

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 328**

51 Int. Cl.:

H01H 21/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.05.2008** **PCT/US2008/063675**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2008** **WO08144375**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2008** **E 08755513 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016** **EP 2147585**

54 Título: **Métodos y sistemas para gestionar potencia y enfriamiento de una instalación**

30 Prioridad:

15.05.2007 US 938034 P

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

16.05.2017

73 Titular/es:

SCHNEIDER ELECTRIC IT CORPORATION

(100.0%)

132 Fairgrounds Road

West Kingston, RI 02892, US

72 Inventor/es:

ANDERSEN, MIKKEL;

DALGAS, MIKKEL;

HAMMOND, BRAD, T.;

IVES, TED;

GIAQUINTO, TODD J.;

MORGAN, JANE E.;

RASMUSSEN, NEIL;

VANGILDER, JAMES, W. y

BOCK, MORTEN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 612 328 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

Métodos y sistemas para gestionar potencia y enfriamiento de una instalación

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

- 5 Las realizaciones de la invención se refieren de manera general a gestión de entidad y más específicamente a métodos y sistemas para gestionar potencia y enfriamiento de una instalación.

2. Discusión de la técnica relacionada

10 Los centros de datos centralizados para ordenadores, comunicaciones y otros equipos electrónicos han estado en uso durante una serie de años y más recientemente con el aumento de uso de Internet, los centros de datos a gran escala que proporcionan servicios de alojamiento para Proveedores de Servicios de Internet (ISP), Proveedores de Servicios de Aplicaciones (ASP) y proveedores de contenidos de Internet están llegando a ser más frecuentes. Los centros de datos centralizados típicos contienen numerosos bastidores de equipos que requieren potencia, enfriamiento y conexiones a instalaciones de comunicaciones externas. En los centros de datos y salas de red modernos, el aumento de la densidad de equipos informáticos usados en estas instalaciones ha puesto tensiones en
15 los sistemas de enfriamiento y potencia de las instalaciones. En el pasado, el consumo de potencia típico para cada envolvente de equipos en una instalación de datos era del orden de 1kW. Con el uso de tarjetas de servidores y otros equipos de alta densidad de potencia en los bastidores de equipos, no es poco común para un bastidor de equipos tener un consumo de energía de 10kW o incluso tan alto como 25kW.

20 Típicamente, la potencia consumida por los equipos informáticos se convierte en calor y, típicamente, los requisitos de enfriamiento de una instalación se determinan en base a los requisitos de potencia de la instalación. Los centros de datos típicos utilizan cámaras de aire bajo suelos elevados para distribuir aire de enfriamiento a través de un centro de datos. Uno o más acondicionadores de aire de sala informática (CRAC) o manipuladores de aire de sala informática (CRAH) se distribuyen típicamente a lo largo de la periferia de la sala de datos y estas unidades extraen aire de retorno de la sala o una cámara de techo y distribuyen aire de enfriamiento debajo del suelo elevado. Se
25 pueden colocar baldosas perforadas enfrente o debajo de los bastidores de equipos para ser enfriados para permitir que el aire de enfriamiento de debajo del suelo enfríe los equipos dentro de los bastidores.

Están disponibles distintas herramientas para ayudar a un diseñador de centros de datos en la configuración de una disposición de un centro de datos para proporcionar la potencia y el enfriamiento necesarios a los equipos a ser
30 situados en el centro de datos. Estas herramientas típicamente ayudan a un diseñador en la determinación de los requisitos de potencia total y por consiguiente los requisitos de enfriamiento total para un centro de datos. Además, estas herramientas pueden ayudar a un diseñador en la determinación de una disposición de equipos óptima y un dimensionamiento adecuado del cableado de alimentación y los disyuntores.

Mientras que las herramientas existentes dotan a un diseñador con información de disposición detallada con respecto a la distribución de potencia, estas herramientas típicamente proporcionan mucha menos ayuda en la
35 determinación de las necesidades de enfriamiento para una instalación. Se pueden usar programas avanzados que usan la dinámica de fluidos computacional (CFD) para modelar el diseño de enfriamiento de una instalación, pero el uso de tales programas está extremadamente limitado debido a la complejidad de los programas, lo que provoca que su uso sea prohibitivamente caro y consuma mucho tiempo. La Solicitud de Patente de EE.UU. US2003/0158718 A1 de Nakagawa et al. describe un sistema automatizado para diseñar un sistema de enfriamiento para una instalación. En el sistema de Nakagawa, la instalación se divide en una serie de celdas caracterizadas
40 previamente (tales como una agrupación de bastidores) sobre la cual la respuesta de diversos parámetros, tales como la temperatura máxima, se conocen en base a parámetros clave. El sistema usa reglas de interacción de celda a celda integradas para predecir el rendimiento térmico total y optimizar la disposición de equipos. Mientras que este sistema puede ofrecer algunas mejoras en la velocidad sobre un análisis CFD completo, está limitado al uso de celdas caracterizadas previamente y no proporciona análisis por debajo del nivel de celda. También, las celdas se deben caracterizar usando, por ejemplo, un análisis CFD o comprobación física.

