



ARTÍCULO TÉCNICO DE VERTIV

Cómo los sistemas de agua helada cumplen con los objetivos de sostenibilidad y disponibilidad del centro de datos

Resumen ejecutivo

La industria de centros de datos sigue desarrollando centros de datos cada vez más grandes para satisfacer las demandas de capacidad, a la vez que adopta medidas para reducir significativamente su impacto en el medio ambiente. Las compañías como Vertiv diseñan bajo criterios de sostenibilidad y aportan soluciones para centros de datos que contribuyen a cumplir con las exigencias actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para atender sus propias necesidades.

Los sistemas de enfriamiento y especialmente los sistemas de agua helada pueden jugar un papel importante en esta evolución; estos permiten que los propietarios y los operadores puedan desarrollar nuevos centros de datos más eficientes al tratar las emisiones directas e indirectas, las cuales se incluyen en las métricas del impacto total equivalente sobre el calentamiento atmosférico (TEWI).

Los sistemas de agua helada actuales reducen las emisiones directas al limitar la cantidad de refrigerante utilizado en comparación con otras tecnologías y permiten el uso de refrigerantes nuevos y más ecológicos, disponibles en el mercado. También disminuyen las emisiones indirectas cuando adoptan nuevas tecnologías y se optimizan mediante las buenas prácticas en torno a control de sistemas, las cuales se describen en este artículo.

La capacidad de un sistema de agua helada para reducir tanto las emisiones directas como las indirectas permite a los operadores de instalaciones críticas alcanzar un bajo TEWI. Además, los sistemas de agua helada equilibran el consumo de agua y energía de forma efectiva para que los sistemas de enfriamiento eficientes puedan favorecer una baja eficiencia en el uso del agua (EUA, como la define The Green Grid).

La combinación de un bajo TEWI y una baja EUA hace que los sistemas de agua helada sean una de las opciones más sostenibles para el gerenciamiento térmico de los centros de datos en términos de eficiencia del agua y energía. Estos sistemas se han adaptado para continuar la evolución de los centros de datos hacia el diseño de pisos no elevados y ayudan a facilitar la transición hacia el enfriamiento líquido.

Evaluar el impacto ambiental de los sistemas de gerenciamiento térmico del centro de datos

La sostenibilidad se ha convertido en una de las estrategias más importantes para las empresas y las organizaciones gubernamentales y será una fuerza determinante para modelar el futuro.

Los sistemas de gerenciamiento térmico —aquellos que eliminan el calor de los centros de datos— pueden desempeñar un papel fundamental en el mejoramiento del perfil de carbono en los centros de datos debido a que, en muchas instalaciones, aproximadamente el 25-35 % del consumo energético puede atribuirse al aire acondicionado.

Para obtener un panorama completo del impacto ambiental de un sistema de enfriamiento, los operadores deben considerar las emisiones directas e indirectas.

- Las **emisiones directas** miden el impacto en la atmósfera ligado a una liberación directa por una fuga de un fluido refrigerante. Los fluidos refrigerantes pueden ocasionar un efecto invernadero significativo y de esta forma, aumentar la temperatura media global. De hecho, los gases refrigerantes como los HFC son considerados como “súper contaminantes climáticos” con miles de veces el “potencial de calentamiento atmosférico” del dióxido de carbono. El potencial de calentamiento atmosférico (PCA) es la medida de la contribución de un gas al efecto invernadero en relación con el efecto del CO₂, el cual tiene un potencial de referencia equivalente a uno.
- Las **emisiones indirectas** incluyen la producción de electricidad utilizada por el sistema durante su funcionamiento. Por lo tanto, existe una correlación directa entre la eficiencia y las emisiones indirectas cuando se utilizan fuentes de energía basadas en el carbón. Cuanto mayor sea la eficiencia en el funcionamiento de una unidad, menor será la energía requerida y su impacto sobre las emisiones indirectas. Las emisiones indirectas también pueden reducirse al aumentar la dependencia en las fuentes de energía renovables de bajo impacto.

El TEWI es la suma algebraica definida en el Protocolo de Montreal, que representa los efectos directos e indirectos de las emisiones totales de carbono de una tecnología de enfriamiento durante su ciclo operativo. De esta manera, funciona como una medida útil para evaluar qué tanto un sistema de enfriamiento específico puede favorecer el avance hacia la neutralidad de carbono, ya que abarca no solo la función de los refrigerantes, sino también la energía consumida por el sistema.

Calcular el TEWI

$$\text{TEWI} = (\text{efecto directo}) + (\text{efecto indirecto}) = [\text{PCA} * \text{L} * \text{n} + (\text{PCA} * \text{m} + (1 - \alpha_{\text{recuperación}}))] + (\text{n} * \text{E}_{\text{anual}} * \beta)$$

donde:

PCA = Potencial de calentamiento atmosférico (kg CO₂ eq)

L = Índice de fugas por año (kg/año)

n = Tiempo de funcionamiento del sistema (años)

m = Carga del refrigerante

$\alpha_{\text{recuperación}}$ = Factor de recuperación

E_{anual} = Consumo energético por año (kWh)

β = Emisión de CO₂ por kWh



Figura 1. Cartera ampliada de Vertiv para un sistema avanzado de agua helada.

Análisis del impacto ambiental de los sistemas de agua helada

Al emplear el TEWI como la medida del impacto total de dióxido de carbono de un sistema de enfriamiento, puede observarse que los sistemas de agua helada se encuentran entre los mayores potenciales para reducir la huella de carbono de un centro de datos.

