



ARTÍCULO TÉCNICO DE VERTIV

La Adopción de Sistemas de Enfriamiento Variable para Optimizar la Infraestructura del Centro de Datos

Introducción

La adopción de una infraestructura hiperconvergente y el despliegue de cargas de trabajo intensivas en computación como la Inteligencia Artificial (IA), la Internet de las cosas (IoT) y las aplicaciones de Big Data han contribuido al crecimiento de los mercados mundiales de centros de datos. La naturaleza de estas cargas en los modernos centros de datos se clasifica ahora como "dinámica".

Debido a estos entornos siempre cambiantes, los principales proveedores de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) han empezado a ofrecer sistemas con certificación Energy Star con capacidad de enfriamiento redundante incorporada para ganar terreno en el mercado. Las métricas operativas como la efectividad del uso de la energía (PUE), la efectividad del uso del agua (WUE) y la efectividad del uso del carbono (CUE) son cada vez más importantes a la hora de diseñar las instalaciones de los centros de datos de misión crítica.

Desde pequeñas a grandes infraestructuras, una hoja de ruta de eficiencia energética debe apoyar cada diseño de centro de datos. Con el fin de mantener una mejor métrica operativa en una hoja de ruta de eficiencia energética propuesta, el diseño óptimo de la solución de enfriamiento y la selección de los componentes deben ser las principales consideraciones.

Este documento técnico proporciona una guía sobre el gerenciamento térmico en relación con los perfiles de carga variable en los centros de datos modernos. También describe múltiples técnicas que utilizan tecnologías de enfriamiento variable que permiten alcanzar métricas operacionales clave.

Nivel del Centro de Datos

Los niveles de los centros de datos son una metodología estándar para clasificar los centros de datos en términos de su potencial de rendimiento de la infraestructura (tiempo de funcionamiento). Los niveles de los centros de datos se clasifican del 1 al 4, donde los centros de datos más altos tienen más tiempo de funcionamiento potencial que los centros de datos más bajos.

Antes de sumergirse en los enfoques para el enfriamiento variable, la siguiente tabla muestra la importancia de los factores de confiabilidad y disponibilidad. Cualquier actualización de la tecnología con mejoras en la eficiencia energética debe cumplir con los requisitos de nivel aplicables.

Nivel	Tiempo de funcionamiento del sistema (%)	Límite de tiempo de inactividad/horas anuales	Aplicación
1	99.671	28.8	Construcción, sucursal, servicios profesionales
2	99.741	22.7	Medios de comunicación locales, educación, CRM
3	99.982	1.58	Comercio electrónico, médico, hospital
4	99.995	0.44	Finanzas, banca, servicios públicos

Cargas dinámicas en el centro de datos

Hace casi dos décadas, la variación de la potencia de los servidores era de alrededor del 20% porque, incluso en un estado ideal, el servidor típico usaría alrededor del 50% de su potencia total. Ahora, debido a la "utilización efectiva de las técnicas de consolidación y visualización de servidores", el consumo energético se ha reducido drásticamente.

En los equipos de procesamiento modernos se han implementado nuevas técnicas para lograr patrones de bajo consumo energético, como el cambio de la frecuencia de los relojes, el movimiento de cargas virtuales y el ajuste de la magnitud de los voltajes aplicados a los procesadores para que se ajusten mejor a la carga de trabajo en estado no inactivo.