Programas y sistemas tales como los descritos anteriormente proporcionan resultados idealizados para el
50 rendimiento de enfriamiento de una instalación y a menudo dejan de contar situaciones que ocurren a menudo en instalaciones de la vida real, que pueden afectar drásticamente al rendimiento de enfriamiento de un centro de datos. Por ejemplo, en una instalación que usa un suelo elevado, la ausencia de uno o más paneles de suelo o la mala colocación de uno o más paneles de suelo perforados puede afectar extremadamente al rendimiento de enfriamiento del centro de datos y hacer que el rendimiento real varíe extremadamente de un rendimiento idealizado calculado. Además, la degradación en el rendimiento de una o más unidades de acondicionamiento de aire puede cambiar drásticamente el flujo de aire y las características de enfriamiento de una instalación.

55 La incapacidad para analizar adecuadamente el rendimiento de enfriamiento de una instalación típicamente hace que un diseñador de un centro de datos sobredimensione la instalación desde una perspectiva de enfriamiento, lo cual provoca que la instalación sea más cara y menos eficiente.

En centros de datos existentes, a menudo es deseable sustituir equipos con equipos mejorados y/o añadir nuevos equipos a envolventes existentes en la instalación. Existen distintas herramientas que permiten a un gestor de un centro de datos monitorizar el uso de la potencia en una instalación. Estas herramientas incluyen el producto InfrastruXure® Manager y/o InfrastruXure® Central disponibles en American Power Conversion Corporation de West Kingstron, RI.

Con los requisitos de enfriamiento y potencia en aumento de los equipos informáticos, es deseable para un gestor de centro de datos determinar si hay potencia y enfriamiento adecuados disponibles en la instalación antes de que se puedan añadir nuevos equipos o de sustitución. Típicamente, un gestor de centro de datos puede conocer o puede determinar, si la capacidad de enfriamiento total del centro de datos es suficiente para el consumo total de energía. No obstante, pueden desarrollarse puntos calientes en una instalación, particularmente donde se usan equipos de alta densidad de potencia y puede no ser suficiente analizar meramente la capacidad de enfriamiento a nivel de instalación. Para intentar identificar los puntos calientes, un gestor de centro de datos puede recurrir a mediciones manuales de temperatura en toda una instalación e intentar implementar correcciones para corregir los puntos calientes. Tales correcciones pueden implicar una reasignación o recolocación de paneles de suelo perforados, una reasignación de envolventes y/o añadir capacidad de enfriamiento adicional. En cualquier caso, estas correcciones se hacen típicamente de una forma por ensayo y error y mientras que algunos puntos calientes se pueden eliminar, las correcciones pueden hacer que otros puntos calientes surjan debido a una redirección del aire de enfriamiento en la instalación. Este planteamiento de ensayo y error puede conducir a fallos inesperados de equipos, lo cual es inaceptable en centros de datos críticos. Para evitar tales fallos, los gestores de centros de datos típicamente sobredimensionan las instalaciones y dejan de usar las instalaciones a su plena capacidad.

El documento US 2007 078635 A1 describe un método implementado por ordenador para proporcionar una representación de una capacidad de potencia y enfriamiento de un centro de datos.

Compendio de la invención

Aspectos de la presente invención se refieren de manera general a gestión de entidades de centro de datos y sus recursos asociados. Las realizaciones de la invención proporcionan sistemas y métodos para determinar requisitos de enfriamiento y potencia de centros de datos y para monitorizar el rendimiento de sistemas de enfriamiento y potencia en centros de datos. Al menos una realización proporciona un sistema y método que permite a un operador de centro de datos determinar la potencia y el enfriamiento disponibles en áreas y envolventes específicas en un centro de datos para ayudar en la ubicación de nuevos equipos en el centro de datos.

El alcance de la invención se define en las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos anexos no se pretende que estén dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras se representa por un número igual. Por propósitos de claridad, no todos los componentes pueden estar etiquetados en cada dibujo. En los dibujos:

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos anexos no se pretende que estén dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras se representa por un número igual. Por propósitos de claridad, no todos los componentes pueden estar etiquetados en cada dibujo. En los dibujos:

la FIG. 1 es una vista superior de un centro de datos del tipo con el cual se pueden usar las realizaciones de la presente invención;

la FIG. 2 es una vista lateral del centro de datos de la FIG. 1.

la FIG. 3 es un diagrama de bloques funcional de un sistema según una realización de la presente invención;

la FIG. 4 es un diagrama de flujo de un proceso que se puede implementar usando el sistema de la FIG. 3 según una realización de la invención;

la FIG. 5 es un diagrama que muestra información de la instalación que se puede visualizar usando al menos una realización de la invención;

las FIG. 5A y 5B son diagramas que muestran información adicional que se puede visualizar usando las realizaciones de la invención;

las FIG. 5C y 5D muestran pantallas de interfaz gráfica de usuario que exhiben diversos aspectos de la presente invención;

la FIG. 6 es un diagrama de bloques funcional de un sistema de gestión según una realización de la invención;