Efectos directos de los sistemas de agua helada

Existen varias razones que justifican la efectividad de los sistemas de agua helada para reducir las emisiones directas. Primero, cuentan con una carga general limitada de refrigerante por kilovatio (kW) de enfriamiento. En algunos casos, el refrigerante puede incluso no requerirse como en los centros de datos ubicados en climas fríos donde el calor se libera a través de enfriadores en seco o torres de enfriamiento. Otros tipos de sistemas de enfriamiento, como los de aire forzado, podrían necesitar el uso de refrigerantes en estas circunstancias y suelen generar una mayor carga de refrigerante por kW de enfriamiento.

En un sistema de agua helada, el refrigerante se almacena en las unidades de enfriamiento. Un enfriador es una solución completa con un circuito de refrigerante listo para usarse. Por lo general, este circuito también se prueba en fábrica para evitar fugas y se somete a más pruebas in situ luego de su instalación. Esto minimiza el riesgo potencial de pérdidas de refrigerante. Asimismo, es común emplear sistemas de monitoreo para identificar una fuga de refrigerante durante el funcionamiento, lo cual permite detener la unidad para prevenir la fuga de todo el refrigerante.

Por último, los sistemas de agua helada pueden utilizar una variedad de refrigerantes para limitar el impacto en la atmósfera, incluidos los refrigerantes hidrofluoroolefinas (HFO) y los mezclados con HFO que tienen un PCA mucho más bajo que los refrigerantes tradicionales, y es probable que se vuelvan más comunes a medida que la industria evolucione.

Además, los sistemas de agua helada son más seguros y rentables que los sistemas alternativos de enfriamiento por refrigerante tales como los sistemas HVAC de aire forzado, los cuales podrían llevar refrigerantes inflamables a las salas de datos y suponer un riesgo significativo de combustión que requerirá dispositivos de monitoreo y seguridad costosos

[La Enmienda Kigali de la ONU](#), la cual fue establecida para restringir considerablemente la futura producción y el consumo de refrigerantes hidrofluorocarburos (HFC), exige una reducción del 80-85 % en el uso de refrigerantes HFC para finales de 2040. Asimismo, diferentes regiones en todo el mundo han fijado sus propios umbrales para limitar su uso y promover una mayor utilización de aquellos con un bajo impacto ambiental como los refrigerantes HFO. Por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. ordenó una [reducción gradual](#) de los HFC a un 85 % durante los próximos 15 años, y la Comisión Europea implementó las normativas F-Gas que limitarían la venta de los HFC a una quinta parte de las ventas de 2014 para el año 2030. Se espera que esta reducción de refrigerantes HFC evite las emisiones de hasta 105 millones de toneladas de CO₂.

El resultado será un cambio progresivo —similar a lo ocurrido cuando se exigió la eliminación gradual de los clorofluorocarburos en el Protocolo de Montreal en 1993 debido a su impacto en la capa de ozono— de refrigerantes tradicionales como los R134a y R410A a refrigerantes con bajo PCA, como los R1234ze, R1234yf y R454B.

Sin embargo, muchos de estos nuevos refrigerantes HFO son inflamables o parcialmente inflamables. Esto plantea nuevos retos durante la fase de diseño del centro de datos, sobre todo si el refrigerante se utiliza dentro del espacio en blanco o en contacto directo con el aire enviado al equipo de TI.

Los sistemas de agua helada ofrecen una solución a este desafío al mantener el refrigerante inflamable fuera del espacio en blanco.

Debido a que los enfriadores, en la mayoría de los casos, se colocan fuera o dentro de un cuarto de máquinas, es posible utilizar refrigerantes inflamables o parcialmente inflamables con mayor facilidad que con otros sistemas de enfriamiento.

Para demostrar la forma en la que estos refrigerantes reducen el impacto ambiental de los enfriadores, tome en cuenta cómo el cambio tiene efecto en los dos tipos de enfriadores comúnmente utilizados:

- Enfriadores para centros de datos pequeños y medianos con compresores scroll que tradicionalmente utilizan el R410A con un PCA de 1924 (AR5). Ahora están disponibles con el R454B, que tiene un PCA de 466, el R32 con un PCA de 677, o refrigerantes naturales como el R290.
- Enfriadores para centros de datos medianos y grandes con compresores de tornillo o centrífugos que tradicionalmente usan el R134a, que tiene un PCA de 1300. Ahora están utilizando el R513A, el cual tiene un PCA de 573 o el R1234ze con un PCA menor a 1.

De este modo, los sistemas de agua helada representan una alternativa altamente efectiva a los sistemas de enfriamiento tradicionales, al reducir también las emisiones directas y no requerir grandes inversiones o cambios al diseño existente del centro de datos.

Efectos indirectos de un sistema de agua helada

Un efecto indirecto significativo de un sistema de enfriamiento está relacionado con el uso de electricidad. La métrica más común empleada para evaluar la eficiencia del sistema de enfriamiento es la efectividad de uso de energía parcial (pPUE). La pPUE es la relación entre la suma de energía utilizada por la carga de TI y el sistema de enfriamiento, dividida por la energía utilizada por la carga de TI. Cuanto más bajo sea el valor, más eficiente será el sistema de enfriamiento. Una pPUE de 1 representaría un centro de datos en el cual el equipo de TI estaría utilizando cada vatio de energía, mientras que el sistema de enfriamiento ninguno.

Los sistemas de agua helada actuales, incluidos aquellos soportados por Vertiv, tienen la capacidad para respaldar los valores de pPUE menores a 1.1 en ciudades como Londres, al recurrir a las estrategias de optimización descritas en la siguiente sección.

Optimización de los sistemas de agua helada

Las siguientes son las estrategias de optimización que ayudan a los sistemas de agua helada a alcanzar una eficiencia excelente. Las simulaciones que demuestran la efectividad de cada una de estas estrategias se presentan en el apéndice de este artículo.

