

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 095**

51 Int. Cl.:

**G05B 15/02** (2006.01)

**H05K 7/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2011 E 11761736 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 2604101**

54 Título: **Sistema y método para predecir la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos**

30 Prioridad:

**12.08.2010 US 855209**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**18.09.2014**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC IT CORPORATION  
(100.0%)  
132 Fairgrounds Road  
West Kingston, RI 02892, US**

72 Inventor/es:

**ZHANG, XUANHANG y  
VANGILDER, JAMES W.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 496 095 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema y método para predecir la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos

**Antecedentes**

**Campo de la invención**

5 Al menos una realización de acuerdo con la presente invención se refiere generalmente a sistemas y métodos para la gestión y el diseño de centros de datos, y más específicamente, a sistemas y métodos para predecir la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos.

**Discusión de la técnica relacionada**

10 En respuesta a las crecientes demandas de economías basadas en la información, las redes de tecnología de la información continúan proliferando a lo largo del mundo. Una manifestación de este crecimiento es el centro de datos de red centralizada. Un centro de datos de red centralizada consta típicamente de un equipo diverso de tecnología de la información colocado en una estructura que proporciona la conectividad de la red, potencia eléctrica y capacidad de enfriamiento. A menudo el equipo está alojado en unos recintos denominados "consolas" que integran estos elementos de conectividad, potencia y enfriamiento. En algunas configuraciones de los centros de datos estas hileras están organizadas en pasillos calientes y fríos para disminuir el coste asociado con el enfriamiento del equipo de tecnología de la información. Estas características hacen que los centros de datos sean una forma efectiva para entregar la potencia de cálculo requerida por muchas aplicaciones del soporte lógico.

15 Las diversas aplicaciones de procesos y de soporte lógico, tales como el Infracore® Central y el producto Operations Manager disponible en American Power Conversion Corporation (APC) de West Kingston, RI, han sido desarrollados para ayudar al personal de los centros de datos a diseñar y mantener unas configuraciones de centros de datos eficientes y efectivas. Estas herramientas a menudo guían al personal del centro de datos a través de actividades tales como el diseño de la estructura del centro de datos, al colocar el equipo dentro del centro de datos antes de la instalación y la reposición del equipo después de que la fabricación y la instalación estén terminadas. De este modo los conjuntos de herramientas convencionales proveen al personal del centro de datos de una metodología de diseño normalizada y predecible.

20 El documento US 2004/0262409 describe una técnica relacionada.

**Compendio de la invención**

25 Un primer aspecto de la invención está dirigido a un método ejecutado por un ordenador para evaluar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos. El método incluye recibir datos de entrada procedentes de un dispositivo de almacenamiento, en donde los datos de entrada incluyen información y datos operativos de la arquitectura del centro de datos, presentar visualmente un modelo del centro de datos, realizar en tiempo real cálculos sobre la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento del centro de datos mediante el uso de los datos de entrada, y presentar visualmente los resultados de los cálculos sobre la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento del centro de datos en tiempo real, en donde los resultados incluyen una temperatura máxima predicha del centro de datos después de una interrupción de potencia del centro de datos y/o del tiempo de enfriamiento transcurrido.

30 En el método los resultados pueden incluir una representación gráfica de la temperatura del centro de datos en relación con el tiempo de un período de tiempo después de la interrupción de potencia del centro de datos. El método puede además incluir comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, y controlar al menos un dispositivo en el centro de datos sobre la base del resultado de la comparación. El método puede además incluir comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, alterar los parámetros de diseño de centro de datos sobre la base del resultado de la comparación, y realizar una segunda iteración de los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real mediante el uso de los parámetros de diseño alterados. El método puede también incluir además un cambio en al menos un parámetro de enfriamiento en el centro de datos, y realizar una segunda iteración de cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real mediante el uso de al menos un parámetro de enfriamiento. El método puede incluir comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, y proporcionar un aviso a un operador sobre la base del resultado de la comparación. En el método los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real del centro de datos pueden incluir desarrollar un conjunto de ecuaciones lineales del equilibrio de energía y de transferencia de calor del centro de datos sobre la base de los datos de entrada, y generar una expresión simbólica para cada una de una pluralidad de variables de temperatura en el conjunto de las ecuaciones lineales del equilibrio de energía. El centro de datos puede incluir al menos un suministro de potencia ininterrumpible, y el método puede además incluir alterar una conexión del equipo de enfriamiento con el suministro de potencia ininterrumpible sobre la base del resultado de la comparación.

Otro aspecto de la invención está dirigido a un sistema para evaluar la calidad del funcionamiento del enfriamiento de un centro de datos. El sistema incluye un dispositivo de almacenamiento, una presentación visual, un controlador acoplado al dispositivo de almacenamiento y a la presentación visual y configurado para recibir datos de entrada procedentes del dispositivo de almacenamiento, en donde los datos de entrada incluyen información sobre la arquitectura del centro de datos y los datos operativos presentan visualmente un modelo del centro de datos en la presentación visual, realizan los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real del centro de datos mediante el uso de los datos de entrada, y controlan la presentación visual para presentar visualmente los resultados de los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real, en donde los resultados incluyen una temperatura máxima predicha del centro de datos después de una interrupción de la potencia del centro de datos.

En el sistema los resultados visualizados pueden incluir una representación gráfica de la temperatura del centro de datos en relación con el tiempo para un período de tiempo después de la interrupción de potencia del centro de datos. El controlador puede estar además configurado para comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, y controlar al menos un dispositivo en el centro de datos sobre la base del resultado de la comparación. El controlador puede también ser configurado para comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, alterar los parámetros de diseño del centro de datos sobre la base del resultado de la comparación, y realizar una segunda iteración de los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real, mediante el uso de los parámetros de diseño alterados. El controlador puede además ser configurado para detectar un cambio en al menos un parámetro de enfriamiento en el centro de datos, y realizar una segunda iteración de los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real mediante el uso de al menos un parámetro de enfriamiento. El controlador puede además ser configurado para comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, y proporcionar un aviso a un operador sobre la base del resultado de la comparación. El controlador puede también ser configurado para realizar los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real del centro de datos desarrollando un conjunto de ecuaciones lineales del equilibrio de energía y de transferencia de calor del centro de datos sobre la base de los datos de entrada, y generar una expresión simbólica para cada una de una pluralidad de variables de temperatura en el conjunto de las ecuaciones lineales del equilibrio de energía.

Otro aspecto de la invención está dirigido a un medio de ordenador que puede ser leído que tiene almacenadas en él unas secuencias de instrucciones que incluyen las instrucciones que hacen que un procesador: reciba unos datos de entrada referentes a la disposición de un centro de datos y a los sistemas de enfriamiento contenidos en el centro de datos, almacenar los datos de entrada, controlar un dispositivo de visualización para visualizar un modelo del centro de datos, realizar los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real del centro de datos mediante el uso de los datos de entrada, y controlar un dispositivo de visualización para visualizar los resultados de los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real.

El medio de ordenador que puede ser leído puede incluir además unas instrucciones que harán que el procesador determine una temperatura máxima del centro de datos después de una interrupción de la potencia. Las secuencias de instrucción pueden además incluir unas instrucciones que hagan que el procesador compare la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, y controlar al menos un dispositivo en el centro de datos sobre la base del resultado de la comparación. Las secuencias de instrucción pueden también incluir unas instrucciones que hagan que el procesador compare la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, alterar los parámetros de diseño del centro de datos sobre la base del resultado de la comparación, y realizar una segunda iteración de los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real, mediante el uso de los parámetros de diseño alterados. Las secuencias de instrucción pueden también incluir unas instrucciones que hagan que el procesador compare la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación, y proporcionar un aviso a un operador sobre la base del resultado de la comparación.

**Breve descripción de los dibujos**

No se ha pretendido que los dibujos que se acompañan estén dibujados a escala. En los dibujos cada componente idéntico o casi idéntico que está ilustrado en las diversas figuras está representado por un número igual. Con fines de claridad, no todos los componentes están etiquetados en cada dibujo. En los dibujos:

la Figura 1 muestra un sistema de ordenadores a modo de ejemplo con el que se pueden poner en práctica los diversos aspectos de acuerdo con la presente invención;

la Figura 2 ilustra un sistema distribuido a modo de ejemplo que incluye una realización;

la Figura 3 muestra un modelo de un sistema de enfriamiento en un primer centro de datos;

la Figura 4 muestra un modelo de un sistema de enfriamiento en un segundo centro de datos;

la Figura 5 muestra una pantalla de entrada que puede ser usada conjuntamente con un sistema de ordenadores de acuerdo con una realización;

la Figura 6 muestra una pantalla de resultados que puede ser usada conjuntamente con un sistema de ordenadores de acuerdo con una realización;

la Figura 7 es un diagrama de flujos de un primer proceso de acuerdo con una realización; y

la Figura 8 es un diagrama de flujos de un segundo proceso de acuerdo con una realización.

## 5 Descripción detallada

Al menos algunas realizaciones de acuerdo con la presente invención se refieren a sistemas y procesos a través de los cuales un usuario puede diseñar nuevas configuraciones de centros de datos y analizar, modificar, gestionar y controlar las configuraciones existentes. Estos sistemas pueden facilitar esta actividad permitiendo que el usuario cree modelos de configuraciones de centros de datos a partir de los cuales se puedan determinar medidas de funcionamiento. Tanto los sistemas como el usuario pueden emplear estas medidas de la calidad del funcionamiento para determinar configuraciones de centros de datos que cumplan los diversos objetivos del diseño. Además, en al menos una realización, un sistema proporciona predicciones de enfriamiento transitorias en tiempo real de una distribución propuesta de un equipo de centro de datos y también proporciona un análisis transitorio del enfriamiento de un centro de datos instalado.