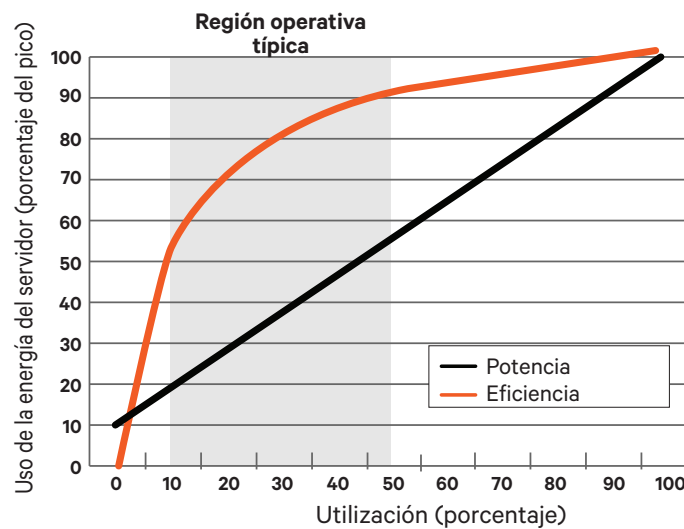
La variación de la potencia, según la plataforma del servidor, se encuentra en el rango del 45-106%: un aumento significativo en sólo 20 años.

Cuando el consumo energético varía debido a la carga, la salida de calor también varía. Como tal, las fluctuaciones repentinas en el consumo energético pueden causar aumentos vulnerables en el nivel de calor, creando puntos calientes.

Los puntos calientes también pueden producirse en un entorno virtualizado, donde los servidores se instalan con mayor frecuencia y se agrupan de forma que crean áreas localizadas de alta densidad.

La agrupación de servidores virtualizados de alta densidad puede provocar problemas de enfriamiento si la distribución del aire y la temperatura no se tienen en cuenta adecuadamente en el diseño.

Los perfiles de carga de los centros de datos más modernos ya no tienen cargas fijas, por lo que se necesita un enfriamiento variable para soportar picos de calor repentinos y las mejoras correspondientes que impactan en la efectividad del uso de la energía parcial (pPUE) en el centro de datos.



Fuente: Hölzle, 2017. Nota: En un servidor más proporcional a la energía (línea roja) la eficiencia energética es más del 80% del valor máximo para niveles de utilización del 30% o más, permaneciendo la eficiencia por encima del 50% para niveles de utilización tan bajos como el 10%.

Ahora veamos cómo la tecnología a nivel de componentes permite a la infraestructura de gerenciamiento térmico abordar los escenarios de carga dinámica en los centros de datos modernos.

Cargas dinámicas manejadas por una solución de enfriamiento variable

A medida que el consumo energético del servidor aumenta o disminuye en proporción a la carga computacional, el flujo de aire requerido a través del servidor se ve afectado.

Además, para mejorar el índice de utilización del servidor, se suele recurrir a la virtualización, lo que puede dar lugar a distintas demandas de energía. Los sistemas de aire acondicionado de precisión deben proporcionar una capacidad de enfriamiento y un flujo de aire variables para adaptarse adecuadamente a los cambiantes requisitos operativos de las salas de tecnología actuales.

Hay cuatro secciones principales en el aire acondicionado de precisión. Cada una de ellas tiene alguna proporción de componentes de enfriamiento variable. Empezaremos con el centro del sistema de enfriamiento, el compresor, y luego cerraremos con la sección del evaporador. Las opciones como la ubicación del controlador de variación de carga se describen en secciones posteriores.

Compresor

Un compresor actúa como el "corazón" de un sistema de enfriamiento mecánico basado en el refrigerante. Sus funciones incluyen la extracción del refrigerante vaporizado frío que transporta la energía de calor de las bobinas del evaporador, cambiándolo de una presión y temperatura bajas a una presión y temperatura altas, y empujándolo alrededor del bucle de enfriamiento con el propósito de rechazar el calor.

Las unidades de aire acondicionado con compresores convencionales de capacidad fija suelen estar diseñadas para un rendimiento de carga máxima y suelen tener más capacidad que los requisitos de uso diario. Los requisitos de enfriamiento para la infraestructura de TI son bastante amplios ya que la densidad en el centro de datos varía con el tiempo.