- la FIG. 7 es un diagrama de flujo de un proceso de gestión según una realización de la invención;
- la FIG. 8 muestra una vista en perspectiva de una agrupación de bastidores cuyo rendimiento de enfriamiento se puede analizar;
- 5 la FIG. 9 muestra una vista superior de una agrupación de bastidores cuyo rendimiento de enfriamiento se puede analizar usando una técnica de análisis de volumen de control de al menos una realización;
- la FIG. 9A muestra la agrupación de bastidores de la FIG. 9 junto con volúmenes de control escalonados que se pueden usar en la técnica de análisis de volumen de control;
- la FIG. 10 es un diagrama de flujo de una técnica de análisis de volumen de control según una realización;
- la FIG. 11 es un diagrama que demuestra un principio de superposición usado en una realización;
- 10 la FIG. 12 es un gráfico usado en la determinación de flujos de aire en una realización;
- la FIG. 13 es un diagrama que identifica flujos de aire usados con un método de análisis de una realización;
- la FIG. 14 es un diagrama de flujo de un proceso para determinar un índice de recirculación en una realización;
- la FIG. 15 es un diagrama esquemático que muestra una disposición de bastidores de equipos usados en un análisis en una realización para determinar un índice de captura;
- 15 la FIG. 16 es un diagrama de flujo de un proceso para determinar un índice de captura según una realización;
- la FIG. 17 es un diagrama de bloques funcional de un sistema informático que se puede usar en las realizaciones de la invención;
- la FIG. 18 es un diagrama de bloques funcional de un sistema de almacenamiento que se puede usar con el sistema informático de la FIG. 17;
- 20 la FIG. 19 es un diagrama de flujo de un proceso que se puede implementar usando el sistema de la FIG. 3 según una realización de la invención;
- la FIG. 20 muestra una pantalla de interfaz gráfica de usuario;
- la FIG. 21 representa otras pantallas de interfaz gráfica de usuario que exhiben diversos aspectos de la presente invención;
- 25 la FIG. 22 ilustra otra pantalla de interfaz gráfica de usuario y
- la FIG. 23 muestra una representación usada para analizar una capacidad inmovilizada según un aspecto de la presente invención.

Descripción detallada

- 30 Las realizaciones de la presente invención se pueden usar para diseñar, gestionar y reacondicionar un centro de datos, tal como el centro de datos 100 que se muestra en las FIG. 1 y 2 con la FIG. 1 que muestra una vista superior del centro de datos 100 y la FIG. 2 que muestra una vista lateral del centro de datos 100. Como se trata aún más a continuación, el diseño de la disposición del centro de datos 100, que incluye diversos recursos de centro de datos tales como consideraciones de potencia y enfriamiento se puede realizar usando sistemas y procesos de las realizaciones de la presente invención. Un recurso de centro de datos puede incluir, por ejemplo, cualquier
- 35 característica de un centro de datos que soporta y/o asegura la funcionalidad de equipos de centro de datos. Ejemplos de recursos de centro de datos incluyen potencia, enfriamiento, espacio físico, soporte de peso, capacidad de control remoto de equipos, seguridad física y lógica y conectividad de red física y lógica. Los recursos de centro de datos de potencia pueden incluir recursos de distribución de potencia, tales como transformadores, PDU y tomas y potencia disponible para distribución, tal como la potencia de la red suministrada al centro de datos, potencia generada por un generador en el sitio y potencia suministrada por los UPS. Los recursos de espacio físico en un
- 40 centro de datos pueden incluir espacio de suelo de centro de datos y espacio en U de bastidor. Los recursos de enfriamiento en un centro de datos pueden incluir capacidad de distribución de enfriamiento y capacidad de generación de enfriamiento. Los recursos de seguridad física en un centro de datos pueden incluir cámaras de seguridad y cerraduras de puerta. Los recursos de conectividad de red lógica en un centro de datos pueden incluir
- 45 Redes de Área Local Virtuales, Servicios de Nombre y Dominio y Servicios de Protocolo Dinámico de Configuración de Ordenador Principal. Los recursos de conectividad de red física pueden incluir cableado de red y paneles de parcheo. Los recursos de capacidad de control remoto de equipos en un centro de datos pueden incluir servicios de Teclado Vídeo Ratón.
- Las realizaciones de la invención, no obstante, no están limitadas para su uso con centros de datos como el
- 50 mostrado en las FIGS. 1 y 2 y se pueden usar con otras instalaciones que no incluyen suelos elevados y se pueden

usar con instalaciones que alojan equipos distintos de equipos informáticos, incluyendo instalaciones de telecomunicaciones y otras instalaciones. Además, las realizaciones de la invención se pueden usar con suelos elevados y disposiciones de equipos que no se disponen pulcramente de la manera mostrada en las FIGS. 1 y 2. Las realizaciones de la presente invención pueden usar sistemas, dispositivos y métodos descritos en la Solicitud de Patente de EE.UU. N° 10/038.106, presentada el 2 de enero de 2002, titulada "Rack Power System and Method".

El centro de datos 100 incluye filas de bastidores 102A, 102B, 102C y 102D, unidades de enfriamiento 104A y 104B y un suelo elevado 106. Cada una de las filas incluye bastidores 108, al menos una serie de los cuales extraen aire frío desde la parte delantera del bastidor y devuelven aire cálido a la parte trasera o superior o trasera y superior del bastidor. Cada bastidor puede contener posiciones de espacio en U diseñadas para alojar equipos de centro de datos montados en bastidor, tales como, por ejemplo, servidores, equipos de enfriamiento y equipos de conectividad de red.