Aumento de las temperaturas del aire y agua

Hasta hace unos años, la temperatura de funcionamiento estándar del espacio en blanco de un centro de datos era de aproximadamente 24 grados Celsius. Actualmente, no es inusual tener centros de datos funcionando entre los 24 y 25°C frente a los servidores, con un aire de retorno a las unidades de enfriamiento interiores de 36 a 37°C. Las temperaturas del agua tienen una evolución similar, las cuales aumentaron de 10-15°C (muy común en el pasado) a 15-18°C e incluso más altas. Algunos grandes hiperescaladores han aumentado las temperaturas de entrada de las unidades de tratamiento de aire para salas de computadoras (CRAH) por encima de los 20°C.

Este aumento significativo en las temperaturas exige un mayor uso de tecnologías free-cooling, las cuales utilizan un aire ambiente más frío (más frío que el punto de ajuste del suministro de agua helada) para llevar a cabo el enfriamiento en vez del ciclo de refrigeración del enfriador.

Dichos sistemas pueden aprovechar las temperaturas del aire frío exterior como la fuente principal de enfriamiento y limitar el uso de sistemas de expansión directa (DX) para cubrir los picos que ocurren en los periodos más calientes del año. Esto es posible al cambiar los enfriadores simples por soluciones más avanzadas como los enfriadores con free-cooling. Estas combinan la altísima eficiencia del free-cooling con la disponibilidad del enfriamiento continuo bajo cualquier condición asegurada por el sistema DX. Asimismo, el control integrado de los enfriadores con free-cooling permiten un funcionamiento en "modo mixto", donde el compresor interviene durante las condiciones de temporada media para compensar las temperaturas del aire más altas que limitan el free-cooling.

Optimizar el control del sistema de agua helada

Un segundo paso para maximizar la eficiencia del sistema de agua helada es optimizar el sistema como un todo al coordinar la operación de las unidades externas con las internas. Esto se logra mediante el uso de sistemas de gestión de planta de agua helada, como el Vertiv™ Liebert® iCOM™ CWM, que pueden coordinar el funcionamiento de todas las unidades dentro del sistema de agua helada. Con este nivel de control, estos sistemas pueden potenciar varios enfriadores que operen en un flujo variable para que reduzcan el consumo de las bombas y aumenten las temperaturas de retorno del fluido a los enfriadores.

En algunos casos, los sistemas de gestión de la planta también permiten implementar la optimización basada en la lógica de la temperatura de funcionamiento con relación a las diferentes condiciones operativas del centro de datos. El Liebert iCOM CWM incluye capacidades de control dinámico del agua que

pueden mejorar la temperatura operativa del agua con respecto a la carga del centro de datos y aumentar notablemente la eficiencia de los enfriadores, al mismo tiempo que aseguran la temperatura óptima en la parte frontal de los servidores.

Tecnología de compresor mejorada

En un centro de datos ubicado en un clima templado, gran parte de la absorción total de energía se debe al compresor del enfriador. El uso de tecnologías de compresor innovadoras y eficientes pueden ayudar a alcanzar una eficiencia mejorada del compresor. En años recientes, se ha observado un aumento en el uso de compresores impulsados por inversor que brindan beneficios importantes en términos de eficiencia. Los enfriadores con free-cooling que emplean compresores de tornillo impulsados por inversor o centrifugos sin aceite ya están disponibles para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de agua helada y, por ende, reducir el consumo eléctrico.

Sistema adiabático

Otra forma innovadora para aumentar la eficiencia de un sistema de agua helada es por medio de los enfriadores con free-cooling que utilicen tecnología adiabática. El sistema adiabático (especialmente si se usa con un sistema de almohadilla adiabática) es apto para el uso extenso a lo largo de todo el año y no solo en condiciones máximas, lo cual genera beneficios importantes. En este sistema, el aire ambiente se humidifica y enfría sin incurrir en costos energéticos adicionales al pasar el aire a través de almohadillas húmedas.

El aire es entonces suministrado a una temperatura más baja al free-cooling y a los serpentines de condensación y de este modo, logra una mayor capacidad de free-cooling y un funcionamiento más eficiente del compresor, respectivamente.

Otra medición importante en la evaluación de la sostenibilidad del sistema de enfriamiento es la EUA, la cual se calcula al dividir el uso del agua anual del sitio en litros entre el uso de energía del equipo de TI en kilovatios-horas (kWh). Esta métrica es muy útil para aquellos que operan en o están considerando la expansión a una región con alto estrés hídrico.

El problema con el alto consumo de agua en el enfriamiento del centro de datos está principalmente relacionado con los sistemas de lazo abierto donde el agua se emplea para rociar los intercambiadores de calor y así ampliar el área de operación o aprovechar los ahorros del free-cooling.

Los enfriadores adiabáticos y las soluciones empaquetadas de enfriamiento evaporativo para exteriores son sistemas de lazo abierto, pero utilizan controladores integrados que permiten el uso de agua estrictamente cuando sea necesario según la redundancia, eficiencia o demanda de enfriamiento. La función principal del controlador es prevenir el desperdicio de agua y de esta forma, reducir la EUA del centro de datos.

El agua también se utiliza cuando el aire dentro del espacio en blanco necesita humedecerse, y en condiciones específicas, el aire acondicionado proporciona una capacidad de enfriamiento latente y sensible. Vertiv diseña sus unidades de montaje en el piso con amplias superficies de intercambio para ofrecer una capacidad de enfriamiento sensible sin necesidad de humidificación. Su buena manufacturación permite que el lazo de agua esté completamente sellado y, una vez lleno, no requiere más agua (p. ej., no hay agua desperdiciada). El uso eficiente del agua puede ayudar a disminuir la pPUE del sistema y esto puede lograrse al restringir el uso del agua a ciertas condiciones mediante el uso efectivo de controles.

