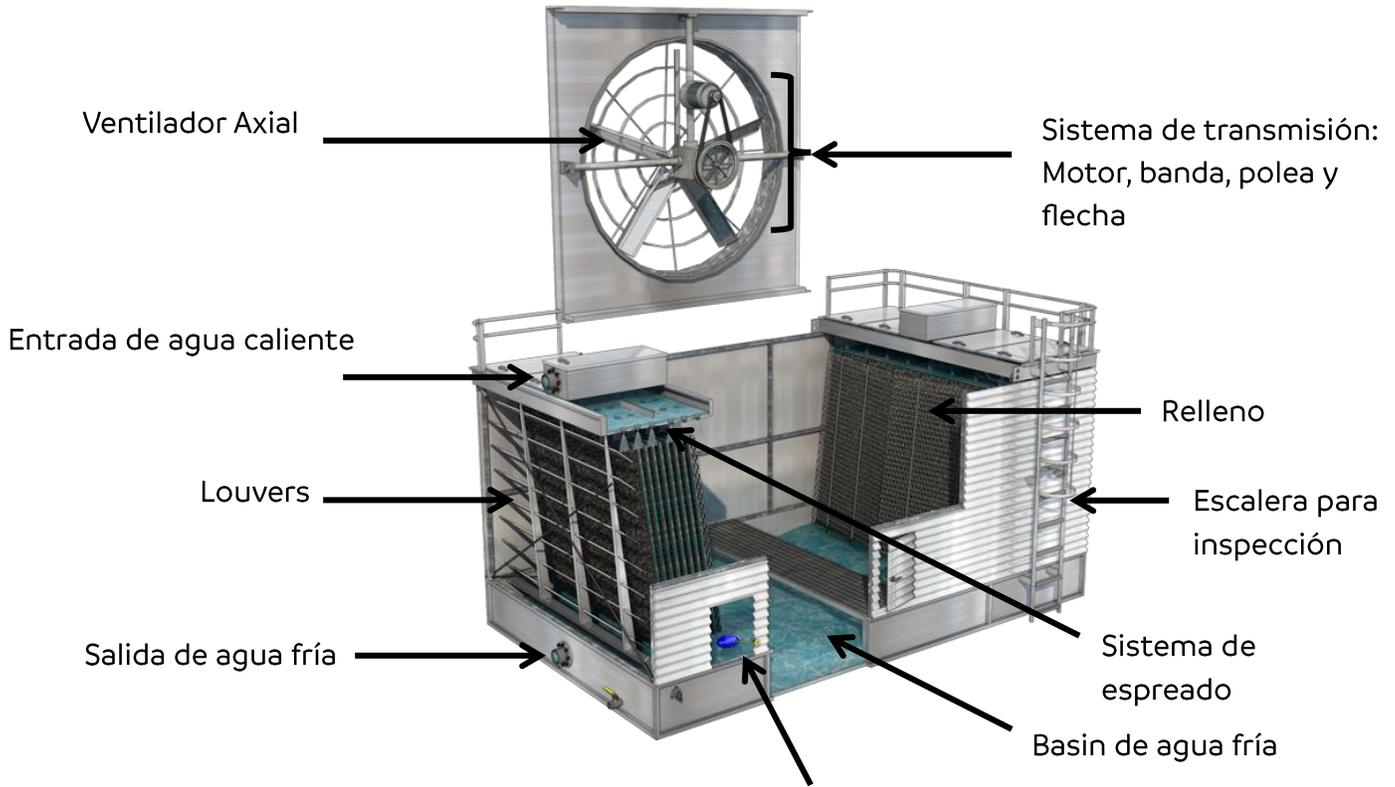


Costos Recurrentes

- ❖ **Energía:** Consumo de energía eléctrica para operar ventiladores y bombas. Los sistemas de ventilación deben estar correctamente diseñados para asegurar un flujo de aire eficiente, minimizando el consumo energético. Mantener las entradas y salidas de aire libres de obstrucciones es vital para el rendimiento óptimo de la torre. Las tomas de servicio de agua y electricidad deben estar en buen estado para asegurar la operación eficiente del equipo.
- ❖ **Pruebas y Balanceo:** Costos asociados con las pruebas periódicas y el balanceo del sistema para asegurar su eficiencia y rendimiento óptimo. Las pruebas regulares ayudan a identificar y corregir posibles fallos antes de que se conviertan en problemas mayores. Además, es importante revisar regularmente los asientos y mecanismos de las válvulas de llenado para asegurar su correcto funcionamiento y prevenir fugas.
- ❖ **Mantenimiento:** Gastos continuos en la limpieza y revisión de componentes como serpentines, válvulas y bombas de recirculación de agua. Es crucial mantener las torres libres de obstrucciones y acumulación de incrustaciones para asegurar su funcionamiento eficiente. Los serpentines requieren especial atención, y es recomendable instalar válvulas de corte para facilitar el mantenimiento. Las estructuras interiores de soporte también necesitan repaso periódico de pinturas protectoras y vigilancia contra la aparición de óxidos.

Tomando como ejemplo una torre de enfriamiento del tipo paquete y con las características tiro inducido y flujo cruzado, podemos señalar los siguientes componentes:







Fuentes

Rivera Mata, E. (2016). Buenas prácticas: Mantenimiento a torres de enfriamiento. Cero Grados Celsius.

Rivera Mata, E. (2016). Torres de enfriamiento: Un gran clásico. Cero Grados Celsius.

ASHRAE. (2018). *ASHRAE GreenGuide: Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings* (5.ª ed.).