Como está descrito en la Solicitud de Patente de EEUU N° 12/019109, titulada "Sistema y método para evaluar un equipo de enfriamiento de una consola", presentada el 24 de Enero de 2008 (denominada aquí "la Solicitud 109"), y en la Solicitud de Patente de EEUU N° 11/342.300, titulada "Métodos y sistemas para gestionar una instalación de potencia y enfriamiento" presentada el 27 de Enero de 2006 (denominada aquí como "la Solicitud 300"), cedidas ambas al cesionario de la presente solicitud, en donde ambas están por la presente incorporadas aquí por referencia en su totalidad, unas consolas de equipo típicas en los modernos centros de datos extraen aire de enfriamiento en la parte frontal de la consola y expulsan el aire fuera en la parte trasera de la consola. Las consolas del equipo y los enfriadores en hilera están típicamente dispuestos en hileras en una disposición alterna frontal/trasera que crea unos pasillos calientes y fríos alternantes en un centro de datos con el frente de cada hilera de consolas frente al pasillo frío y la parte trasera de cada hilera de consolas frente al pasillo caliente. Las hileras contiguas de las consolas del equipo separadas por un pasillo frío pueden ser referidas como un grupo de pasillo frío, y las hileras contiguas de las consolas del equipo separadas por un pasillo caliente pueden ser denominadas como un grupo caliente. Como es rápidamente evidente para una persona con una experiencia ordinaria en la técnica, una hilera de consolas del equipo puede ser parte de un grupo de un pasillo caliente y de un grupo de pasillo frío. En las descripciones y reivindicaciones presentes, el equipo en las consolas, o las consolas mismamente, pueden ser denominados como consumidores de enfriamiento, y las unidades de enfriamiento en hilera y/o los acondicionadores de aire en la sala del ordenador (CRACs) pueden ser denominados como proveedores de enfriamiento. En las solicitudes referenciadas se proporcionan unas herramientas para analizar la calidad del funcionamiento de un grupo de consolas en un centro de datos. En estas herramientas se pueden realizar múltiples análisis sobre diferentes disposiciones para intentar optimizar la calidad del funcionamiento del enfriamiento del centro de datos.

Las herramientas descritas en las aplicaciones referenciadas son efectivas en el análisis de la calidad del funcionamiento en régimen permanente de los centros de datos. La calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos también es crítica. En un centro de datos típico el suministro de la potencia eléctrica está típicamente soportado por unos suministros de potencia ininterrumpibles (UPS) y unos generadores de emergencia con unos niveles de redundancia especificados para asegurar el cálculo ininterrumpible. No obstante, en la mayoría de los centros de datos el sistema de enfriamiento se parará durante un corto período de tiempo tras la interrupción de la potencia, y los elementos electrónicos impulsados sensibles pueden llegar a sobrecalentarse. En centros de datos críticos los generadores se usan a menudo para impulsar los elementos electrónicos así como para enfriar los sistemas durante interrupciones de potencia largas, pero hay todavía típicamente un período de tiempo entre la interrupción de la potencia y el arranque de un generador, cuando los elementos electrónicos están operados desde un UPS, en el que el sistema de enfriamiento puede ser parado.

En los sistemas anteriores la temperatura de la instalación cambia durante una interrupción del enfriamiento, e incluso cuando el enfriamiento inicialmente vuelve, típicamente no son tratados, aunque el problema ha sido reconocido durante algún tiempo como se ha discutido en "Un análisis transitorio de las condiciones medioambientales para una instalación de una tarea crítica después de un fallo de potencia", Davar Abi-Zadeh y Peter Samain, Febrero de 2001. En al menos algunas realizaciones aquí descritas la calidad del funcionamiento transitorio de un sistema de enfriamiento de un centro de datos se analiza sobre la base de la capacidad de enfriamiento almacenada del sistema de enfriamiento. La capacidad de enfriamiento almacenada del sistema está afectada por varios factores que incluyen las conexiones de potencia entre los ventiladores y cualesquiera UPSs y entre las bombas de agua refrigerada y los UPSs, la arquitectura y las características de la sala del centro de datos y también el tamaño de los tanques de almacenamiento del agua refrigerada del centro de datos. En realizaciones de la invención, los métodos y las herramientas son proporcionados para permitir que un usuario estime la capacidad de enfriamiento almacenada y el tiempo de funcionamiento del enfriamiento para una instalación crítica de una tarea. Estas herramientas y métodos pueden ser usados conjuntamente con las herramientas de diseño del centro de datos y con las herramientas de gestión del centro de datos.

Los aspectos descritos aquí de acuerdo con la presente invención no están limitados en su aplicación a los detalles de fabricación y a la disposición de los componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. Estos aspectos son capaces de asumir otras realizaciones y de ser ejecutados o de ser realizados de diversas formas. Aquí se proporcionan ejemplos de ejecuciones específicas con fines ilustrativos solamente y no tienen como fin ser limitativos. En particular, las acciones, elementos y características discutidos en conexión con cualquiera o más realizaciones no tienen como objeto ser excluidos de un papel similar en cualesquiera otras realizaciones.

Por ejemplo, de acuerdo con una realización de la presente invención, un sistema de ordenadores está configurado para realizar cualquiera de las funciones aquí descritas, que incluyen pero no están limitadas a, configurar, modelar y presentar información referente a configuraciones específicas de los centros de datos. Además, los sistemas de ordenadores en realizaciones de los centros de datos pueden ser usados para medir automáticamente parámetros ambientales en un centro de datos, y el equipo de control, tal como los refrigeradores o enfriadores para optimizar la calidad del funcionamiento. Por otra parte, los sistemas aquí descritos pueden ser configurados para incluir o excluir cualquiera de las funciones aquí discutidas. De este modo la invención no está limitada a una función o conjunto de funciones específicas. También, la fraseología y terminología aquí usada es con fines de descripción y no debería ser considerada como limitativa. El uso aquí de "que incluye", "que comprende", "que tiene", "que contiene", "que implica", y las variantes de ellos se entienden para abarcar los elementos listados más adelante y sus equivalentes así como los elementos adicionales.

#### Sistema de ordenadores

Los diversos aspectos y funciones aquí descritos de acuerdo con la presente invención pueden ser ejecutados como soporte físico o soporte lógico en uno o más sistemas de ordenadores. Hay muchos ejemplos de sistemas de ordenadores actualmente en uso. Estos ejemplos incluyen, entre otros, aparatos en la red, ordenadores personales, puestos de trabajo, ordenadores principales, clientes en red, servidores, servidores de medios, servidores de aplicaciones, servidores de bases de datos y servidores de la web. Otros ejemplos de sistemas de ordenadores pueden incluir dispositivos de cálculo móviles, tales como teléfonos celulares y asistentes digitales personales, y equipos de red, tales como equilibradores de carga, encaminadores y conmutadores. Además, se pueden situar aspectos de acuerdo con la presente invención en un único sistema de ordenadores o pueden ser distribuidos entre una pluralidad de sistemas de ordenadores conectados a una o más redes de comunicaciones.

Por ejemplo, los diversos aspectos y funciones pueden ser distribuidos entre uno o más sistemas de ordenadores configurados para proporcionar un servicio a uno o más ordenadores de clientes, o para realizar una tarea general como parte de un sistema distribuido. Adicionalmente, se pueden realizar aspectos en un servidor-cliente o un sistema de puntos de acceso múltiples que incluyen componentes distribuidos entre uno o más sistemas de servidor que realizan diversas funciones. De este modo, la invención no está limitada a la ejecución en cualquier sistema o grupo de sistemas particular. Además, otros aspectos pueden ser ejecutados en el soporte lógico, en el soporte físico o en el soporte lógico inalterable, o en cualquier combinación de ellos. De este modo, los aspectos de acuerdo con la presente invención pueden ser ejecutados en métodos, acciones, sistemas, elementos y componentes del sistema que usan una variedad de configuraciones de soporte físico y de soporte lógico, y la invención no está limitada a cualquier arquitectura, red, o protocolo de comunicación distribuido particular.

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema de ordenadores distribuido 100, en el que se pueden poner en práctica los diversos aspectos y funciones de acuerdo con la presente invención. El sistema de ordenadores distribuido 100 puede incluir uno o más sistemas de ordenadores. Por ejemplo, como se ha ilustrado, el sistema de ordenadores distribuido 100 incluye los sistemas de ordenadores 102, 104 y 106. Como se ha mostrado, los sistemas de ordenadores 102, 104 y 106 están interconectados por, y pueden intercambiar datos a través de, la red de comunicaciones 108. La red 108 puede incluir cualquier red de comunicaciones a través de la cual los sistemas de ordenadores pueden intercambiar datos. Para intercambiar datos mediante el uso de la red 108 los sistemas de ordenadores 102, 104 y 106 y la red 108 pueden usar diversos métodos, protocolos y normas, que incluyen, entre otros, el anillo con paso de testigo, ethernet, ethernet inalámbrica, Bluetooth, TCP/IP, UDP, Http, FTP, SNMP, SMS, MMS, SS7, Json, Soap, y Corba. Para asegurar que la transferencia de datos sea segura los sistemas de ordenadores 102, 104 y 106 pueden transmitir datos a través de la red 108 mediante el uso de una variedad de medidas de seguridad que incluyen las TSL, SSL, o VPN entre otras técnicas de seguridad. En tanto que el sistema de computadores distribuido 100 ilustra tres sistemas de ordenadores en red, el sistema de ordenadores distribuido 100 puede incluir cualquier número de sistemas de ordenadores y de dispositivos de cálculo, en red mediante el uso de cualquier medio y protocolo de comunicación.

Los diversos aspectos y funciones de acuerdo con la presente invención pueden ser ejecutados como un soporte físico o soporte lógico especializado que se ejecuta en uno o más sistemas de ordenadores que incluyen el sistema de ordenadores 102 mostrado en la Figura 1. Como se ha representado, el sistema de ordenadores 102 incluye el procesador 110, la memoria 112, la barra de distribución 114, la interfaz 116 y el almacenamiento 118. El procesador 110 puede realizar una serie de instrucciones que da lugar a datos manipulados. El procesador 110 puede ser un procesador disponible comercialmente tal como un procesador Intel Pentium, un Motorola Power PC, un SGI MIPS, un Sun Ultra SPARC, o un Hewlett-Packard PA-RISC, pero puede ser cualquier tipo de procesador o

controlador como muchos otros procesadores y controladores disponibles. El procesador 110 está conectado a otros elementos del sistema, que incluyen uno o más dispositivos de memoria 112, por la barra de distribución 114.

5 La memoria 112 puede ser usada para almacenar programas y datos durante la operación del sistema de ordenadores 102. De este modo, la memoria 112 puede ser una memoria de acceso aleatorio, volátil, con una calidad del funcionamiento relativamente alta, tal como una memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM) o una memoria de acceso aleatorio estática (SRAM). No obstante, la memoria 112 puede incluir cualquier dispositivo de almacenamiento para almacenar datos, tales como una unidad de disco u otro dispositivo de almacenamiento no volátil. Las diversas realizaciones de acuerdo con la presente invención pueden organizar la memoria 112 en unas estructuras particularizadas y, en algunos casos únicas, para realizar los aspectos y funciones aquí descritos.