Recuperación del calor

La recuperación del calor puede aumentar la eficiencia del sistema de agua helada al permitir que el calor capturado del centro de datos sea reutilizado para otros propósitos. En lugar de enfriar la carga de calor, el sistema captura el calor de forma efectiva y este puede utilizarse para cubrir la demanda de calefacción en otras partes del edificio, edificios adyacentes o en una red de calefacción urbana. Esta estrategia puede aplicarse a centros de datos heredados, incluso cuando las temperaturas del calor capturado sean bajas, mediante una bomba de calor para aumentar la temperatura.

Enfriamiento almacenado

Los tanques de almacenamiento de agua fría son un medio eficaz para reducir el consumo energético, ya que funcionan como almacenamiento de energía térmica (TES) y ayudan a mitigar las cargas de la central eléctrica durante la demanda máxima. Las instalaciones incrementan la actividad de sus sistemas de enfriamiento durante la noche para producir agua fría y además aprovechar las tarifas nocturnas más bajas. De este modo, dependen de esta capacidad de enfriamiento almacenado para el enfriamiento durante el día.



Apojar las aplicaciones de pisos no elevados

Para construir centros de datos de manera más rápida y atender la creciente demanda mientras se controlan los gastos, los desarrolladores de grandes centros de datos —operadores de hiperescala y coubicaciones con 2-5 MW para cada sala de datos— se están alejando de los diseños con piso elevado. Esta tendencia ha impulsado la necesidad de cambiar las unidades CRAH perimetrales estándar de agua helada por un nuevo concepto. Esto se debe a que las unidades estándar, cuando se aplican en entornos de centros de datos de piso no elevado, pueden introducir el riesgo de flujos de aire de alta velocidad en la parte frontal de la primera fila de racks y crear una presión negativa en los servidores. Para centros de datos pequeños y

medianos de menos de 2 MW por sala, es más adecuada una transición parcial a diseños sin pisos elevados.

Este problema con el flujo de aire se puede abordar al aplicar nuevas soluciones que generen una presión positiva en la parte frontal de los racks. Vertiv ha diseñado varios productos con un área superficial de distribución más amplia para permitir una presión equilibrada a lo largo de las filas del servidor. Las principales soluciones son sistemas perimetrales de agua helada específicamente para aplicaciones de piso no elevado y varias unidades térmicas de pared que tengan diseños basados en un concepto de unidad de tratamiento de aire.

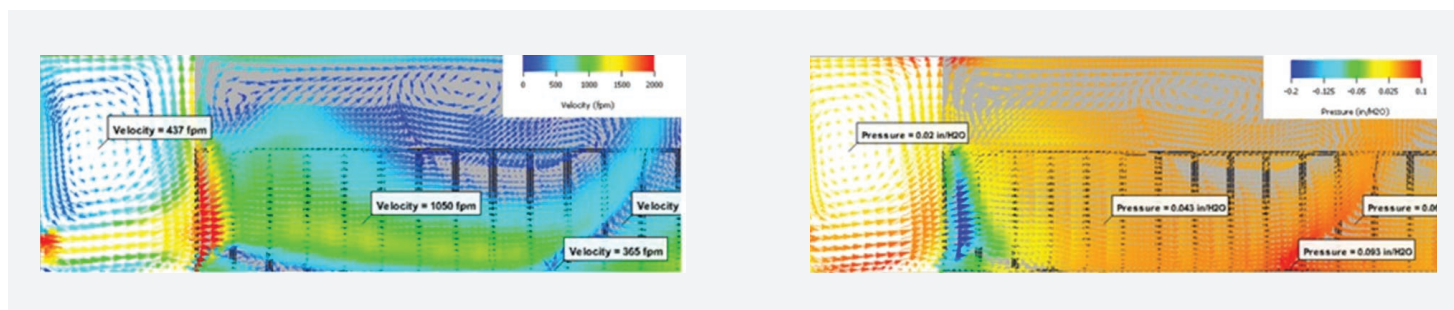


Figura 2. Las unidades CRAH perimetrales estándar de agua helada crean flujos de aire de alta velocidad que se convierten en presiones negativas en la parte frontal de los primeros racks

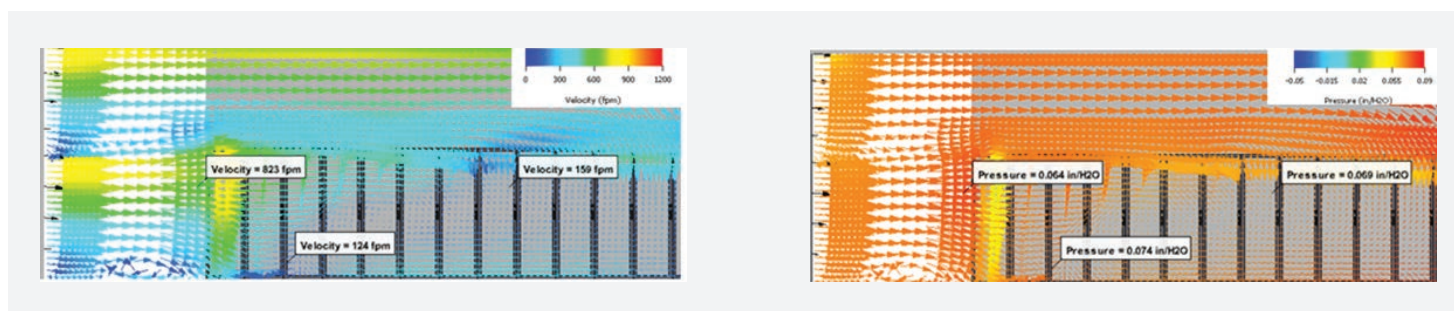


Figura 3. Las unidades de agua helada para aplicaciones de piso no elevado ayudan a las velocidades más bajas del flujo de aire a equilibrar las presiones en toda la fila.