Como se entiende por los expertos en la técnica, para optimizar el rendimiento de enfriamiento en un centro de datos, se colocan a menudo filas de bastidores para crear pasillos fríos y pasillos calientes alternos. En la configuración mostrada en las FIGS. 1 y 2, los pasillos 110A, 110B y 110C son pasillos calientes y los pasillos 112A y 112B son pasillos fríos. Para proporcionar enfriamiento a los bastidores, en la parte delantera de cada uno de los bastidores en el pasillo frío, se usan baldosas de suelo perforadas 114 para proporcionar aire de enfriamiento desde debajo del suelo elevado. En el centro de datos 100, además de las baldosas de suelo perforadas mostradas, el suelo elevado puede incluir baldosas de suelo sólidas. Las unidades de enfriamiento 104A y 104B se diseñan para proporcionar aire fresco al área bajo el suelo elevado y recibir aire cálido de vuelta desde el espacio adyacente al techo del centro de datos. En otras realizaciones, además de o en lugar de las unidades de enfriamiento 104A y 104B, se pueden usar unidades de enfriamiento en fila, tales como las disponibles en American Power Conversion Corporation. Además, en al menos una realización, se pueden usar unidades de enfriamiento en fila de medio bastidor, como se describe en la Solicitud de Patente de EE.UU. en tramitación N° de Serie 11/335.901, titulada COOLING SYSTEM AND METHOD, expediente del agente N° A2000-704819, de Neil Rasmussen et al., presentada el 19 de enero de 2006. Como se describe en la solicitud anterior, las unidades en fila de medio bastidor tienen una anchura de doce pulgadas (treinta con cuarenta y ocho centímetros), que es aproximadamente la mitad de la de un bastidor de centro de datos estándar.

Una realización de la invención, dirigida a un sistema y un método para diseñar, monitorizar y actualizar los equipos instalados en un centro de datos, tal como el centro de datos 100, se describirá ahora con referencia a la FIG. 3. Estos equipos pueden incluir equipos montados en bastidor, tales como servidores, dispositivos de almacenamiento y equipos de conectividad de red y equipos montados en suelo, tales como unidades de distribución de potencia trifásica y CRAC. La FIG. 3 muestra un diagrama de bloques funcional de un sistema de diseño y gestión 200. Las realizaciones de la invención no están limitadas a las funciones proporcionadas por los bloques funcionales o la disposición particular de los bloques. Además, las funciones proporcionadas por el sistema 200 no necesitan ser implementadas en un sistema informático, sino más bien se pueden implementar usando una serie de dispositivos en red como se describe aún más a continuación que proporcionan las funciones descritas. Además, las realizaciones particulares pueden tener más o menos funciones y módulos funcionales que los descritos a continuación con referencia a la FIG. 3. En diferentes realizaciones, las funciones descritas con referencia a la FIG. 3 se pueden realizar en un procesador o controlador o se pueden distribuir a través de una serie de dispositivos diferentes.

El sistema 200 incluye un módulo de entrada 202, un módulo de visualización 204, un módulo constructor 206, un módulo de gestión de instalación 208, un módulo de integración 210, un módulo de base de datos 212 y un módulo de orden de trabajo 214. El módulo de entrada 202 proporciona una interfaz para permitir a los usuarios introducir datos en el sistema 200. El módulo de entrada puede incluir, por ejemplo, una serie de dispositivos de entrada de usuario conocidos para sistemas informáticos y, además, en al menos una realización, los datos electrónicos con respecto a una instalación y/o los equipos a ser cargados en una instalación se pueden introducir en el sistema a través de la interfaz de red o usando un lector de almacenamiento de medios electrónico. La información puede fluir entre estos módulos usando cualquier técnica conocida en la técnica. Tales técnicas incluyen pasar la información sobre la red a través de TCP/IP, pasar la información entre módulos en memoria y pasar la información escribiendo en un archivo, base de datos u otra entidad de almacenamiento, tal como un dispositivo almacenamiento, disco u otro tipo de entidad de almacenamiento.

El módulo de visualización incluye una interfaz de visualización y puede incluir un visualizador gráfico para mostrar datos de salida a un usuario. Además, el módulo visualización puede incluir una interfaz para una o más impresoras que proporcionan una copia impresa de los datos de salida.

El módulo constructor 206 incluye rutinas para diseñar la disposición óptima de equipos en una instalación, determinar los requisitos de recursos de centro de datos, tales como requisitos de potencia y requisitos de enfriamiento, para envoltorios de electrónica y/o bastidores de equipos, asegurar que la colocación de los equipos, unidades de enfriamiento y ramales de distribución de potencia en la instalación permitan que los requisitos de recursos de centro de datos, tales como requisitos de potencia y enfriamiento, sean cumplidos y calcular para cada envoltorio de electrónica y/o bastidor de equipos, la capacidad de recursos de centro de datos restante, tal como la

capacidad de potencia y la capacidad de enfriamiento, disponible en base a la disposición de equipos en la instalación.

En otra realización, el módulo constructor 206 expone interfaces que permiten la entrada de políticas de suministro de recursos de centro de datos. Estas políticas pueden detallar características deseadas adicionales de los recursos de centro de datos que se proporcionan a los equipos de centro de datos. Por ejemplo, las políticas de suministro de recursos de centro de datos pueden especificar niveles de redundancia de recursos de centro de datos y requisitos de tiempo de ejecución deseados. Adicionalmente, las políticas de suministro de recursos de centro de datos pueden especificar necesidades de seguridad para equipos de centro de datos, tales como, por ejemplo, la necesidad de situar servidores con datos financieros en bastidores que se que se puedan bloquear y/o bajo vigilancia. Como se trata aún más a continuación, ambas realizaciones de sistema y método pueden comparar configuraciones de centro de datos particulares con políticas de suministro de centro de datos para determinar si la con la configuración de centro de datos particular cumple con las políticas de centro de datos. El resultado de esta comparación se puede almacenar en un medio legible por ordenador para su uso posterior.