10 Los componentes del sistema de ordenadores 102 pueden ser acoplados por un elemento de interconexión tal como una barra de distribución 114. Dicha barra de distribución 114 puede incluir una o más barras de distribución físicas, por ejemplo unas barras de distribución entre componentes que están integrados dentro de una misma máquina, pero pueden incluir cualquier acoplamiento de comunicación entre elementos del sistema que incluyen tecnologías de barras de distribución de cálculo especializadas o normalizadas tales como las IDE, SCSI, PCI e InfiniBand. De este modo, la barra de distribución 114 facilita que comunicaciones, por ejemplo, datos e instrucciones, sean intercambiadas entre los componentes del sistema de ordenadores 102.

15 El sistema de ordenadores 102 incluye también uno o más dispositivos de interfaz 116 tal como dispositivos de entrada, dispositivos de salida y una combinación de dispositivos de entrada/salida. Los dispositivos de interfaz pueden recibir entrada o proporcionar salida. Más particularmente, los dispositivos de salida pueden ofrecer información de presentación externa. Los dispositivos de entrada pueden aceptar información procedente de fuentes externas. Ejemplos de dispositivos de interfaz pueden incluir teclados, dispositivos de ratón, bolas giratorias de seguimiento, micrófonos, pantallas táctiles, dispositivos de impresión, pantallas de visualización, altavoces, tarjetas de interfaz de red, etc. Los dispositivos de interfaz permiten que un sistema de ordenadores 102 intercambie información y que comunique con entidades externas, tales como los usuarios de otros sistemas.

20 El sistema de almacenamiento 118 puede incluir un medio de almacenamiento de ordenador no volátil que puede ser leído y escrito en el que están almacenadas unas instrucciones que definen un programa que ha de ser ejecutado por el procesador. El sistema de almacenamiento 118 puede también incluir información que es grabada, sobre o en el medio, y esta información puede ser procesada por el programa. Más específicamente, la información puede ser almacenada en una o más estructuras de datos configuradas específicamente para almacenar espacio o aumentar la calidad del funcionamiento del intercambio de datos. Las instrucciones pueden ser almacenadas persistentemente como señales codificadas, y las instrucciones pueden hacer que un procesador realice cualquiera de las funciones aquí descritas. El medio puede, por ejemplo, ser un disco óptico, un disco magnético o una memoria instantánea, entre otros. En operación el procesador o algunos otros controladores pueden hacer que los datos que han de ser leídos procedentes del medio de grabación no volátil en otra memoria, tal como la memoria 112, que permite un acceso más rápido a la información por el procesador de como lo hace el medio de almacenamiento incluido en el sistema de almacenamiento 118. La memoria puede ser situada en el sistema de almacenamiento 118 o en la memoria 112, no obstante, el procesador 110 puede manipular los datos dentro de la memoria 112, y después copia los datos en el medio asociado con el sistema de almacenamiento 118 después de haber terminado el procesamiento. Una variedad de componentes puede gestionar el movimiento de datos entre el medio y el elemento de memoria del circuito integrado, y la invención no está limitada a esto. Además, la invención no está limitada a un sistema de memoria o sistema de almacenamiento particular.

25 A pesar de que el sistema de ordenadores 102 se ha mostrado a modo de ejemplo como un tipo de sistema de ordenadores en el que se pueden poner en práctica diversos aspectos y funciones de acuerdo con la presente invención, los aspectos de la invención no están limitados a ser ejecutados en el sistema de ordenadores mostrado en la Figura 1. Los diversos aspectos y funciones de acuerdo con la presente invención pueden ser ejecutados en uno o más ordenadores que tienen unas arquitecturas o componentes diferentes de los mostrados en la Figura 1. Por ejemplo, el sistema de ordenadores 102 puede incluir un soporte físico especialmente programado, para un fin especial tal como, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) especialmente adaptado para realizar una operación particular aquí descrita, en tanto que otra realización puede realizar la misma función mediante el uso de varios dispositivos de cálculo de usos múltiples MAC OS System X con procesadores Motorola PowerPC y varios dispositivos de cálculo especializados que funcionan en soportes físicos y en sistemas operativos de uso interno.

30 El sistema de ordenadores 102 puede ser un sistema de ordenadores que incluye un sistema operativo que gestiona al menos una parte de los elementos del soporte físico incluidos en el sistema de ordenadores 102.

35 Usualmente, un procesador o controlador, tal como un procesador 110, ejecuta un sistema operativo que puede ser, por ejemplo, un sistema operativo basado en Windows, tal como los sistemas operativos Windows NT, Windows 2000 (Windows ME), Windows XP o Windows Vista, disponibles en Microsoft Corporation, un sistema operativo MAC OS System X de Apple Computer, una de las muchas distribuciones de sistemas operativos basados en Linux, por ejemplo, el sistema operativo Enterprise Linux disponible en Red Hat Inc., un sistema operativo Solaris disponible en

Sun Microsystems, un sistema operativo UNIX disponible en diversas fuentes. Se pueden usar muchos otros sistemas operativos, y las realizaciones no están limitadas a cualquier puesta en práctica particular.

El procesador y el sistema operativo definen conjuntamente una plataforma de ordenadores para la que pueden ser escritos los programas de aplicación en lenguajes de programación de alto nivel. Estas aplicaciones de componentes pueden ser ejecutables, intermedia, por ejemplo, C-, código de bytes o código interpretado que comunica en una red de comunicaciones, por ejemplo, Internet, mediante el uso de un protocolo de comunicación, por ejemplo TCP/IP. De modo similar, los aspectos de acuerdo con la presente invención pueden ser ejecutados mediante el uso de un lenguaje de programación orientado a objetos, tal como Net, SmallTalk, Java, C++, Ada, o C# (C-Sharp). Se pueden usar otros lenguajes de programación orientados a objetos. Alternativamente, se pueden usar lenguajes de programación funcionales, de textos, o lógicos.

Adicionalmente, diversos aspectos y funciones de acuerdo con la presente invención pueden ser ejecutados en un entorno no programado, por ejemplo, documentos creados en HTML, XML, u otro formato que, cuando son vistos en una ventana de un programa de exploración, ofrecen aspectos de interfaz de usuario gráfico o realizan otras funciones. Además, se pueden poner en práctica diversas realizaciones de acuerdo con la presente invención como elementos programados o no programados, o cualquier combinación de ellos. Por ejemplo, una página web puede ser puesta en práctica mediante el uso de HTML en tanto que un objeto de datos invocado desde dentro de la página web puede ser escrito en C++. De este modo, la invención no está limitada a un lenguaje de programación específico, y se podría usar también cualquier lenguaje de programación apropiado. Además, en al menos una realización, la herramienta puede ser puesta en práctica mediante el uso de VBA Excel.

Un sistema de ordenadores incluido en una realización puede realizar unas funciones adicionales fuera del alcance de la invención. Por ejemplo, aspectos del sistema pueden ser ejecutados mediante el uso de productos comerciales existentes, tales como, por ejemplo, los Sistemas de gestión de bases de datos tales como el SQL Server disponible en Microsoft de Seattle WA., Oracle Database de Oracle de Redwood Shores, CA, y MySQL en MySQL AB de Uppsala, Suecia o un soporte lógico de integración tal como el soporte lógico personalizado Web Sphere en IBM de Armonk, NY. No obstante, un sistema de ordenadores que utiliza, por ejemplo, el SQL Server puede ser capaz de soportar ambos aspectos de acuerdo con la presente invención y bases de datos para diversas aplicaciones no dentro del alcance de la invención.

#### Arquitectura de un sistema a modo de ejemplo

La Figura 2 representa un diagrama de contexto que incluye unos elementos físicos y lógicos del sistema distribuido 200. Como se ha mostrado, el sistema distribuido 200 está especialmente configurado de acuerdo con la presente invención. La estructura y el contenido del sistema citado con respecto a la Figura 2 son con fines a modo de ejemplo solamente y no se pretende limitar la estructura específica de la invención mostrada en la Figura 2. Como será evidente a una persona con una experiencia ordinaria en la técnica, se pueden aplicar muchas variantes en la arquitectura del sistema sin desviarse del alcance de la presente invención. La disposición particular presentada en la Figura 2 fue elegida para facilitar la claridad.

La información puede fluir entre los elementos, componentes y subsistemas representados en la Figura 2 mediante el uso de una técnica cualquiera. Tales técnicas incluyen, por ejemplo, pasar la información sobre la red a través del TCP/IP, pasar la información entre módulos en la memoria y pasar la información escribiendo en un archivo, una base de datos, o algún otro dispositivo de almacenamiento no volátil. Se pueden usar otras técnicas y protocolos sin apartarse del alcance de la invención.

Con referencia ahora a la Figura 2, el sistema 200 incluye el usuario 202, la interfaz 204, el sistema 206 de diseño y gestión del centro de datos, la red de comunicaciones 208 y la base de datos 210 del centro de datos. El sistema 200 puede permitir al usuario 202, tal como un arquitecto del centro de datos o a otro personal del centro de datos, interactuar con la interfaz 204 para crear o modificar un modelo de una o más configuraciones del centro de datos. De acuerdo con una realización, la interfaz 204 puede incluir aspectos del editor de pisos y del editor de consolas descritos en la Solicitud del tratado de cooperación de patentes N° PCT/US08/63675, titulado MÉTODOS Y SISTEMAS PARA GESTIONAR UNA INSTALACIÓN DE POTENCIA Y ENFRIAMIENTO, presentado el 15 de Mayo de 2008, que está incorporado aquí por referencia en su totalidad y a partir de ahora será referido como PCT/US08/63675. En otras realizaciones la interfaz 204 puede ser puesta en práctica con instalaciones especializadas que facilitan al usuario 202 diseñar, en forma de arrastrar y soltar un modelo que incluye una representación de la disposición física de un centro de datos o de cualquier subsección de él. Esta disposición puede incluir representaciones de los componentes estructurales del centro de datos así como del equipo del centro de datos. Las características de la interfaz 204, como puede ser encontrada en diversas realizaciones de acuerdo con la presente invención, se discuten más adelante. En al menos una realización, la información referente a un centro de datos es introducida en el sistema 200 a través de la interfaz, y se proporcionan al usuario valoraciones y recomendaciones relativas al centro de datos. Además, en al menos una realización, los procesos de optimización pueden ser realizados para optimizar la calidad del funcionamiento del enfriamiento y el uso de la energía del centro de datos.