Las aplicaciones de piso no elevado requieren una mayor experiencia y esfuerzo en la fase de diseño, sobre todo para garantizar el flujo de aire y la distribución de enfriamiento correctas en cada rack. Las aplicaciones de piso elevado presentan menos desafíos puesto que los diseñadores simplemente necesitan asegurar que la presión positiva se mantenga debajo del piso, al ajustar el suministro del flujo de aire con las rejillas del piso.

Las aplicaciones de piso no elevado también plantean retos a la hora de implementar mediciones de control precisas de la presión estática, principalmente debido a que el espacio a medirse es mucho más amplio. Por esta razón, Vertiv, además de diseñar los productos adecuados para esta aplicación, también desarrolló varias funcionalidades del software.

Una de estas funciones puede utilizar el enfoque de control Delta T (ΔT) para enfriar un centro de datos de piso no elevado, el cual presenta una serie de beneficios en comparación con centrarse únicamente en la presión del aire. Emplear la presión de aire en combinación con ΔT , la cual mide la diferencia en las temperaturas del aire de retorno y de suministro, va un paso más allá y aporta beneficios adicionales. El control de la presión del aire puede utilizarse para permitir que las unidades de enfriamiento proporcionen una cantidad mínima de flujo de aire y al mismo tiempo determinar la velocidad del ventilador mediante la temperatura.

Vertiv está desarrollando nuevas soluciones de forma continua para responder a la demanda de aplicaciones de pisos elevados y no elevados por medio de productos para interiores que ofrezcan eficiencia, densidad de enfriamiento, confiabilidad y control mejorado.

Mirar hacia el futuro: Enfriamiento líquido

Los negocios en una amplia variedad de industrias están recurriendo a la inteligencia artificial y otras aplicaciones de procesamiento intensivo para crear ventajas competitivas. Estas aplicaciones requieren plataformas de computación de alta densidad, lo cual produce un desafío térmico en rápida evolución que los centros de datos deben afrontar.

No hay alternativas energéticamente eficientes al enfriamiento líquido para algunas de las aplicaciones empresariales en rápido crecimiento que los centros de datos con altas densidades de racks están esperando respaldar. El proceso de introducir el enfriamiento en un centro de datos enfriado por aire necesita una planificación e ingeniería rigurosas, pero las tecnologías y buenas prácticas ya están disponibles para favorecer una implementación exitosa y ligeramente disruptiva.

A la hora de introducir racks de alta densidad, es necesario determinar cuánta cantidad de la carga total de calor manejará cada sistema, cuánta capacidad de enfriamiento se requiere, la cantidad de capacidad que el sistema de enfriamiento líquido desplazará y la capacidad restante de enfriamiento por aire requerida. Las tecnologías que deben considerarse al implementar un sistema de enfriamiento líquido incluyen

intercambiadores de calor de puerta trasera, enfriamiento líquido directo al chip y enfriamiento por inmersión. La combinación de los sistemas de agua helada y el enfriamiento líquido ayudan a los operadores de centros de datos a desarrollar soluciones térmicas sostenibles para sus instalaciones críticas.

Beneficios de los sistemas de agua helada

Existen numerosos beneficios que posibilitan a los sistemas de agua helada a convertirse en una de las tecnologías de enfriamiento globales más aplicadas en el espacio del centro de datos en los próximos años.

- **Sostenibilidad:** Una nueva era ha iniciado para la industria de centros de datos, una que impulsa a los operadores a encontrar alternativas a los refrigerantes HFC tradicionales que mejoren la eficiencia general del sistema y reduzcan el consumo de energía. El sistema de agua helada es una de las primeras tecnologías que incorpora refrigerantes con bajo PCA en las unidades de enfriamiento. Además, este sistema puede alcanzar valores de pPUE menores a 1.1 al adoptar las más recientes tecnologías disponibles en el mercado con una optimización e integración de todo el sistema de agua helada.
- **Diseño:** Muchos refrigerantes nuevos son inflamables o parcialmente inflamables, y esto debe considerarse en la fase de diseño, sobre todo cuando el refrigerante sea empleado dentro del espacio en blanco o en contacto directo con el aire suministrado al equipo de TI. Por esta razón, los sistemas de agua helada ofrecen una excelente

solución al encontrarse instalados generalmente en los exteriores, lo cual mantiene a cualquier refrigerante inflamable fuera del centro de datos.

- **Flexibilidad:** El sistema de agua helada brinda flexibilidad con respecto a la colocación de las unidades de enfriamiento exteriores ya que no requieren una configuración fija, y no tiene límites físicos (aparte del tamaño de la bomba) para la proximidad de las unidades.
- **Continuidad:** Si la tubería de agua helada no tiene la inercia térmica suficiente para proporcionar enfriamiento durante una pérdida de potencia, los tanques de almacenamiento auxiliares de agua fría pueden aumentar considerablemente la reserva térmica de un centro de datos. Cuando los enfriadores se detienen debido a una pérdida de potencia, el agua de los tanques puede complementar el suministro de agua helada para mantener el entorno del centro de datos lo suficientemente frío y cerca de las temperaturas de funcionamiento normales. Los tanques de agua fría tienen un costo inicial mucho más bajo que otros enfoques. Según la dimensión del tanque, es posible calcular el tiempo que el sistema puede mantener el enfriamiento durante un corte de suministro.
- **Soporte de alta densidad:** A la fecha, el enfriamiento líquido es uno de los métodos más eficientes para lograr un enfriamiento de alta densidad que se espera que algunos de los centros de datos de aplicaciones empresariales de mayor crecimiento respalden. Mientras hay un desarrollo de centros de datos enfriados solo por líquido y algunos de los nuevos centros de datos enfriados por aire se están diseñando para adaptarse a los racks enfriados por líquido en el futuro, el escenario más común al que los operadores se están enfrentando hoy es integrar el enfriamiento líquido a las instalaciones existentes enfriadas por aire que carecen de infraestructura compatible. Contar con un diseño para el sistema de agua helada simplifica esta transición y brinda una mayor flexibilidad que combina las diferentes unidades exteriores para las diferentes aplicaciones y densidades de TI.