El módulo de gestión de instalación 208 se usa por el sistema 200 después de que se instalan los equipos en la instalación. El módulo de gestión incluye rutinas para monitorizar características de recursos de centro de datos, tales como características de potencia y enfriamiento, de equipos en una instalación. El módulo de gestión se puede acoplar o bien directamente o bien a través de una o más redes, a dispositivos de medición y dispositivos de control en toda la instalación y pueden grabar su historial para análisis, resumen y exportación. En base al menos en parte a métodos tratados aún más a continuación, el módulo de gestión de instalación 208 puede averiguar recursos de centro de datos proporcionados a un espacio o ubicación particular en el centro de datos.

Según una realización, el módulo de integración 210 es el módulo principal en el sistema y coordina el flujo de datos en el sistema para realizar los métodos de las realizaciones.

El módulo de base de datos se usa para almacenar datos con respecto a diversos dispositivos que se pueden usar en un centro de datos, tales como servidores, fuentes de alimentación ininterrumpida, regletas de enchufes, equipos de conectividad de red (tales como cableado de red, concentradores, encaminadores, encaminadores inalámbricos, conmutadores, paneles de parcheo, etc.), conmutadores de transferencia automática, unidades de distribución de potencia, unidades de acondicionamiento de aire, bastidores y cualquier otro equipo de centro de datos. Los datos almacenados pueden incluir políticas de suministro de recursos de centro de datos para equipos de centro de datos. Los datos almacenados también pueden incluir puntos de referencia de consumo y producción de recursos de centro de datos para equipos de centro de datos tales como parámetros físicos (por ejemplo, dimensiones/requisitos de espacio de bastidor, tipos de enchufes de alimentación, especificaciones de cableado de red, etc.) así como datos de consumo de potencia y enfriamiento. En el caso de equipos de centro de datos que proporcionan recursos de centro de datos tales como equipos de conectividad de red, fuentes de alimentación y unidades de acondicionamiento de aire, los puntos de referencia de producción de recursos de centro de datos pueden incluir conectividad de red, características de salida enfriamiento y potencia (por ejemplo la capacidad de salida total, número y tipo de conexiones/enchufes disponibles, etc.). Se debe apreciar que los puntos de referencia pueden indicar que ciertos equipos de centro de datos producen y/o consumen, recursos de centro de datos. Ejemplos de equipos que proporcionan recursos de centro de datos incluyen generadores eléctricos y CRAC, entre otros. Como se describe a continuación, el módulo de base de datos se puede usar en las realizaciones para proporcionar una lista de materiales (BOM) completa para un diseño completo. En una realización, un servidor de base de datos accesible por web centralizado se puede usar para almacenar información de equipos y mensajes de advertencia y error, permitiendo fácil acceso a la información para su edición.

En otra realización, un usuario puede mantener información de equipos de centro de datos, tal como la información manejada por el módulo de base de datos 212, con la asistencia del sistema 300. El sistema 300 también se representa en el diagrama de bloques funcional de la FIG. 3. El sistema 300, que se puede alojar por el proveedor del sistema, incluye una base de datos de equipos de centro de datos 304 y una interfaz de base de datos de equipos de centro de datos 302. En general, la interfaz 302 puede ser una interfaz a la base de datos 304 que puede recibir o proporcionar cualquier dato adecuado para almacenamiento en la base de datos 304 incluyendo configuración de centro de datos, información de equipos o recursos. La base de datos 304, a su vez, puede recibir y almacenar desde la interfaz 302 o recuperar y proporcionar a la interfaz 302 información de centro de datos que incluye requisitos de recursos de equipos de centro de datos, configuraciones de centro de datos y requisitos de redundancia y tiempo de ejecución de recursos de centro de datos.

La base de datos 304 puede servir como una base de datos maestra para el proveedor del sistema y de esta manera puede incluir distintos tipos de información relacionada con centros de datos. En una realización, la base de datos 304 incluye una base de datos de gestión de configuración de centro de datos (CMDB), que puede abarcar diversos datos de gestión de configuración incluyendo una o más configuraciones físicas y lógicas de centro de datos específicas y una base de datos de características de equipos de centro de datos, que pueden incluir información de producción y consumo de recursos de centro de datos real para equipos de centro de datos. Más particularmente, la base de datos 304 puede aceptar y almacenar información CMDB específica para la base instalada del proveedor del sistema de centros de datos o un subconjunto de la misma. Esta información puede incluir la disposición física entera de un centro de datos, por ejemplo sus dimensiones físicas, la ubicación e

identidad de equipos de centro de datos y los requisitos de capacidad de recursos de centro de datos, redundancia y tiempo ejecución, entre otra información que puede tener relevancia para el diseño y rendimiento de un centro de datos. La fuente de esta información puede incluir el diseño inicial en el centro de datos como se trata con respecto al método 300 a continuación.