Como se ha mostrado en la Figura 2, el sistema 206 de diseño y gestión del centro de datos presenta la interfaz 204 de diseño de datos al usuario 202. De acuerdo con una realización, el sistema 206 de diseño y gestión del centro de datos puede incluir el sistema de diseño y gestión del centro de datos descrito en el documento PCT/US08/63675. En esta realización la interfaz 204 de diseño puede incorporar una funcionalidad del módulo de entrada, el módulo de visualización y el módulo de construcción incluidos en el documento PCT/US08/63675 y puede usar el módulo de la base de datos para almacenar y recuperar datos.

Como se ha ilustrado, el sistema 206 de diseño y gestión del centro de datos puede intercambiar información con la base de datos 210 del centro de datos por medio de la red 208. Esta información puede incluir cualquier información requerida para soportar las características y funciones del sistema 206 de diseño y gestión del centro de datos. Por ejemplo, en una realización la base de datos 210 del centro de datos puede incluir al menos alguna parte de los datos almacenados en la base de datos del equipo del centro de datos descrito en el documento PCT/US08/63675. En otra realización esta información puede incluir cualquier información requerida para soportar la interfaz 204, tal como, entre otros datos, la disposición física de una o más configuraciones del modelo del centro de datos, las características de producción y distribución de los proveedores de enfriamiento en las configuraciones del modelo, las características de consumo de los consumidores del enfriamiento en las configuraciones del modelo, y un listado de consolas de equipos y de proveedores de enfriamiento que ha de ser incluida en un conjunto.

En una realización la base de datos 210 del centro de datos puede almacenar tipos de proveedores de enfriamiento, la cantidad de aire frío proporcionada por cada tipo de proveedor de enfriamiento, y la temperatura del aire frío proporcionado por el proveedor de enfriamiento. De este modo, por ejemplo, la base de datos 210 del centro de datos incluye unos registros de un tipo particular de unidad CRAC que está dimensionada para liberar un flujo de aire a la velocidad de 5.600 cfm a una temperatura de 68 grados Fahrenheit. Además, la base de datos 210 del centro de datos puede almacenar una o más medidas de enfriamiento, tal como las temperaturas de entrada y salida de una o más consolas del equipo. Las temperaturas pueden ser medidas periódicamente e introducidas en el sistema, o en otras realizaciones, las temperaturas pueden ser continuamente monitorizadas mediante el uso de dispositivos acoplados al sistema 200.

La base de datos 210 del centro de datos puede adoptar la forma de cualquier estructura lógica capaz de almacenar información en un medio de ordenadores que puede ser leído, que incluye, entre otras estructuras, archivos planos, archivos indexados, bases de datos jerárquicas, bases de datos relacionales u bases de datos orientadas a un objeto. Los datos pueden ser modelados mediante el uso de relaciones e índices de clave única y extraña. Dichas relaciones e índices de clave única y extraña pueden ser fijadas entre los diversos campos y tablas para asegurar la integridad de los datos y la calidad del funcionamiento del intercambio de datos.

Los sistemas de ordenadores mostrados en la Figura 2, los cuales incluyen el sistema 206 de diseño y gestión del centro de datos, la red 208 y la base de datos 210 del equipo del centro de datos, puede cada uno incluir uno o más sistemas de ordenadores. Además, el sistema de la Figura 2 puede también conectar con uno o más dispositivos en un centro de datos, que incluye componentes del sistema de enfriamiento o del sistema de distribución de potencia para controlar y monitorizar estos sistemas. Como se ha discutido antes con respecto a la Figura 1, los sistemas de ordenadores pueden tener uno o más procesadores o controladores, memoria y dispositivos de interfaz. La particular configuración del sistema 200 representado en la Figura 2 se usa para fines ilustrativos solamente y las realizaciones de la invención pueden ser ejecutadas en otros contextos. De este modo, las realizaciones de la invención no están limitadas a un número específico de usuarios o sistemas.

En al menos una realización, que se describirá ahora, se proporciona una herramienta que predice en tiempo real la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos. La herramienta utiliza métodos novedosos de modelización de un centro de datos y que simplifican el análisis de los modelos para predecir la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real. La capacidad para predecir la calidad del funcionamiento en tiempo real permite a la herramienta que ha de ser usada analizar rápidamente varias posibles soluciones y considerar las diversas soluciones de compromiso. Como se discute más adelante, la herramienta puede ser usada como una herramienta autónoma de solución de compromiso, incorporada en un sistema de diseño de un centro de datos, o incorporada como parte de un sistema de gestión de un centro de datos tal como el producto InfrastruXure® Central de APC antes discutido.

En la descripción de las realizaciones de la invención, es útil comenzar con una descripción de un modelo transitorio de un centro de datos usado con algunas realizaciones. En el modelo un centro de datos enfriado por agua refrigerada puede ser considerado como que consta de tres bucles: un bucle en el lado del aire y dos bucles en el lado del agua. En el bucle en el lado del aire el aire enfriado suministrado por los enfriadores entra en la sala (o cámara de sobrepresión, después a la sala) y se mezcla con el aire frío procedente de la descarga del servidor y es calentado por la carga caliente. Se supone que el flujo de aire ha de estar totalmente mezclado dentro de la sala del centro de datos antes de abandonarla a través de los retornos del enfriador.

El sistema de agua refrigerada tiene dos bucles. El primero es un bucle entre las plantas del refrigerador y los enfriadores en la sala. El agua refrigerada es suministrada desde los refrigeradores por bombas que hacen circular el agua a través de una red de tubos. El agua refrigerada entra primero en un tanque de almacenamiento, en donde se almacena un cierto volumen de agua refrigerada para servir como una fuente de enfriamiento durante los fallos

de potencia, y el agua refrigerada fluye a continuación a través de los serpentines de enfriamiento de cada enfriador en la sala. Una parte del agua refrigerada puede también puentear los serpentines de enfriamiento con fines de control. Estas dos corrientes de agua se mezclan juntamente antes de que el agua vuelva a los refrigeradores.

5 El segundo bucle del sistema de agua refrigerada incluye la circulación entre los refrigeradores y las torres de enfriamiento. En al menos un modelo usado aquí no se ha considerado el segundo bucle.

10 En la Figura 3 se muestra un modelo 300 que representa el flujo de aire y el flujo de agua en el primer bucle 310 y en el segundo bucle 320 de una arquitectura predominante de enfriamiento en la sala con una cámara de sobrepresión con el piso elevado. En la Figura 3 el primer bucle 310 incluye un enfriador 312, que incluye todos los enfriadores del sistema, una cámara de sobrepresión 314 y la sala 316 del centro de datos. El aire procedente del enfriador 312 que tiene una temperatura  $T_s^a$  pasa del enfriador 312 a la cámara de sobrepresión 314 y se mezcla con aire en la cámara de sobrepresión, y la temperatura del aire totalmente mezclado en la cámara de sobrepresión es  $T_p^a$ . El aire procedente de la cámara de sobrepresión pasa a través de las baldosas perforadas del piso y a través de los diversos caminos de dispersión a la sala 316 en donde se mezcla con el aire en la sala, lo que da lugar a un aire de la sala totalmente mezclado que tiene una temperatura  $T_r^a$ . El aire de la sala totalmente mezclado vuelve al enfriador.

15 En el modelo 300 de la Figura 3 el segundo bucle incluye un refrigerador 322, un tanque 324, el enfriador 312 y una tubería de desvío 326. El agua refrigerada procedente del refrigerador 322 que tiene una temperatura  $T_c^w$  entra en el tanque 32, y el agua procedente del tanque de almacenamiento que tiene una temperatura  $T_s^w$  pasa a la tubería de desvío 326 y al enfriador 212. El agua de retorno procedente del enfriador, que tiene una temperatura  $T_r^w$ , se mezcla con el agua procedente de la tubería de desvío y vuelve al refrigerador. La temperatura del agua al refrigerador es  $T_h^w$ .

20 Para una realización que ahora se describirá, las ecuaciones del equilibrio de la energía pueden ser deducidas para la sala del centro de datos, el enfriador y el sistema de agua refrigerada sobre la base del modelo mostrado en la Figura 3. La ecuación (1) es una ecuación del equilibrio de la energía para la sala.

25 
$$\dot{Q}_{IT} + m^a c_p^a T_p^a = m^a c_p^a T_r^a + h_E A_E (T_r^a - T_E) + \rho^a c_p^a V_R \frac{dT_r^a}{dt} \quad (1)$$

en donde:

$\dot{Q}_{IT}$  con punto es la carga total en el centro de datos

$m^a$  con punto es la velocidad del flujo de masa del suministro de aire del enfriador

$T_p^a$  es la temperatura del aire en la cámara de sobrepresión totalmente mezclado

30  $T_r^a$  es la temperatura del aire en la sala totalmente mezclado

$h_E$  es el coeficiente de transferencia del calor de convección entre el equipo y el aire en la sala

$A_E$  es el área total de la superficie expuesta del equipo

$T_E$  es la temperatura de la superficie del equipo

$\rho^a$  es la densidad del aire

35  $V_R$  es el volumen de aire en la sala

$t$  es el tiempo

Hay que advertir que esta ecuación puede ser ampliada para incluir las características de la sala tales como paredes, ventanas, techo, y otras superficies sólidas, que son capaces de comportarse como sumideros de calor para realizar el intercambio de calor con el aire.