Para más información sobre el enfriamiento líquido, consulte el artículo técnico de Vertiv, [Comprender las opciones de enfriamiento líquido para centros de datos y los requisitos de infraestructura](#).

Conclusiones

En un panorama de rápida expansión, es poco probable que el espacio del centro de datos esté conformado por un solo entorno, y los sistemas de agua helada Vertiv™ Liebert® para el gerenciamiento térmico aseguran un enfoque coherente a nivel global. El sistema de agua helada puede adaptarse perfectamente a los requisitos actuales de los centros de datos y, de este modo, lograr beneficios inmediatos que aseguren la flexibilidad para el futuro.

APÉNDICE: SIMULACIÓN DE AGUA HELADA

Vertiv analizó diversas estrategias de optimización de los sistemas de agua helada para demostrar el impacto que esas mejoras pueden ejercer sobre los diferentes parámetros examinados.

Las simulaciones se llevaron a cabo en un centro de datos de 15 MW con tres salas de datos (5 MW cada una), ubicados en Londres, Madrid y Dubái. El sistema de enfriamiento de agua helada que funciona en cada sala de datos está compuesto por:

- 5 enfriadores (N+1) - capacidad nominal de 1250 kW
- 28 unidades CRAH (N+1) - 185 kW.

La simulación contempla un centro de datos con una carga máxima de TI de 80 % (12 MW), dado que esto representa una condición de trabajo significativa para el centro de datos actual. Todas las salas de datos también se han cargado con el mismo porcentaje.

Contamos con cinco escenarios diferentes:

Simulación de agua helada para Londres

A. Referencia

Un sistema de agua helada que funciona a una temperatura de 10 a 15°C, compuesto por cinco enfriadores estándar y 28 unidades CRAH, lo cual produce un valor de pPUE de 1.212

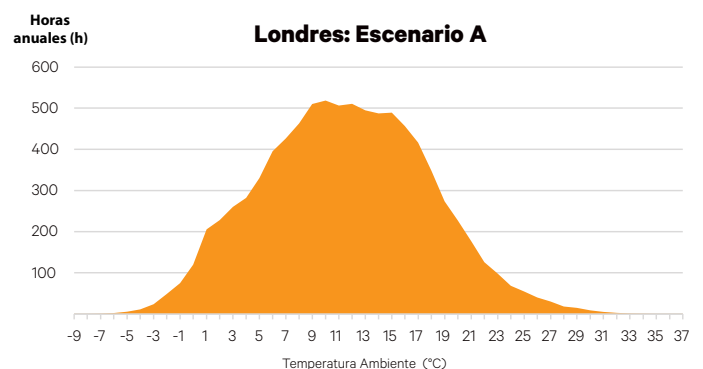


Figura 1. Perfil de Londres: Sistema tradicional de agua helada.

B. Aumento de las temperaturas del aire y agua

El aumento de la temperatura del agua del sistema de agua helada, que funciona de 10-15°C a 20-28°C, y la temperatura del aire de retorno de 26 a 36°C proporciona una temperatura del aire de suministro al servidor por debajo de 25°C, la cual cumple con las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), mientras que la introducción de un enfriador con free-cooling en lugar de un enfriador estándar reduce el valor de pPUE de 1.212 a 1.114.

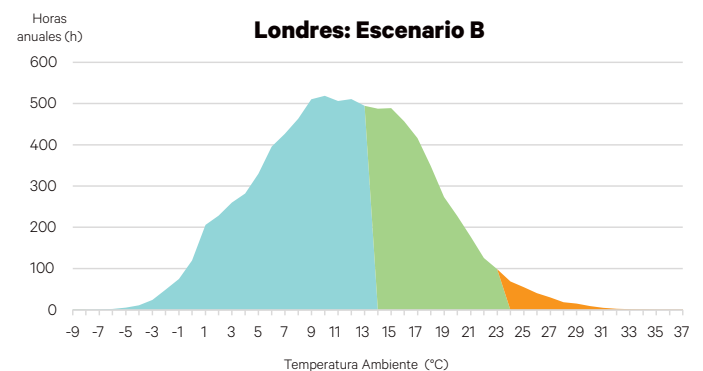


Figura 2. Perfil de Londres: Con un aumento de las temperaturas del aire y agua

C. Optimización de las temperaturas de control del sistema de agua helada

Además de la configuración B, se ha integrado un sistema de gestión de la planta para optimizar el control del flujo de aire y aprovechar el sistema de control dinámico del agua que reduce el valor de pPUE aún más, de 1.114 a 1.100.

D. Tecnología de compresor mejorada y refrigerante con bajo PCA

Además de la configuración C, se han añadido un enfriador con free-cooling y compresor impulsado por inversor y un refrigerante con bajo PCA. De este modo, se reduce aún más el valor pPUE anteriormente mencionado, de 1.114 a 1.094

E. Sistema adiabático

Además de la configuración D, al añadir una configuración adiabática a los cinco enfriadores, el sistema puede alcanzar un pPUE de 1.082, que se explica más adelante en la Figura 4.

La Figura 4 también ilustra que, mediante el sistema adiabático, el sistema de agua helada nunca funciona en el modo de expansión directa pero sí en el modo mixto o de free-cooling. De esta manera, se mejora la eficiencia general y se reducen los costos.