Hay diferentes tipos de tecnologías de modulación disponibles con un compresor. Las tres opciones tecnológicas a continuación pueden ayudar a satisfacer las necesidades de capacidad y eficiencia energética:

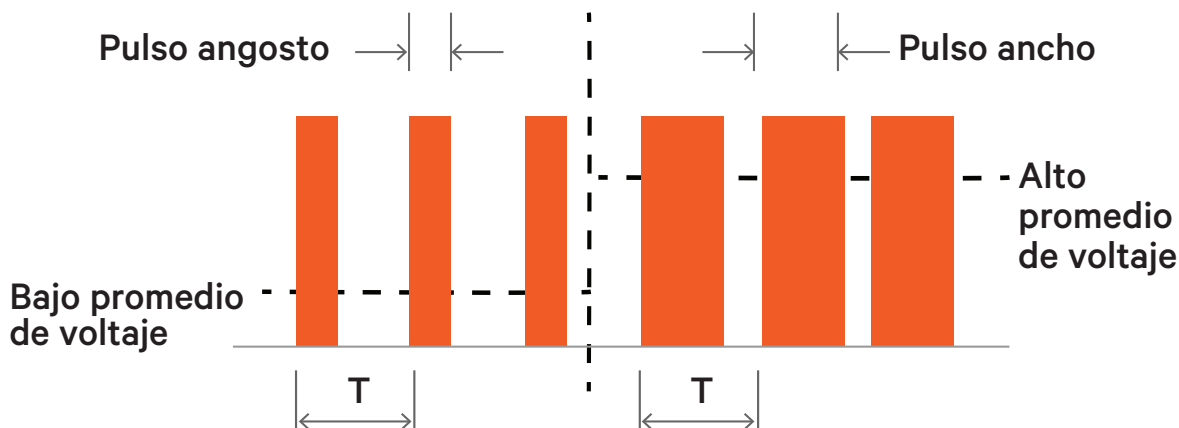
1. Múltiples compresores
2. Compresor de modulación continua
3. Compresor de velocidad variable

Compresores múltiples: Con los múltiples, dos o más compresores pueden funcionar de forma individual o conjunta, suministrando varias etapas de capacidad discreta, según sea necesario, y manteniendo un alto índice de eficiencia energética (EER). En un escenario estándar, se trata de compresores fijos y la carga puede distribuirse en dos o tres compresores por relación desigual (capacidad del compresor), conectados en una configuración en serie.

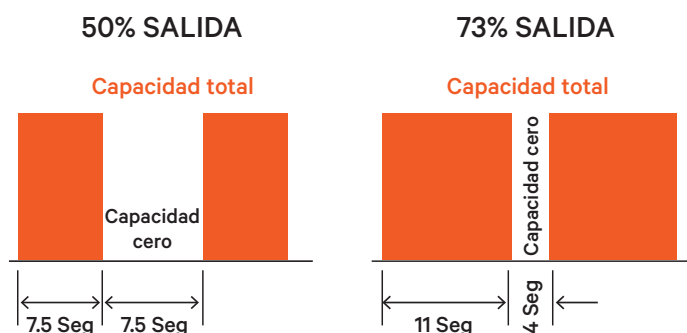
Esta arquitectura de compresor es beneficiosa tanto para aplicaciones de carga parcial como de carga máxima, proporcionando una combinación de compresores versátil y ofreciendo una mayor eficiencia que un compresor único y fijo, específicamente los que se encuentran en condiciones de carga parcial. Pero esta disposición, algunas veces puede crear problemas de confiabilidad en los centros de datos. Al estar conectados en serie, todos los compresores pueden verse afectados simultáneamente cuando el motor se quema, ahogando un circuito entero. En ausencia de un arranque suave en la configuración en serie, una sobreaceleración de carga consume más energía que lleva a un menor EER a largo plazo.

Modulación continua: Una técnica de modulación de compresores ajusta la capacidad ya sea en etapas o de manera continua cuando las cargas de los compresores varían en condiciones ambientales cambiantes. La modulación variable continua se encuentra en los compresores scroll con tecnología digital. Se conoce como "modulación por ancho de pulso".