40 Para la sala del centro de datos, la velocidad de cambio de la temperatura de la sala es aproximada mediante el uso de la ecuación (2)

$$\frac{dT_r^a}{dt} \approx \frac{T_r^a - T_r^{a*}}{\Delta t} \quad (2)$$

en donde:

$\Delta t$  es un pequeño intervalo

$T_r^{a^*}$  es la temperatura del aire de la sala antes del intervalo de tiempo  $\Delta t$

$T_r^a$  es la temperatura del aire de la sala después del intervalo de tiempo  $\Delta t$

De forma similar, para el equipo contenido en el centro de datos, la Ecuación (3) demuestra la transferencia de calor entre el equipo y el aire de la sala.

$$5 \quad (Mc)_E \frac{dT_E}{dt} = (Mc)_E \frac{T_E - T_E^*}{\Delta t} = h_E A_E (T_r^a - T_E) \quad (3)$$

en donde:

$(Mc)_E$  es la masa por el calor específico del equipo

$T_E^*$  es la temperatura de la superficie del equipo antes del intervalo de tiempo  $\Delta t$

$T_E$  es la temperatura de la superficie del equipo después del intervalo de tiempo  $\Delta t$

10 La ecuación (4) proporciona una ecuación del equilibrio de energía de la cámara de sobrepresión.

$$m^a c_p^a T_s^a = m^a c_p^a T_p^a + h_B A_B (T_p^a - T_B) + \rho c_p^a V_R \frac{dT_r^a}{dt} \quad (4)$$

en donde:

$T_s^a$  es la temperatura del aire de suministro del enfriador

15  $h_B$  es el coeficiente de transferencia del calor de convección entre la obstrucción de la cámara de sobrepresión tal como las losas de hormigón y los tubos de aire refrigerado y el aire

$A_B$  es el área total de la superficie de la obstrucción de la cámara de sobrepresión

$T_B$  es la temperatura de la superficie de la obstrucción de la cámara de sobrepresión

$V_p$  es el volumen del aire en la cámara de sobrepresión

La velocidad de cambio de la temperatura de la cámara de sobrepresión es aproximada por:

$$20 \quad \frac{dT_p^a}{dt} \approx \frac{T_p^a - T_p^{a^*}}{\Delta t} \quad (5)$$

en donde:

$T_p^{a^*}$  es la temperatura del aire de la cámara de sobrepresión antes del intervalo de tiempo  $\Delta t$

$T_p^a$  es la temperatura del aire de la cámara de sobrepresión después del intervalo de tiempo  $\Delta t$

25 Una cámara de sobrepresión de aire típica con el piso elevado tiene varias obstrucciones que pueden, además de impedir el flujo del aire, pueden proporcionar una masa térmica significativa. La ecuación (6) representa una ecuación del equilibrio de energía de esas obstrucciones.

$$(Mc)_B \frac{dT_B}{dt} \approx (Mc)_B \frac{T_B - T_B^*}{\Delta t} = h_B A_B (T_p^a - T_B) \quad (6)$$

en donde:

$(Mc)_B$  es la masa por el calor específico de la obstrucción de la cámara de sobrepresión

30  $T_B^*$  es la temperatura de la superficie de la obstrucción de la cámara de sobrepresión antes del intervalo de tiempo  $\Delta t$

$T_B$  es la temperatura de la superficie de la obstrucción de la cámara de sobrepresión después del intervalo de tiempo  $\Delta t$

Una ecuación del equilibrio de energía puede también ser obtenida para los intercambiadores de calor en los enfriadores. A partir del modelo de intercambiador de calor Log Mean Temperature Differential (LMTD), una medida

bien conocida de diseño del intercambiador de calor el funcionamiento de los enfriadores puede ser caracterizada mediante el uso de la ecuación (7).

$$\frac{T_r^a - T_r^w}{T_s^a - T_s^w} = \exp \left[ AUf \left( \frac{1}{m^a c_p^a} - \frac{1}{m^w c_p^w} \right) \right] \quad (7)$$

en donde:

5  $T_r^w$  es la temperatura del flujo de agua que abandona los enfriadores

$T_s^w$  es la temperatura del flujo de agua que entra en los enfriadores

A es el área total de la superficie del serpentín

U es el valor U general de los serpentines en los enfriadores

f es el coeficiente del intercambiador de calor

10  $m^w$  es la velocidad del flujo de la masa de agua que entra en los enfriadores

$c_p^w$  es el calor específico del agua

Además, como la carga total eliminada por los enfriadores debería ser igual a la carga total en el centro de datos, la ecuación (8) se satisface para mantener el equilibrio de energía en la sala del centro de datos.

$$\dot{Q}_{IT} = m^a c_p^a (T_r^a - T_s^a) = m^w c_p^w (T_r^w - T_s^w) \quad (8)$$

15 La ecuación (9) representa una ecuación del equilibrio de energía del sistema de refrigeración.

$$M^w c_p^w T_h^w = M^w c_p^w T_c^w + Q_{chiller} \quad (9)$$

en donde:

$M^w$  es la velocidad del flujo de agua del refrigerador

$T_h^w$  es la temperatura del flujo de agua que entra en los refrigeradores

20  $T_c^w$  es la temperatura del flujo de agua que abandona los refrigeradores

$Q_{chiller}$  es la carga de enfriamiento total proporcionada por los enfriadores u otras unidades de refrigeración.

En unas condiciones operativas de estado estacionario, esto debería ser igual a la carga total en la sala del centro de datos. No obstante, la carga de enfriamiento total es una función del tiempo durante el arranque de nuevo del refrigerador y depende de factores tales como el programa de carga.

25 La ecuación (10) representa la ecuación del equilibrio de energía del tanque de almacenamiento del agua refrigerada.

$$M^w c_p^w T_c^w = M^w c_p^w T_s^w + M_{storage} c_p^w \frac{dT_s^w}{dt} \quad (10)$$

en donde:

$M_{storage}$  es la masa total del almacenamiento del regulador del agua refrigerada.

30 La velocidad de cambio de la temperatura del agua que entra en el enfriador puede ser aproximada por la ecuación (11).

$$\frac{dT_s^w}{dt} \approx \frac{T_s^w - T_s^{w*}}{\Delta t} \quad (11)$$

en donde:

$T_s^{w*}$  es la temperatura del flujo de agua que entra en los enfriadores antes del intervalo de tiempo  $\Delta t$

$T_s^w$  es la temperatura del después del flujo de agua que entra en los enfriadores intervalo de tiempo  $\Delta t$

Las características transitorias del agua en la tubería de retorno pueden también ser expresadas en una forma similar a la de la ecuación (10). En al menos una realización, como el volumen del sistema de tuberías es relativamente despreciable en comparación con el volumen del tanque de almacenamiento de agua, este efecto es ignorado para simplificar el proceso.

Finalmente, para el sistema de agua refrigerada el equilibrio de energía en toda el agua en los bucles de las tuberías puede ser expresado como se muestra en la ecuación (12).

$$T_s^w (M^w - m^w) c_p^w + T_r^w m^w c_p^w = T_h^w M^w c_p^w \quad (12)$$

Las combinaciones y sustituciones pueden reducir las anteriores 12 ecuaciones a un conjunto de nueve ecuaciones lineales. Más específicamente, mediante la sustitución de la ecuación (2) en (1), (5) en (4), y (11) en (10), se obtiene un conjunto de nueve ecuaciones lineales, con nueve incógnitas:  $T_p^a$ ,  $T_r^a$ ,  $T_E$ ,  $T_s^a$ ,  $T_B$ ,  $T_r^w$ ,  $T_s^w$ ,  $T_h^w$ , y  $T_c^w$ .

El conjunto de ecuaciones lineales puede ser expresado en la forma de una matriz como la que se muestra a continuación:

		X		T		Y					
		$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	0	0	0	0	0	$T_p^a$	$y_1$
		0	$x_{22}$	$x_{23}$	0	0	0	0	0	$T_r^a$	$y_2$
		$x_{33}$	0	0	$x_{34}$	$x_{35}$	0	0	0	$T_E$	$y_3$
		$x_{44}$	0	0	0	$x_{45}$	0	0	0	$T_s^a$	$y_4$
		0	$x_{52}$	0	$x_{54}$	0	$x_{56}$	$x_{57}$	0	$T_B$	$y_5$
		0	$x_{62}$	0	$x_{64}$	0	$x_{66}$	$x_{67}$	0	$T_r^w$	$y_6$
		0	0	0	0	0	0	$x_{78}$	$x_{79}$	$T_s^w$	$y_7$
		0	0	0	0	0	$x_{87}$	0	$x_{89}$	$T_h^w$	$y_8$
		0	0	0	0	$x_{96}$	$x_{97}$	$x_{98}$	0	$T_c^w$	$y_9$

En la matriz todos los valores  $X_{ij}$  e  $y_{ij}$  pueden ser obtenidos a partir de entradas de usuario y/o de constantes conjuntamente con los valores de la temperatura procedentes del paso de tiempo anterior. Las constantes A, U, y f de la ecuación (7) pueden ser tratadas como un valor único.  $\Delta t$  puede ser bien una constante fijada para cada paso de tiempo, o tomar valores diferentes para períodos de tiempo diferentes durante el análisis.

En realizaciones diferentes uno de los dos enfoques puede ser usado para resolver estas nueve temperaturas para cada paso de tiempo. El primer enfoque es resolver el vector de temperaturas simbólicamente fuera de línea mediante el uso de un número de herramientas de soporte lógico matemático disponible comercialmente (por ejemplo, Wolfram Research's Mathematica Software). Después de haber obtenido la expresión simbólica de cada variable de la temperatura, los valores de la temperatura para cada paso de tiempo pueden ser calculados conectando todas las constantes de entrada de usuario, los pasos de tiempo, y en algunos casos los valores de la temperatura previamente calculados (por ejemplo, la ecuación (2), (5), y (11)).

El segundo enfoque para calcular los valores de la temperatura transitorios es utilizar el código de soporte lógico diseñado para resolver las ecuaciones particulares. En el código, para cada paso de tiempo, un resolutor (por ejemplo, un resolutor lineal mediante el uso del método de eliminación gaussiano) es invocado para resolver simultáneamente las nueve ecuaciones para obtener los nueve valores de la temperatura para ese particular paso de tiempo. El código está configurado para repetir el proceso de resolución para todos los intervalos de tiempo hasta el final, el cual es especificado o determinado sobre la base de parámetros diseñados en el código del soporte lógico.

El proceso antes descrito proporciona un modelo simplificado para determinar la calidad del funcionamiento de la temperatura transitoria en un centro de datos que tiene una arquitectura de enfriamiento predominantemente en la sala. Como se describirá a continuación, en otra realización, se puede usar un proceso y análisis de modelización más sencillo para una arquitectura de enfriamiento en hileras predominantemente en la sala.

La Figura 4 muestra un modelo 400 de un centro de datos con un enfriamiento en hileras predominantemente en la sala. Dos bucles de enfriamiento 410 y 420 están incluidos en el modelo. El modelo 400 es similar al modelo 300 excepto en que el modelo 400 no incluye una cámara de sobrepresión. Los elementos comunes del modelo 400 con

los del modelo 300 están etiquetados con el mismo número de referencia con la excepción de que el enfriador 312 del modelo 300 está reemplazado por un enfriador 412 en el modelo 400, que reconoce que el enfriador de la sala del modelo 300 está reemplazado por un enfriador en hilera en el modelo 400.