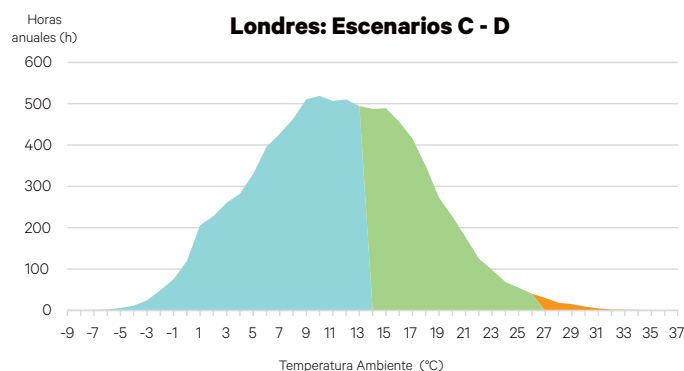


Figura 3. Perfil de Londres: Con control optimizado del sistema de agua helada, tecnología de compresor mejorada y refrigerante con bajo PCA.

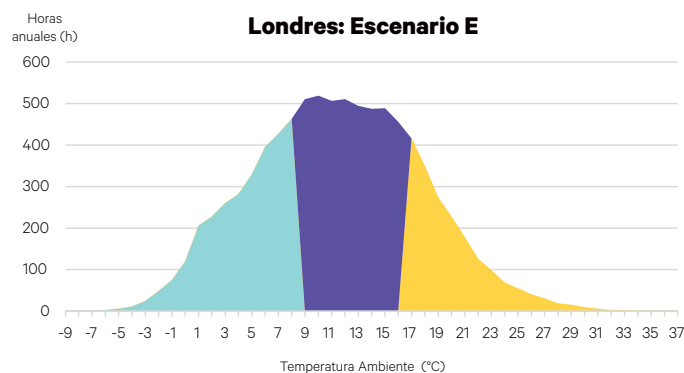


Figura 4. Perfil de Londres: Incluye el sistema adiabático

Londres 12MW	pPUE	WUE [l/kWh]	TEWI (10a) - total de toneladas de CO ₂			Freecooling, horas [h]	FC + Modo mixto [h]
			Directo	Indirecto	Total		
Referencia	1.212	0.000	689	102277	102966	0	0
Aumento de las temperaturas del aire y agua	1.114	0.000	344	55248	55592	5416	8515
Optimización del control del sistema de agua helada	1.100	0.000	344	48493	48837	5416	8678
Tecnología de compresor mejorada y refrigerante con bajo PCA	1.094	0.000	1	45231	45231	5416	8678
Sistema adiabático	1.082	0.162	1	39805	39805	6849	8760

Tabla 1. Perfil de Londres: Resumen del impacto que cada mejora proporciona a todo el sistema de agua helada

Simulación de agua helada para Madrid



Figura 5. Perfil de Madrid: Sistema tradicional de agua helada

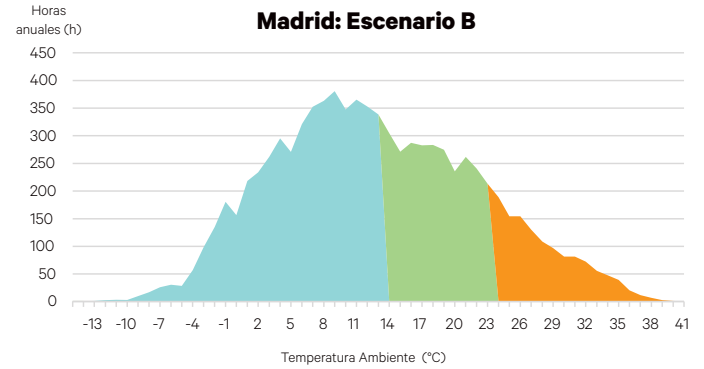


Figura 6. Perfil de Madrid: Con un aumento de las temperaturas del aire y agua

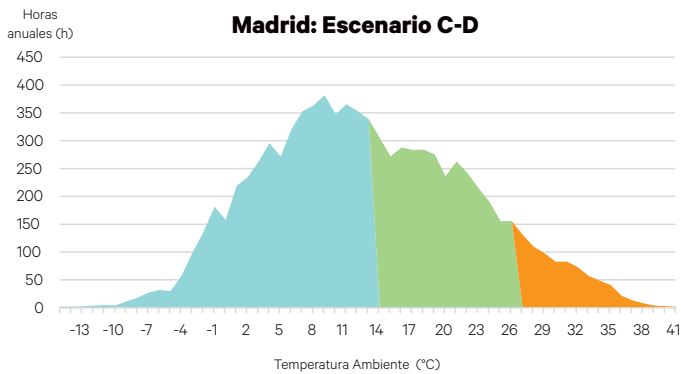


Figura 7. Perfil de Madrid: Con control optimizado del sistema de agua helada, tecnología de compresor mejorada y refrigerante con bajo PCA

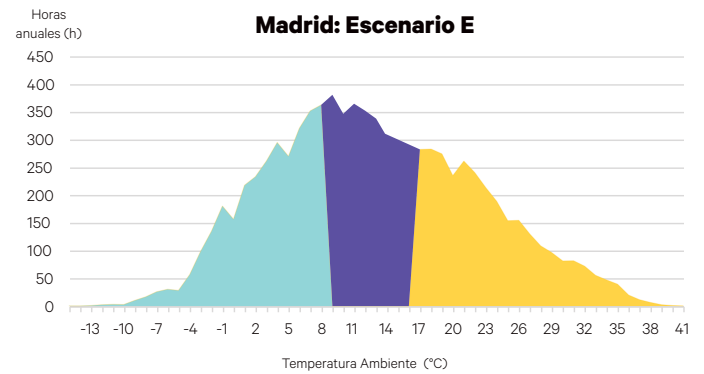


Figura 8. Perfil de Madrid: Incluye el sistema adiabático

Madrid 12MW	pPUE	WUE [l/kWh]	TEWI (10a) - total de toneladas de CO ₂			Freecooling, horas [h]	FC + Modo mixto [h]
			Directo	Indirecto	Total		
Referencia	1.228	0.000	735	57461	58196	0	0
Aumento de las temperaturas del aire y agua	1.132	0.000	372	33268	33641	4851	7507
Optimización del control del sistema de agua helada	1.119	0.000	372	30124	30496	4851	8005
Tecnología de compresor mejorada y refrigerante con bajo PCA	1.109	0.000	1	27537	27538	4851	8005
Sistema adiabático	1.085	0.397	1	21529	21530	5715	8760