5 El tipo de información almacenada por la base de datos 304 para las características de equipos de centro de datos puede incluir la información tratada anteriormente con respecto al módulo de base de datos 212, por ejemplo los valores de la placa de identificación como se conoce en la técnica. Adicionalmente, la base de datos 304 también puede almacenar el historial de consumo y producción de recursos de centro de datos para equipos de centro de
10 datos y puede usar esta información para mantener un conjunto de puntos de referencia que son específicos para el fabricante y modelo del equipo de centro de datos. Estas mediciones de historial específicas se pueden resumir de diversas formas para establecer un punto de referencia que es específico al fabricante y modelo de equipo de centro de datos y que se basa en el uso real, práctico del equipo de centro de datos más que en los valores teóricos (por ejemplo, los valores de la placa de identificación). Estos resúmenes de consumo y producción de recursos de centro de datos pueden incluir, entre otros, consumo o producción de recursos de centro de datos mínimo, máximo y
15 medio, consumo o producción de recursos de centro de datos como una función del tiempo, por ejemplo el consumo o producción de potencia o enfriamiento por día de la semana, semana del año, etc., consumo o producción de recursos de centro de datos real cuando se solicita un cambio en cualquiera de los dos y consumo o producción de recursos de centro de datos como una función de la utilización de equipos de centro de datos. La fuente de esta información puede incluir el diseño inicial en el centro de datos, incluyendo puntos de referencia introducidos por el cliente o el proveedor del sistema y medición de parámetros en curso como se trata con respecto al método 300 a
20 continuación. Según un aspecto, se aprecia que estos puntos de referencia, a su vez, pueden ser más precisos que los valores de la placa de identificación y se pueden usar para propósitos de simulación durante los procesos de diseño y reacondicionamiento tratados a continuación.

La interfaz 302 puede exponer tanto las interfaces de usuario (UI) como las interfaces del sistema para intercambiar
25 información de la base de datos 304 con entidades externas. Estas entidades externas pueden incluir sistemas y/o usuarios. La interfaz 302 puede tanto restringir la entrada a un dominio información predefinida como validar cualquier información introducida anterior a usar la información o suministrar la información a otros módulos. Por ejemplo, en una realización, la interfaz 302 puede incluir una interfaz de Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL) para permitir a un programa de usuario o aplicación interrogar la base de datos 304. Esta interfaz SQL puede incluir
30 elementos gráficos que un usuario puede accionar para construir sentencias SQL y también puede incluir elementos que permiten a un usuario introducir simplemente un sentencia SQL directamente.

En otras realizaciones, la interfaz 302 puede incluir una lógica de agrupamiento, traducción, validación y/o restricción más compleja. Por ejemplo, la interfaz 302 puede validar que una sentencia SQL introducida por un usuario conforme a la sintaxis SQL adecuada anterior a ejecutarla contra la base de datos 304. En una realización, la
35 interfaz 302 puede exponer una UI con características similares a las del módulo de construcción 206 para permitir a los usuarios crear información de base de datos que representa diversas configuraciones de centro de datos. En otro ejemplo, la interfaz 302 puede exponer una interfaz de usuario que permite a un usuario introducir una nueva información de recursos de equipos de centro de datos, incluyendo fabricante, modelo y puntos de referencia de consumo y producción de recursos de centro de datos. La interfaz 302 puede restringir la entrada de puntos de
40 referencia de consumo y producción de recursos a recursos de centro de datos predefinidos, tales como potencia, enfriamiento, espacio físico, etc. Aún en otra realización, un usuario puede establecer grupos de equipos de centro de datos a través de la interfaz 302 y aprobar estos grupos de equipos para su uso dentro de un conjunto de centros de datos o sobre ciertos tipos de dispositivos informáticos, tales como dispositivos informáticos remotos o móviles. Además, la interfaz 302 puede permitir a un usuario designar una relación jerárquica entre grupos de equipos. Como
45 se trata aún más con respecto al método 300 a continuación, la disposición de esta información en una jerarquía de grupos puede facilitar el mantenimiento y distribución de la base de datos.

En una realización, la interfaz 302 puede exponer una interfaz de sistema que importa información de configuración y parámetros medidos de centro de datos a partir de una base instalada del proveedor del sistema de centros de
50 datos o proveedores de equipos de centro de datos. La interfaz 302 puede utilizar un protocolo estándar, tal como, por ejemplo, SQL o SQL envuelto en SOAP, para implementar tal interfaz de sistema y puede incluir elementos de protocolo no estándar que se analizan sintácticamente y se resuelven para que los comandos sean ejecutados por la base de datos 304. La interfaz 302 puede validar los comandos de la base de datos anterior a la ejecución en la base de datos 304. Cualquier equipo de centro de datos específico de cliente, por ejemplo, equipos de centro de
55 datos introducidos por un cliente que no está presente en la base de datos 304, se pueden importar a la base de datos 304 por la interfaz 302 si tiene éxito cualquier validación aplicable. Del mismo modo, equipos no presentes en la base de datos 304 que se ponen a disposición por los proveedores de equipos de centro de datos se pueden importar a la base de datos 304 por la interfaz 302 si tiene éxito cualquier validación aplicable. Estos rasgos permiten al sistema 300 añadir fácilmente nuevos equipos de centro de datos a su conjunto de elementos gestionados.