5 El modelo 400 puede ser analizado de una forma similar a la del modelo 300 antes descrito, excepto en que las ecuaciones (4), (5) (6) no necesitan ser incluidas en el análisis, lo que reduce a 7 el número de ecuaciones lineales que ha de resolverse. Las siete ecuaciones pueden ser representadas en forma de matriz como se muestra a continuación.

$$\begin{matrix}
 & X & T & Y \\
 \begin{bmatrix}
 x_{11} & x_{12} & x_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 x_{21} & x_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 x_{31} & 0 & x_{33} & x_{34} & x_{35} & 0 & 0 \\
 x_{41} & 0 & x_{43} & x_{44} & x_{45} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_{56} & x_{57} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & x_{65} & 0 & x_{67} \\
 0 & 0 & 0 & x_{74} & x_{75} & x_{76} & 0
 \end{bmatrix}
 & \begin{bmatrix}
 T_r^a \\
 T_E \\
 T_s^a \\
 T_r^w \\
 T_s^w \\
 T_h^w \\
 T_c^w
 \end{bmatrix}
 & = & \begin{bmatrix}
 y_1 \\
 y_2 \\
 y_3 \\
 y_4 \\
 y_5 \\
 y_6 \\
 y_7
 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

10 La matriz puede resolverse de una forma similar a la de la matriz antes descrita en la que hay nueve ecuaciones.

El modelo de calidad del funcionamiento transitorio y los procedimientos antes descritos pueden ser ejecutados en varias aplicaciones, como se describirá a continuación.

15 En una realización se proporciona un proceso y una herramienta autónoma que facilitan que un usuario introduzca información manualmente en la herramienta, y un sistema de ordenadores que tiene una de las arquitecturas antes descritas puede ser programado para proporcionar unos resultados transitorios del enfriamiento mediante el uso de la modelización y análisis antes descritos. En una realización la solución del sistema de ordenadores puede estar basada en el programa de soporte lógico Crystal XCelsius. La información que describe el centro de datos que ha de ser analizado introducido por un usuario puede incluir la geometría de la sala, las características del sistema de potencia y de enfriamiento y una descripción del sistema de agua refrigerada. La información requerida por el sistema puede ser fácilmente obtenida a partir de los valores de la placa de datos, de lecturas, de simples medidas y de suposiciones.

20 La Figura 5 muestra una pantalla 500 de introducción de datos que puede ser usada con una realización para permitir que un usuario introduzca y manipule datos para obtener y optimizar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos. La pantalla 500 de introducción incluye varios recuadros de introducción de datos en los que el usuario introduce los datos que describen el sistema. Además, la pantalla 500 de introducción de datos incluye una sección 510 en la que un usuario puede simplemente describir las conexiones del equipo de IT y enfriar el equipo de los suministros de potencia ininterrumpibles (UPS) y de los generadores, así como el tiempo de funcionamiento predicho de los UPS.

25 En al menos una realización los cálculos se realizan en tiempo real a medida que el usuario introduce o cambia datos en los recuadros de introducción de la pantalla 500 de introducción de datos con los resultados también mostrados en tiempo real. La capacidad de manipular los datos y la visión de los resultados en tiempo real permiten a un usuario considerar fácilmente soluciones de compromiso cuando diseña o mejora un centro de datos. Esto permite al usuario diseñar infraestructuras de datos para asegurarse de que no se superará la temperatura máxima permitida del equipo de IT durante un fallo de la potencia.

30 La Figura 6 muestra una pantalla 600 de visualización de los resultados de acuerdo con una realización. La pantalla de resultados puede ser actualizada siempre que la pantalla de introducción de datos esté completa o se haga un cambio de datos en la pantalla de introducción. La pantalla de resultados mostrada en la Figura 6 corresponde a los datos introducidos usados en la Figura 5. La pantalla de visualización tiene dos segmentos principales que incluyen un segmento 602 de un gráfico de temperatura y un segmento 604 del cronograma del equipo. El segmento 602 del gráfico de temperatura proporciona unos trazos de temperatura en relación con el tiempo para diversos valores de la temperatura en el centro de datos. En diferentes realizaciones se pueden trazar diferentes parámetros de temperatura. Para la realización mostrada en la Figura 6 se muestran cuatro trazos de temperatura en el gráfico que incluye  $T_r^a$  (temperatura de la sala totalmente mezclada) 606,  $T_s^a$  (temperatura del aire de suministro del enfriador) 608,  $T_h^w$  (temperatura del flujo de agua que entra en los refrigeradores) 610, y  $T_c^w$  (temperatura del flujo de agua que sale de los refrigeradores) 612. El gráfico muestra también la temperatura máxima  $T_{max}$  614 disponible para la sala que está fijada en 90 grados. Como se muestra en el gráfico, la temperatura de la sala aumenta inmediatamente cuando la potencia se va ya que el equipo de IT está funcionando en UPS, pero los ventiladores, bombas y

refrigeradores no están funcionando. Una vez que el generador vuelve (después de 35 segundos, véase la Figura 5), la temperatura comienza a bajar debido a la “entrada en funcionamiento” de los ventiladores y bombas, lo que permite que sea utilizada la masa térmica del agua en las tuberías y en los tanques de almacenamiento, pero la temperatura de la sala aumenta entonces ya que los refrigeradores permanecen desconectados quince minutos y el agua hecha circular en el sistema eventualmente será calentada. Un espacio de tiempo corto después de que los refrigeradores alcancen la temperatura en la sala desciende y se estabiliza.

La pantalla 600 de resultados muestra en el recuadro 616 que la temperatura máxima alcanzada durante una interrupción de la potencia del centro de datos, que corresponde a los datos de entrada de la Figura 5, será 86,7 grados, que es menor que la temperatura máxima permitida de 90 grados, y se produce aproximadamente veinte minutos después de la interrupción de la potencia.

El segmento 604 del cronograma del equipo incluye cuatro cronogramas que incluyen un cronograma 618 del equipo de IT, un cronograma 620 de los ventiladores del enfriador, un cronograma 622 de las bombas, y un cronograma 624 de los refrigeradores. Los cronogramas indican el tiempo que el equipo correspondiente y la fuente de potencia están en funcionamiento, y se corresponde con la información introducida en la tabla en la parte inferior de la pantalla 500 de introducción de la Figura 5.

En otra realización los procesos y herramientas de la calidad del funcionamiento transitorio de la temperatura antes descritos están incorporados en un sistema de diseño del centro de datos tal como los descritos anteriormente. La herramienta autónoma antes descrita (que incluye la pantalla 500 de introducción y la pantalla 600 de resultados) puede estar incorporada en cualquier plataforma de diseño de un centro de datos, que incluye una herramienta de soporte lógico con base en la web. Cuando está incorporada en un sistema de diseño, los parámetros introducidos pueden estar disponibles a partir de la información almacenada en una base de datos, y es menor la información que un usuario debe introducir.

Los diseñadores de un centro de datos están siempre haciendo frente a varias soluciones de compromiso, que incluyen decisiones sobre si conectar los ventiladores del enfriador y las bombas del agua refrigerada a un UPS. Cuando los ventiladores y las bombas del enfriador están conectados a un UPS se requerirá una mayor capacidad del UPS para mantener el mismo tiempo de funcionamiento, lo que aumentará los costes de los UPS. No obstante, si los ventiladores del enfriador y las bombas del agua refrigerada no están conectados a sistemas UPS habrá un pico inicial en la temperatura del centro de datos después de una interrupción de la potencia que puede superar la temperatura operativa máxima permitida del centro de datos. Por lo tanto, es obligatorio para los diseñadores determinar si conectar o no los ventiladores del enfriador y las bombas del agua refrigerada a los sistemas UPS. Las herramientas y procesos descritos aquí permiten que el diseñador tome decisiones inteligentes que den lugar a un enfriamiento ininterrumpido sin costes innecesarios.

Los diseñadores del centro de datos típicamente aprovecharán la capacidad de enfriamiento almacenada como la proporcionada por los tanques de almacenamiento del agua refrigerada para mejorar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento. Los tanques de agua refrigerada sirven como un volante de inercia para mantener el enfriamiento después del fallo de potencia y antes de que el sistema de refrigeración sea impulsado de nuevo por los generadores de emergencia. Las herramientas descritas aquí pueden predecir la capacidad de enfriamiento requerida tal como el tamaño del tanque de almacenamiento dado por los límites especificados de la temperatura en la sala. Además, la estimación de la redundancia del centro de datos puede tener en cuenta también el margen de tiempo térmico transitorio. Las medidas calculadas proporcionadas por las herramientas, tales como el tiempo de funcionamiento del enfriamiento, pueden ser un factor importante para afinar la exactitud de la predicción de disponibilidad del sistema de centros de datos.

Por otra parte, al realizar los cálculos de ahorro de energía en el centro de datos, el margen de tiempo transitorio térmico es una limitación adicional que hay que considerar. Típicamente, las configuraciones del sistema, tales como la temperatura del punto fijado de suministro de agua refrigerada, necesitan ser optimizadas para ahorrar energía. Cualquier ajuste puede tener un efecto significativo en la calidad del funcionamiento transitorio térmico del centro de datos y puede ser tenido en cuenta en sistemas de diseño del centro de datos que incorporan las herramientas aquí descritas.

Un proceso 700 de acuerdo con una realización que puede ser incorporado en un sistema de diseño del centro de datos para predecir la calidad del funcionamiento transitorio del centro de datos se describirá a continuación se con referencia a la Figura 7, la cual muestra un diagrama de flujos del proceso 700. En una primera acción 710 del proceso el usuario inicia el proceso, por ejemplo, seleccionando una opción incorporada en una pantalla de visualización del sistema de diseño del centro de datos. A continuación, en la acción 720, el sistema lee la información de la arquitectura del centro de datos y los datos operativos procedentes del almacenamiento en el sistema, y además, el usuario puede ser requerido a introducir datos adicionales. En la acción 730 el sistema realiza unos cálculos transitorios del centro de cálculo en tiempo real mediante el uso de uno de los procesos antes descritos, y en la acción 740 los resultados son visualizados mediante el uso, por ejemplo, de la pantalla 600 de resultados antes discutida. En el bloque 750 de decisiones se da al usuario la opción de terminar el proceso si los resultados son satisfactorios, o en el bloque 750 el usuario puede indicar que se desea una nueva configuración del

centro de datos. Si se desea una nueva configuración, entonces en la acción 760 se los datos pueden ser manipulados para optimizar el diseño, y se repiten a continuación las acciones 720 a 760.