Tabela 2. Perfil de Madrid: Resumen del impacto que cada mejora proporciona a todo el sistema de agua helada

Simulación de agua helada para Dubái

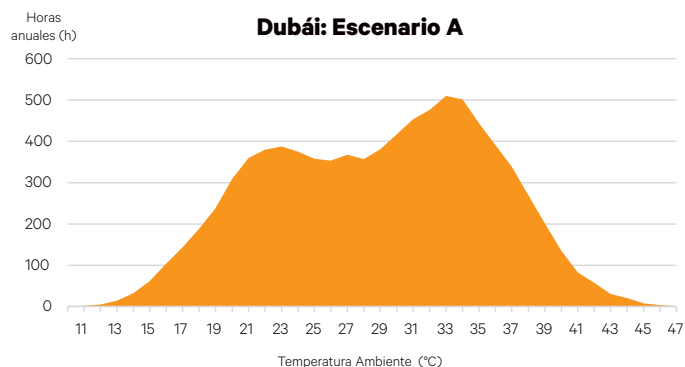


Figura 9. Perfil de Dubái: Sistema tradicional de agua helada.

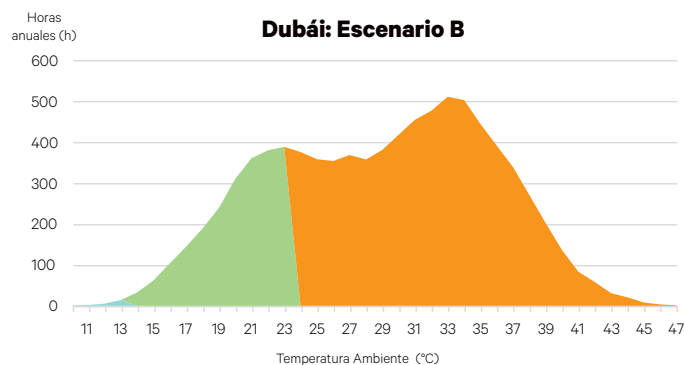


Figura 10. Perfil de Dubái: Con un aumento de las temperaturas del aire y agua

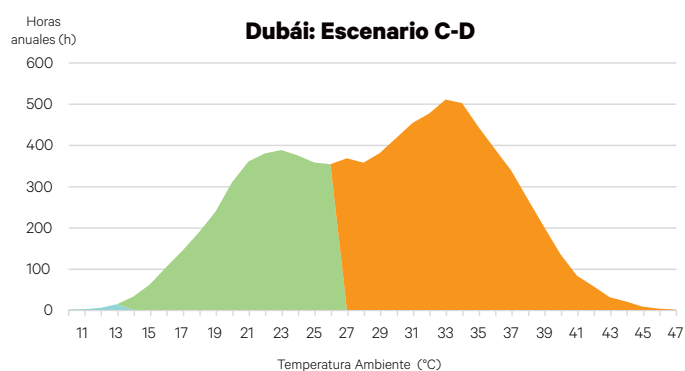


Figura 11. Perfil de Dubái: Con control optimizado del sistema de agua helada, tecnología de compresor mejorada y refrigerante con bajo PCA

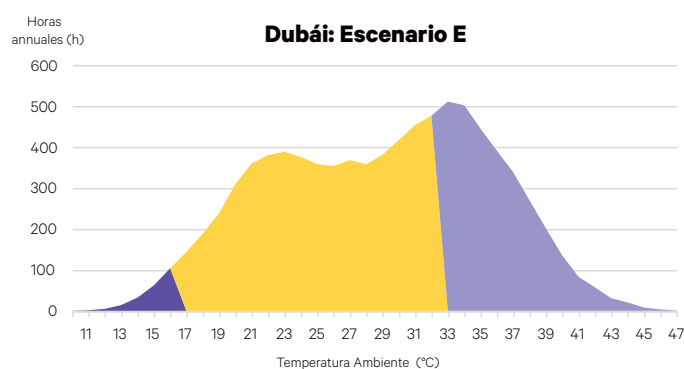


Figura 12. Perfil de Dubái: Incluye el sistema adiabático

Dubái 12MW	pPUE	WUE [l/kWh]	TEWI (10a) - total de toneladas de CO ₂			Freecooling, horas [h]	FC + Modo mixto [h]
			Directo	Indirecto	Total		
Referencia	1.300	0.000	767	189298	190065	0	0
Aumento de las temperaturas del aire y agua	1.244	0.000	391	153606	153997	20	2226
Optimización del control del sistema de agua helada	1.234	0.000	391	147674	148065	20	3312
Tecnología de compresor mejorada y refrigerante con bajo PCA	1.214	0.000	1	134765	134766	20	3312
Sistema adiabático	1.174	0.988	1	109743	109743	218	5766

Tabla 3. Perfil de Dubái: Resumen del impacto que cada mejora proporciona a todo el sistema de agua helada.

Leyenda:

- DX = Enfriamiento mecánico
- FC = Freecooling
- MIX = Modo mixto
- A + DX = Adiabático + Enfriamiento mecánico
- A + FC = Adiabático + Freecooling
- A + MIX = Adiabático + Modo mixto