Forma de onda de modulación por ancho de pulso



Estados de carga y descarga



Fuente: Comprensión de la modulación del compresor en el aire Aplicación del acondicionamiento

Por ejemplo, en un ciclo de 15 segundos, si el tiempo del estado de carga es de 7.5 segundos y el tiempo del estado de descarga es de 7.5 segundos, la modulación del compresor es del 50% (7.5 segundos x 100% + 7.5 segundos x 0%). Para el mismo tiempo de ciclo, si el tiempo del estado de carga es de 11 segundos y el tiempo del estado de descarga es de 4 segundos, la modulación del compresor es del 73%. **La capacidad es la suma del tiempo promedio del estado de carga y el estado de descarga.**

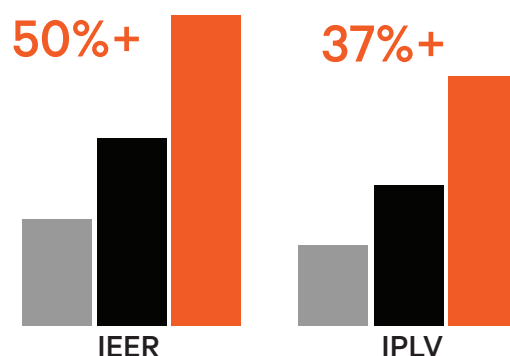
Este tipo de tecnología se adapta a los requerimientos de los centros de datos, mientras que la temperatura y la humedad precisas juegan un papel importante en el manejo de la condición de carga dinámica.

El drenaje de energía es insignificante debido al funcionamiento continuo del rotor, pero a diferencia de los compresores múltiples, esta tecnología evita la pérdida de corriente de inserción. Debido a que un sistema de compresor digital es totalmente mecánico, es probable que haya problemas mínimos con la precisión de la salida cuando se manejan capacidades de carga dinámica por debajo del 30%.

Velocidad variable: Los compresores de velocidad variable ofrecen la mayor eficiencia de carga parcial sobre cualquier otra tecnología de modulación. Los compresores de velocidad variable ofrecen un gran ahorro de energía al ajustar continuamente su salida para que coincida con las cargas. Los beneficios de la tecnología de velocidad variable incluyen:

- Máxima eficiencia de enfriamiento o Índice de Eficiencia Energética Estacional (SEER)
- 7:1 de reducción para mejorar la eficiencia de la carga de luz y la deshumidificación

Comparación de carga parcial



Rango de velocidad de 1,000-7,200 RPM para una cobertura del 20-100%.

Fuente: Comprensión de la modulación del compresor en aplicaciones de aires acondicionados

La variación de la velocidad del motor del compresor determina la velocidad del flujo de refrigerante. Por lo tanto, al variar la frecuencia del motor, la capacidad puede ser modulada. La capacidad de salida aumenta y disminuye con la velocidad del motor. Aunque esta condición puede asegurar un control preciso de la temperatura y la humedad, se requiere una gestión de lubricante de hardware y sistema electrónico para asegurar que haya suficiente aceite en el compresor durante las condiciones de motor lento. Esto asegurará que no se expulsen cantidades excesivas de aceite del compresor durante las condiciones rápidas del motor.

El único gran desafío de este mecanismo es la gestión de la circulación de aceite que puede ser una barrera potencial durante las condiciones de baja carga. A medida que las revoluciones por minuto (RPM) del motor del compresor se reducen durante las condiciones de carga parcial, el aceite que regresa al compresor se enfrenta a problemas debido a las menores velocidades de bombeo.

Con un controlador avanzado y un algoritmo inteligente integrado, Vertiv supera el problema anterior al heredar el "compresor de velocidad variable" en los sistemas de enfriamiento tanto perimetrales como en los basados en filas para ofrecer una capacidad óptima con mejores métricas operativas (EER y pPUE).