60 Además, la importación de parámetros de medida puede desencadenar un proceso de resumen de parámetros que actualiza los puntos de referencia de consumo y producción de recursos de equipos de centro de datos para reflejar el historial de uso real. El proceso de resumen puede incluir actualizar, entre otros, puntos de referencia de potencia

consumida o producida mínima, máxima y media, puntos de referencia para el consumo o producción de potencia como una función del tiempo, por ejemplo, potencia consumida o producida por día de la semana, semana del año, etc., puntos de referencia para la potencia consumida o producida realmente cuando se requiere un cambio en cualquiera de los dos y/o puntos de referencia para la potencia consumida producida como función de la utilización de los equipos de centro de datos.

Aún en otra realización, la interfaz 302 puede exponer una interfaz de sistema que exporta información o catálogos, de equipos de centro de datos a un almacenamiento externo. Este almacenamiento externo puede residir en diversas ubicaciones en diversos dispositivos informáticos. Además, como se trata a continuación, la información particular que se exporta a estas ubicaciones y dispositivos informáticos se puede relegar a grupos específicos de equipos de centro de datos.

Se debería apreciar que en al menos una realización, la funcionalidad del sistema 300 se puede incluir en un módulo de base de datos 212 del sistema 200.

Aún en otra realización, el módulo de orden de trabajo 214 puede permitir la gestión de cambios a la configuración del centro de datos, tales como los resultantes de un proceso de reacondicionamiento como se trata a continuación con respecto al proceso 600. En general, el módulo de orden de trabajo 214 analiza cualquier cambio hecho a la configuración del centro de datos por los otros módulos en el sistema 200. Entonces el módulo de orden de trabajo 214 genera un conjunto de tareas que, una vez completadas, implementarán esos cambios. A continuación, el módulo de orden de trabajo 214 traduce el conjunto de tareas a un conjunto de órdenes de trabajo en forma legible por humanos. Por último, el módulo de orden de trabajo 214 facilita el seguimiento de esas órdenes de trabajo hasta su terminación. Para lograr estos objetivos, el módulo de orden de trabajo 214 puede exponer diversas UI e interfaces del sistema para permitir la comunicación e interoperación con entidades externas.

En una realización, el módulo de orden de trabajo 214 expone una interfaz de sistema a través de la cual el módulo de integración 210 puede suministrar cualquier cambio hecho a la configuración del centro de datos. El módulo de orden de trabajo 214 también puede exponer una interfaz de usuario que incluye elementos que permiten a un usuario, tal como un gestor de centro de datos, modificar y despachar órdenes de trabajo a otros usuarios, tales como técnicos, para su implementación. El módulo de orden de trabajo 214 también puede exponer una interfaz de usuario para permitir a un usuario configurar un conjunto de reglas de despacho automático. Además, el módulo de orden de trabajo 214 puede exponer otras interfaces de usuario que permiten a los usuarios, tales como técnicos, modificar los detalles, incluyendo la información de estado, de las órdenes de trabajo. Estas interfaces del usuario pueden residir en diversos dispositivos informáticos, incluyendo dispositivos informáticos remotos o móviles.

Implementar tal interfaz de usuario en un dispositivo informático remoto o móvil puede permitir a los usuarios, tales como técnicos, actualizar la CMDB del centro de datos a medida que se hacen cambios de configuración. Esto puede producir distintos beneficios incluyendo un aumento de la precisión de la CMDB, debido el aumento del cumplimiento con y prontitud de, actualizaciones de cambio de configuración. Otro beneficio puede ser el aumento de la productividad para los usuarios, tales como técnicos, debido a que se pueden introducir cambios de configuración mientras que se trabaja en los equipos del centro de datos, en lugar de introducir cambios en una estación de trabajo como una actividad separada.

El módulo de orden de trabajo 214 también puede implementar interfaces de sistema de modificación y asignación para interoperar con otros sistemas. Por ejemplo, el módulo de orden de trabajo 214 puede, a través de una interfaz de sistema, utilizar un sistema de correo electrónico externo para notificar a los usuarios asignaciones de una orden de trabajo. Por último, el módulo de orden de trabajo 214 puede utilizar una interfaz de sistema que le permite detectar cambios en las demandas de recursos de centro de datos y puede usar esta información, cuando sea adecuado, para modificar la información de estado de una orden de trabajo.

Un diagrama de flujo de un método 300 según una realización que se puede realizar usando el sistema 200 se describirá ahora con referencia a la FIG. 4. Inicialmente y opcionalmente, en la etapa 301 del método 300, un usuario puede crear grupos de datos que describen los equipos de centro de datos. Estos grupos pueden permitir la gestión de múltiples tipos y/o modelos de equipos de centro de datos como una única entidad colectiva. Por ejemplo, la inclusión de datos que describen equipos de centro de datos en un grupo puede designar tales equipos como aprobados para su uso dentro de todos los centros de datos propiedad de un cliente o subconjuntos específicos de los mismos. Cualquier equipo de centro de datos aprobado para su uso dentro de un centro de datos se puede usar durante el diseño o reacondicionamiento del centro de datos.