5 En otra realización los procesos y herramientas de la calidad del funcionamiento transitorio de la temperatura antes descritos son incorporados en un sistema de gestión del centro de datos tal como el producto InfrastruXure® Central y Operations Manager de APC. Los sistemas de gestión del centro de datos proporcionan gestores y operadores del centro de datos con la posibilidad de monitorizar sus centros de datos. Los sistemas obtienen datos medidos en tiempo real tales como potencia, temperatura, y velocidades de flujo del agua y del aire, así como las disposiciones y configuraciones físicas del centro de datos, etc. Con la incorporación de las herramientas y procesos aquí descritos, un sistema de gestión del centro de datos de acuerdo con una realización puede determinar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento sobre la base de los datos disponibles en el sistema para predecir en tiempo real medidas tales como el tiempo de funcionamiento del enfriamiento y la temperatura máxima prevista de la sala después de una interrupción. Cualquier cambio hecho en una configuración del enfriamiento del centro de datos es identificado por el sistema y los cambios en la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento del centro de datos pueden ser rápidamente identificados y ser llamada la atención de un operador.

15 En una realización el sistema puede actualizar automáticamente la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento del centro de datos y emitir alarmas para informar a los operadores si no se puede cumplir el margen de tiempo transitorio térmico. El sistema también proporciona recomendaciones a los gestores del centro de datos para mejorar la calidad del funcionamiento de un centro de datos que no está cumpliendo los requerimientos. Las recomendaciones pueden incluir, por ejemplo, aumentar la capacidad de enfriamiento almacenada o conectar los ventiladores del enfriador a los sistemas de UPS, etc.

20 Un proceso 800 de acuerdo con una realización que puede ser incorporada en un sistema de gestión del centro de datos para predecir la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento del centro de datos se describirá a continuación, con referencia a la Figura 8, la cual muestra un diagrama de flujos del proceso 800. En una primera acción 810 del proceso el usuario inicia el proceso, por ejemplo, por la selección de una opción incorporada en una pantalla de visualización del sistema de gestión del centro de datos. A continuación, en la acción 820 el sistema lee la información de la arquitectura del centro de datos y los datos operativos procedentes del almacenamiento en el sistema, y puede obtener también datos procedentes de los sensores y de otros instrumentos situados en el centro de datos, y, además, se puede pedir al usuario que introduzca datos adicionales. En la acción 830 el sistema realiza en tiempo real unos cálculos transitorios del centro de datos mediante el uso de uno de los procesos antes descritos, y en la acción 840 se visualizan los resultados mediante el uso, por ejemplo, de la pantalla 600 de resultados discutida anteriormente. En el bloque 850 de decisiones se da al usuario la opción de terminar el proceso. Si el proceso no es terminado en el bloque 850 el usuario puede poner en práctica cambios para mejorar u optimizar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento, y a continuación en la acción 860, hacer que el sistema vuelva a efectuar el análisis transitorio del enfriamiento. En una realización el proceso permanece en la acción 860 a menos que el operador haga que el sistema avance a la acción 820, o que el sistema pueda detectar un cambio en un parámetro del centro de datos y automáticamente vuelva a la acción 820 y calcule de nuevo la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento. Los parámetros monitorizados para cambiar pueden incluir varios parámetros que incluyen el consumo de potencia, la temperatura de la sala, los ajustes y medidas del sistema de enfriamiento tal como la temperatura del agua refrigerada. Además, en al menos una realización el sistema está configurado para medir una temperatura máxima que existe en el centro de datos después de una interrupción de la potencia, comparar el valor medido con un valor predicho y proporcionar una indicación al operador sobre si lo medido difiere del umbral en más de un umbral predeterminado. Todavía además, en al menos una realización el sistema de gestión del centro de datos proporciona unas señales de control a uno o más dispositivos en el centro de datos para alterar los parámetros de enfriamiento en el centro de datos sobre la base de un nivel de temperatura máxima predicho. Por ejemplo, las señales de control pueden estar configuradas para alterar los parámetros de uno o más dispositivos de distribución de potencia, que incluyen los conmutadores de control de potencia y las válvulas de enfriamiento.

50 En al menos algunas realizaciones de la invención aquí discutida la calidad del funcionamiento de las evaluaciones y cálculos en tiempo real se refiere a procesos que son terminados en unos pocos segundos o menos en vez de varios minutos o más como puede suceder con cálculos complejos, tales como los que implican los cálculos CFD típicos.

55 En al menos algunas realizaciones antes descritas el diseño de un centro de datos y/o de parámetros reales en un centro de datos son alteradas sobre la base de una calidad del funcionamiento transitorio predicha de un centro de datos. Las alteraciones pueden ser ejecutadas para mejorar la calidad del funcionamiento del enfriamiento y/o pueden ser ejecutadas para proporcionar ahorros de costes y/o de potencia cuando se considera que la calidad del funcionamiento está dentro de unas especificaciones predeterminadas.

60 En al menos algunas realizaciones antes descritas, las herramientas y procesos son proporcionados para determinar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos. En otras realizaciones las herramientas y procesos pueden ser usados en otros tipos de instalaciones, y pueden también ser usados en aplicaciones móviles, que incluyen los centros de datos móviles.

5 Tras haber descrito varios aspectos de al menos una realización de esta invención, se han de estimar las diversas alteraciones, modificaciones, y mejoras que rápidamente se ocurran a los expertos en la técnica. Tales alteraciones, modificaciones y mejoras tienen como fin formar parte de esta descripción, y se pretende que estén dentro del espíritu y alcance de la invención. Por consiguiente, la siguiente descripción y dibujos son solamente a modo de ejemplo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método ejecutado en un ordenador para evaluar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos, en donde el método comprende:
  - 5 recibir unos datos de entrada procedentes de un dispositivo de almacenamiento, en donde los datos de entrada incluyen información sobre la arquitectura del centro de datos y datos operativos;
  - visualizar un modelo del centro de datos;
  - realizar unos cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real del centro de datos mediante el uso de los datos de entrada; y
  - 10 visualizar los resultados de los cálculos de la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento en tiempo real, en donde los resultados incluyen una temperatura máxima predicha del centro de datos después de una interrupción de la potencia del centro de datos.
2. El método de la reivindicación 1 ejecutado en un ordenador, en donde los resultados incluyen una representación gráfica de la temperatura del centro de datos en relación con el tiempo durante un período de tiempo después de la interrupción de la potencia del centro de datos.
- 15 3. El método de la reivindicación 1 ó 2 ejecutado en un ordenador, que además comprende:
  - comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación; y
  - controlar al menos un dispositivo en el centro de datos sobre la base del resultado de la comparación.
4. El método de la reivindicación 1 ó 2 ejecutado en un ordenador, que además comprende:
  - 20 comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación;
  - alterar los parámetros de diseño del centro de datos sobre la base del resultado de la comparación; y
  - realizar una segunda iteración de los cálculos en tiempo real de la calidad del funcionamiento del enfriamiento mediante el uso de los parámetros de diseño alterados.
- 25 5. El método de la reivindicación 1 ó 2 ejecutado en un ordenador, que además comprende:
  - detectar un cambio en al menos un parámetro de enfriamiento en el centro de datos; y
  - realizar una segunda iteración de los cálculos en tiempo real de la calidad del funcionamiento del enfriamiento mediante el uso de al menos un parámetro de enfriamiento.
6. El método de la reivindicación 1 ó 2 ejecutado en un ordenador, que además comprende:
  - 30 comparar la temperatura máxima predicha del centro de datos con un umbral para obtener un resultado de la comparación; y
  - proporcionar un aviso a un operador sobre la base del resultado de la comparación.
7. El método de cualquier reivindicación anterior ejecutado en un ordenador, en donde la realización de los cálculos de la calidad del funcionamiento del enfriamiento en tiempo real del centro de datos incluye desarrollar un conjunto de ecuaciones lineales del equilibrio de energía y de transferencia de calor del centro de datos sobre la base de los datos de entrada, y generar una expresión simbólica para cada una de una pluralidad de variables de la temperatura en el conjunto de ecuaciones lineales del equilibrio de energía.
- 35 8. El método de la reivindicación 3 ejecutado en un ordenador, en donde el centro de datos incluye al menos un suministro de potencia ininterrumpible, y en donde el método incluye alterar una conexión del equipo de enfriamiento con el suministro de potencia ininterrumpible sobre la base del resultado de la comparación.
- 40 9. Un sistema para evaluar la calidad del funcionamiento transitorio del enfriamiento de un centro de datos, en donde el sistema comprende:
  - un dispositivo de almacenamiento;
  - un dispositivo de visualización; y

un controlador acoplado al dispositivo de almacenamiento y al dispositivo de visualización y configurado para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

- 5 10. Un medio que puede ser leído en un ordenador que tiene almacenadas en él unas secuencias de instrucción que incluyen instrucciones que harán que un procesador realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