Ventilador de velocidad variable (soplador y condensador)

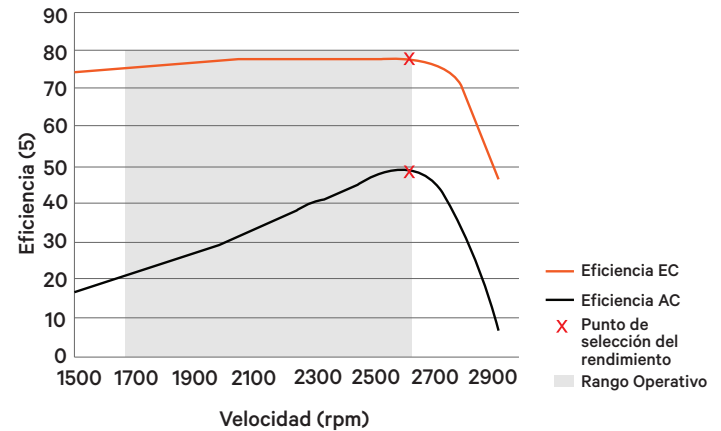
La inversión en la tecnología de ventiladores de velocidad variable es una de las maneras en la que los gerentes de los centros de datos reducen el uso de la energía y controlan sus costos. Tales mejoras pueden ahorrar hasta el 76% del consumo energético de los ventiladores.

Actualmente, con numerosas opciones disponibles en el mercado, los variadores de velocidad (VSD) — también conocidos como variadores de frecuencia o VFD — y los ventiladores de conmutación eléctrica (EC) son dos de las tecnologías de mejora de ventiladores más efectivas disponibles.

Los ventiladores EC logran el control de la velocidad mediante variar la tensión de CD suministrada al ventilador. Pruebas independientes del consumo energético de los ventiladores EC frente a los VFD hallaron que los ventiladores EC montados en el interior de la unidad de enfriamiento pueden proporcionar un promedio de 18% de ahorro en la factura de electricidad. Se pueden obtener más ahorros ubicando los ventiladores EC bajo el piso.

Los ventiladores EC ofrecen un control mejorado y son la solución más eficaz para reducir el consumo energético del sistema de enfriamiento. Para ello, ofrecen la misma salida con menos entrada: una reducción del 10% en el flujo de aire ahorra hasta un 33% en el consumo energético. Además del ahorro de energía, un ventilador EC es la herramienta perfecta para soportar cargas dinámicas en el sistema de aire acondicionado de precisión. Actualmente, el ventilador EC es una parte estándar del lado del evaporador, pero en un sistema enfriado por aire, el ventilador del condensador también adopta la tecnología del ventilador EC para soportar cargas variables en el centro de datos, así como para abordar los diferentes patrones de carga debido a las temperaturas exteriores de funcionamiento.

Comparación de la eficiencia del AC frente al EC



Válvula de expansión electrónica (EEV)

La EEV controla la cantidad de refrigerante liberado en el evaporador, manteniendo así el nivel de sobrecalentamiento. En otras palabras, controla la diferencia entre la temperatura actual del refrigerante y su temperatura de saturación en el valor de presión actual.

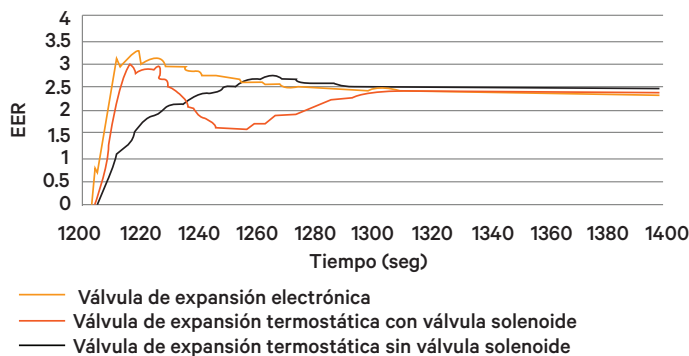
Mientras que Vertiv utiliza la tecnología de compresores de velocidad variable, el flujo de refrigerante variable es obviamente fenomenal para igualar la variación de carga interna en el circuito de refrigerante. En este escenario, la EEV ya no es sólo una herramienta de eficiencia energética, ahorrando hasta un 15% de energía en comparación con la válvula de expansión termostática (TXV). También es útil para ofrecer una capacidad óptima. Los beneficios de la EEV pueden resumirse de la siguiente manera:

- Control preciso
- Respuesta rápida y precisa a los cambios de carga
- Variación de carga parcial más amplia que la de la TXV
- Capacidad para mantener el control de la capacidad máxima incluso con cargas parciales
- Inyecta exactamente la cantidad correcta de refrigerante

El sobrecalentamiento bajo, la presión de evaporación más alta y un mejor EER se logran mediante la detección constante del valor de sobrecalentamiento

real en el evaporador con un transductor de presión (un sensor de temperatura muy sensible) y la transmisión de esta información al controlador en tiempo casi real. Por consiguiente, la EEV puede reducir considerablemente las pérdidas de energía debido a los ciclos de encendido y apagado de una unidad de enfriamiento.

Eficiencia energética en la puesta en marcha



Nota: Los valores medidos durante las pruebas con la EEV son siempre más altos que los valores EER medidos con la TXV, con o sin válvula solenoide. Esta mayor eficiencia energética está garantizada por la capacidad de la EEV para optimizar el control del flujo de refrigerante en el evaporador, limitando así la entrega del líquido en el compresor.

Válvula de control independiente de la presión (PICV)

La PICV es otro componente involucrado en los sistemas de gerenciamiento térmico de agua helada en los centros de datos.

Se describe como dos válvulas en una: una válvula de control estándar de dos vías y una válvula de equilibrio. PICV logra resultados óptimos ya que sólo se suministra la cantidad necesaria de agua caliente y agua helada (en galones por minuto) a las bobinas de calefacción y enfriamiento.

Incluso después de que un sistema se equilibra manualmente, sólo se equilibra en la posición de flujo total. Una vez que cualquier válvula en el sistema cambia de posición, cambia la presión y causa que el sistema se desequilibre, reduciendo la eficiencia.

Una válvula reguladora de flujo automática está destinada a asegurar que cada bobina tenga el flujo correcto en todo momento y bajo todas las condiciones de carga.

Las PICV integran el equilibrio dinámico y las funciones de control en un solo producto. Responden a los cambios de presión para mantener el flujo deseado.

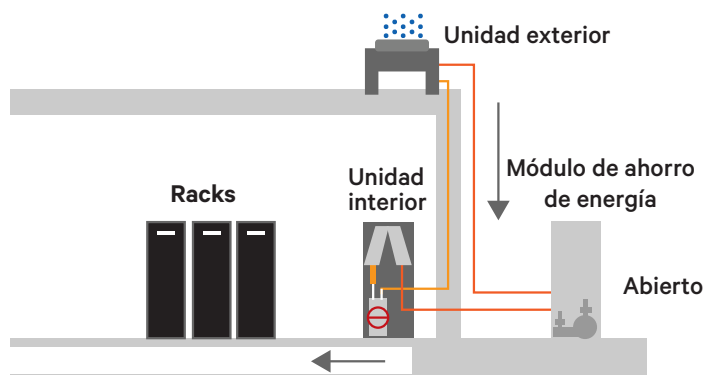
La parte de la válvula que regula la presión diferencial incorpora un diafragma de hule que se mueve por la presión diferencial y un resorte. Está expuesto a la presión de entrada en un lado y a la presión de salida en el otro. A medida que el diafragma se mueve, hace funcionar una válvula que mantiene una caída de presión constante a través de la válvula de bola, independientemente de los cambios en la presión del sistema. La sección de la válvula de bola se modula entonces para mantener el punto de ajuste de la sala, de modo que el flujo varía con la demanda de carga del centro de datos y no con los cambios en la presión del sistema.

Sistema de bombeo variable

En la era moderna, las métricas operacionales de los centros de datos como PUE, EER, etc. son muy importantes para mantener los estándares de clase mundial en el consumo energético de los centros de datos. La economía y el free-cooling son mecanismos por los que se pueden ofrecer soluciones de optimización automática y altamente eficientes.