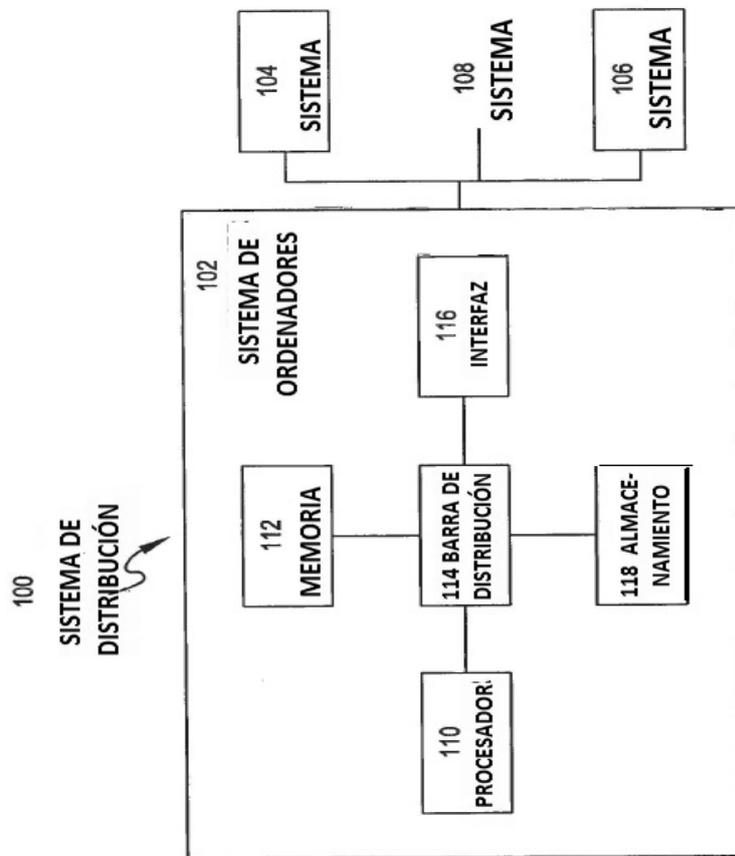


FIG. 1

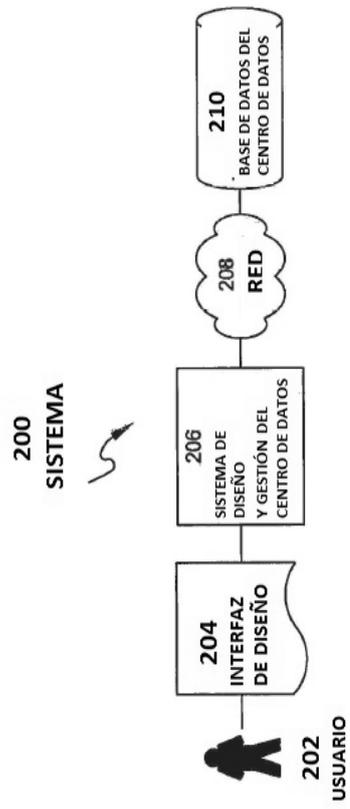


FIG. 2

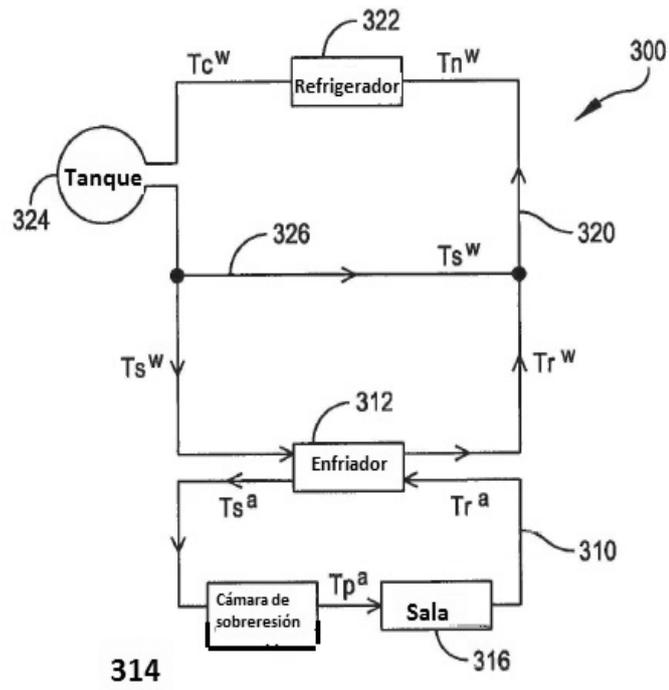


FIG. 3

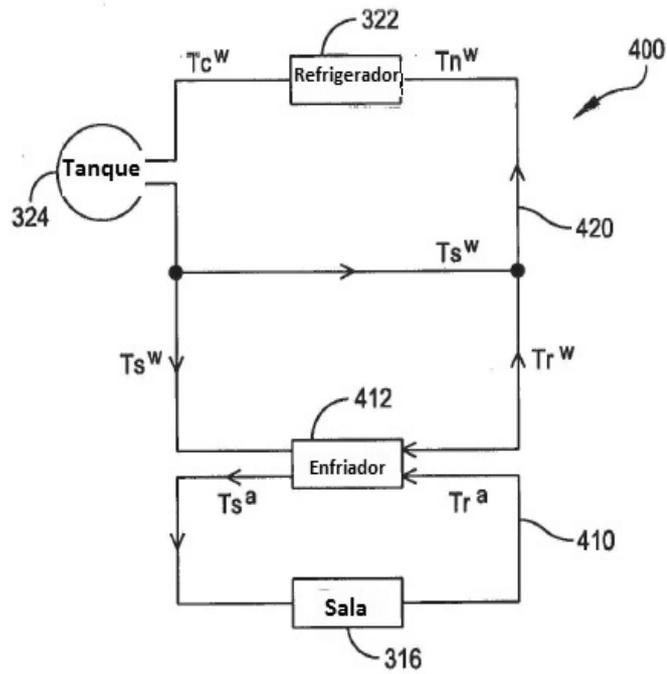


FIG. 4

500

### ENTRADAS

**Carga total del equipo**  kW

**Temperatura máxima admisible**  °F

**Sistema de enfriamiento**

**Geometría de la sala**

**Longitud**  ft

**Anchura**  ft

**Altura**  ft

**Profundidad de la cámara de sobrepresión**  in

**Densidad de tubos y cables**

**Enfriadores**

**Flujo de aire total Basado en capacidad de etiqueta**

**Capacidad**  kW  cfm

**Flujo aire especificado**  cfm

**Temperatura fijada en enfriador**  **Lado típico agua : ΔT**  °F

**Sistema de refrigeradores**

**Capacidad de refrigeración instalada**  kW

**Momento de comienzo refrigerador**  min.

**Agua refrigerada inicial**  °F

**Temperatura fijada del agua refrigerada**  °F

**Información de tubos**

**Almacenamiento térmico**  gal  ft

**Diámetro interior**  in

**Almacenamiento térmico suplementario**

**Volumen de almacenamiento**  gal

**Almacenamiento en desvío durante el arranque del refrigerador**

**Alimentación potencia Momento arranque generad**  sec.

	UPS	Generador	Tiempo funcion UPS [min]
Equipo IT	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.6 <input type="text"/>
Ventiladores enfriado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	- <input type="text"/>
Bombas agua refrigera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	- <input type="text"/>
Refrigeradores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A

510

FIG. 5

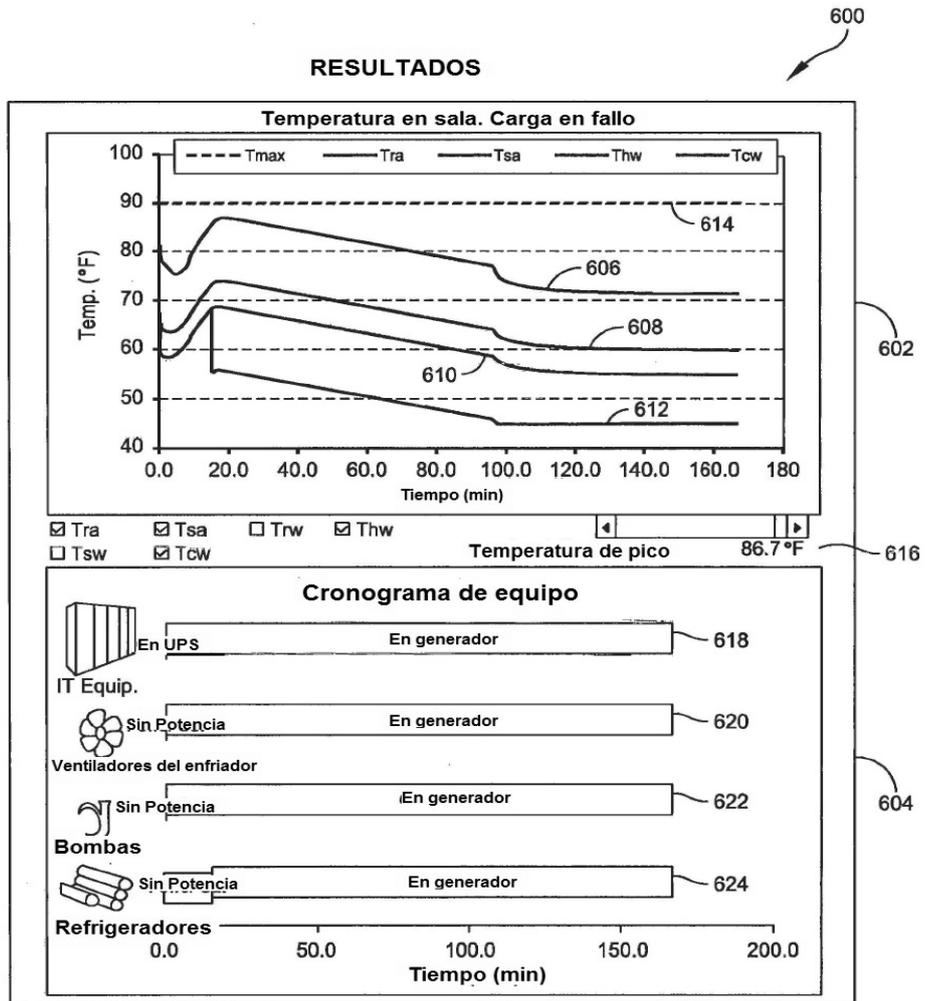


FIG. 6



FIG. 7

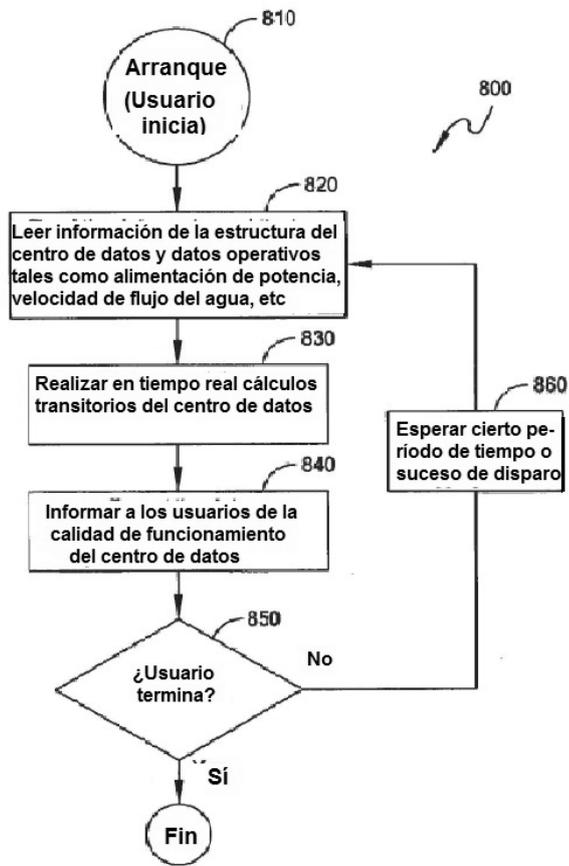


FIG. 8