En el modo de free-cooling o ECO, se despliega un sistema de bombeo para hacer circular el refrigerante en el sistema en lugar de un compresor. El último diseño adopta un sistema de bombeo variable (con un motor de bomba basado en un inversor) para hacer frente a las cargas dinámicas en la infraestructura de la TI. El refrigerante circula a través de bombas variables durante el invierno o con temperaturas ambientales más bajas.

Operación de free-cooling con aire ambiente frío

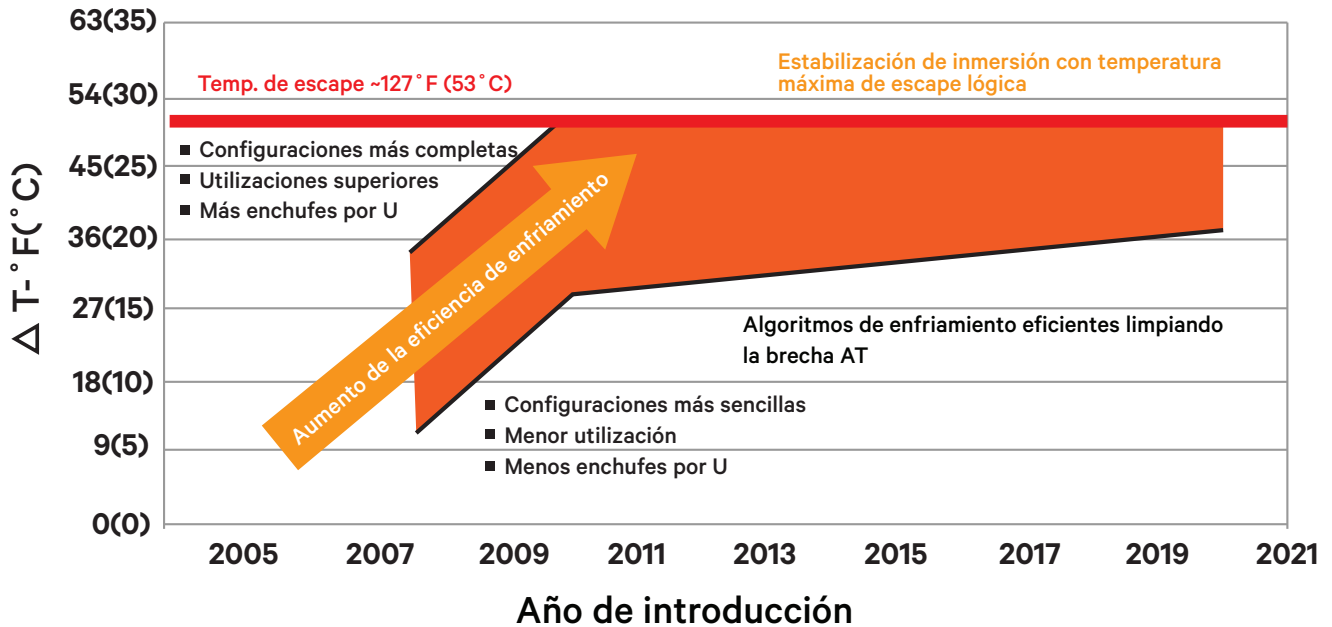


Control de la temperatura del aire de suministro

En los centros de datos modernos, factores como una mayor densidad de carga y perfiles de carga heterogéneos son comunes. Debido a estos factores, un mayor delta T entra en escena. Por eso se adopta la lógica de la temperatura del aire de suministro en los mecanismos de control de la temperatura, y así los controladores inteligentes juegan un papel muy importante en los sistemas de gerenciamiento térmico.

La capacidad de enfriamiento es un producto del flujo de aire y del delta T. En la carga variable de los equipos informáticos, se crea un flujo de aire dinámico y una variación del delta T entre los servidores. En esta condición, no es ideal la configuración constante de la temperatura del aire de retorno. Un controlador inteligente ayuda con los cambios dinámicos en la capacidad de enfriamiento, así como mantiene la presión constante para un enfriamiento uniforme y el ahorro de energía.

Equipo IT Tendencias ΔT a 77°F (25°C)



Fuente: Presentación de ASHRAE, Tendencias de potencia y refrigeración de equipos informáticos y mejores prácticas de implementación

Conferencia de verano de Seattle, 2014

Recomendación de Vertiv

Desde el principio, Vertiv ha invertido tiempo y recursos en la actualización de la tecnología y siempre propone soluciones tecnológicas basadas en las necesidades del mercado. Vertiv ofrece soluciones para todo tipo de aplicaciones y configuraciones críticas, incluyendo enfriamiento perimetral, enfriamiento por filas, unidad de manejo de aire (AHU) personalizada, enfriamiento de gabinetes pequeños, enfriamiento de laboratorio y más, dependiendo del patrón de carga y la infraestructura de carga.

Teniendo en cuenta los perfiles de carga variables en cada segmento, Vertiv incorpora componentes variables en sus soluciones como se describe brevemente a continuación:

- 3.5-15 kW: el compresor inversor, el ventilador EC y el EEV son opciones estándar
- Sistema de expansión directa (DX) de enfriamiento de laboratorio de 15 kW: todos los componentes modernos relacionados son estándar
- Sistema DX de 25-120 kW: todos los componentes variables están disponibles, algunos son estándar y el resto pueden ser entregados a solicitud
- Sistema de agua helada: El ventilador EC es estándar y el PICV es opcional.
- Sistemas AHU: Ventilador EC estándar
- Unidad de modo ECO: sistema de bombeo variable y ventiladores variables disponibles

Además, Vertiv ofrece directa o indirectamente refrigerante verde, calentador de etapas, humidificador variable y otras soluciones para ayudar en situaciones de carga dinámica dentro de aplicaciones críticas.

Conclusión

Los gerentes de las instalaciones se han enfrentado cada vez más a pautas de carga no fijas, por lo que el criterio para adoptar la mejor estrategia de enfriamiento es contar primero con un subsistema que sea lo suficientemente flexible para satisfacer la demanda variable y, al mismo tiempo, asegurar la mejor eficiencia energética general. Las capacidades informáticas avanzadas y la demanda cada vez mayor de datos no han hecho sino aumentar las condiciones de carga variable, lo que ha dado lugar a una repentina fluctuación del consumo energético que, en consecuencia, aumenta la producción de calor.

Además, factores como la agrupación de servidores, la virtualización de servidores y las zonas de alta densidad de calor crean problemas de enfriamiento. Para superar estos desafíos y cumplir con las métricas estándar PUE, WUE y CUE, la solución de gerenciamiento térmico debe estar equipada con componentes inteligentes que no sólo supervisen el comportamiento del centro de datos, sino que también respondan a sus cambios dinámicos.

En la actualidad, el mercado está adornado con una amplia gama de opciones para servir al propósito del enfriamiento. No obstante, para calificar el caso de prueba de criticidad, es primordial que la solución incluya características tales como la respuesta rápida a los cambios dinámicos, el conocimiento sensato de las condiciones reales y la suficiente flexibilidad para responder en tiempo real a los escenarios de manejo de carga variable.



Vertiv.com | Oficinas centrales de Vertiv, 1050 Dearborn Drive, Columbus, OH, 43085, EE. UU.

© 2021 Vertiv Group Corp. Todos los derechos reservados. Vertiv™ y el logo de Vertiv son marcas o marcas registradas de Vertiv Group Corp. Todos los demás nombres y logos a los que se hace referencia son nombres comerciales, marcas, o marcas registradas de sus dueños respectivos. Aunque se tomaron todas las precauciones para asegurar que esta literatura esté completa y exacta, Vertiv Group Corp. no asume ninguna responsabilidad y renuncia a cualquier demanda por daños como resultado del uso de esta información o de cualquier error u omisión. Las especificaciones, los reembolsos y otras ofertas promocionales están sujetas a cambio a la entera discreción de Vertiv y mediante notificación.