Por otra parte, el usuario puede disponer estos grupos en una forma jerárquica. En una realización, se crea un primer grupo que incluye todos los equipos de centro de datos soportados por el sistema, se crea un segundo grupo que es un subconjunto del primer grupo y que designa equipos que se aprueban para su uso dentro del centro de datos de un cliente particular y se crea un tercer grupo que es un su conjunto del segundo grupo y que designa equipos que se prefieren para su uso dentro de un centro de datos de cliente particular. En una realización, un usuario puede dirigir grupos específicos para la exportación a clientes específicos, centros de datos de cliente o dispositivos informáticos específicos dentro de un centro de datos de cliente, tales como dispositivos informáticos remotos o móviles.

Formar grupos de datos de equipos puede facilitar el mantenimiento y la distribución de catálogos electrónicos de equipos de centro de datos, que pueden incluir datos que describen las características de los equipos de centro de datos. Por ejemplo, la inclusión específica de datos de equipos de centro de datos en un grupo que es menor en la jerarquía, por ejemplo, un grupo designado para distribución a un dispositivo informático remoto o móvil dentro de un centro de datos específico, puede requerir que los datos estén presentes en grupos de ancestros. Esta inclusión se puede realizar automáticamente por el sistema. Estos grupos también se pueden emplear para hacer cumplir la estandarización de equipos de centro de datos dentro de la jerarquía de organización del cliente requiriendo que los equipos sean aprobados para su uso por el cliente antes de que se permita que se usen para reacondicionar un centro de datos de cliente específico.

En otra realización, el proveedor del sistema puede crear un grupo de datos que describen equipos de centro de datos estándar. Un grupo de los datos de equipos de centro de datos estándar se puede aprobar para su uso en centros de datos del cliente. Un catálogo de equipos que incluye datos asociados con los equipos de centro de datos estándar y/o aprobados se puede entregar con la instalación del sistema inicial en un centro de datos. Los datos de equipos estándar y/o aprobados entonces se pueden complementar con datos de equipos específicos del cliente, no estándar usados en un centro de datos del cliente, como se trata con respecto a la etapa 304 a continuación.

Los equipos aprobados se pueden agrupar además en un conjunto preferido para su uso con uno o más centros de datos de cliente. La creación de estos grupos preferidos se puede realizar explícitamente por el usuario o se puede realizar implícitamente por el sistema en base al uso de los equipos específicos por un cliente o dentro de un centro de datos de cliente durante el diseño o reacondicionamiento del centro de datos.

En una etapa 302 del método 300, se carga en el sistema información con respecto a la instalación. La información incluye, por ejemplo, dimensiones de la instalación, número de salas, ubicaciones de puertas, columnas de soporte, otras obstrucciones, parámetros de capacidades de recursos de centro de datos, tales como potencia disponible, capacidades de enfriamiento de la instalación, si está en uso un suelo elevado o un falso techo y características de cualquier suelo o techo tal. Las políticas de suministro de recursos de centro de datos también se pueden introducir en esta etapa. Para equipos que proporcionan recursos de centro de datos, tales como generadores eléctricos o CRAC, se puede cargar información de capacidad recibiendo información de equipos de centro de datos desde la interfaz 302 del sistema 300. De esta manera, esta etapa del método 300 recoge información útil en la determinación de los recursos de centro de datos proporcionados a ubicaciones y espacios de centro de datos particulares. En al menos una realización, como se trata aún más a continuación con respecto a enfriamiento, esta información se puede procesar además para determinar los recursos de centro de datos proporcionados a ubicaciones y espacios de centro de datos particulares.

En la etapa 304 del método, se introduce información con respecto a equipos a ser instalados en la instalación. La información incluye, por ejemplo, el número de bastidores de equipos, el consumo de energía máximo para cada uno de los bastidores, las dimensiones de los bastidores y los requisitos de enfriamiento para los bastidores. La necesidad de fuentes de alimentación de respaldo y múltiples fuentes de alimentación para equipos y o bastidores también se puede introducir en la etapa 304. En una realización, también se pueden introducir las características de consumo y producción de recursos de centro de datos de piezas individuales de equipos que van a ser cargados en los bastidores. También, se puede usar el peso de los equipos (incluyendo equipos cargados en los bastidores) para asegurar que el peso de los equipos instalados está dentro de cualquier restricción de la instalación. Estas características pueden incluir, además de la conectividad de red, requisitos de potencia y enfriamiento, la cantidad de espacio de bastidor que necesita ocupar el equipo y el tipo y/o número de enchufes eléctricos que requiere el equipo. En una realización, el módulo de base de datos 212 contiene información con respecto a una serie de dispositivos, tales como fuentes de alimentación ininterrumpida, bastidores de equipos, unidades de enfriamiento, sistemas de generadores, unidades de distribución de potencia, conmutadores de transferencia automática, dispositivos de encaminamiento eléctrico, incluyendo cables y servidores y otros equipos informáticos. En esta realización, cuando se introduce un número de modelo de un dispositivo, se recuperan las características del dispositivo desde el módulo de base de datos. En una realización, la interfaz 302 del sistema 300 proporciona estas características de dispositivo/equipo al módulo de base de datos 212. También se pueden incluir en el diseño equipos relacionados con la protección de incendios y seguridad. Además, en al menos una versión, todos los equipos y componentes dentro de los bastidores de equipos pueden incluir etiquetas RFID, que se pueden usar por sistemas para seguimiento de ubicación de equipos y bastidores. En otra realización, cualquier característica de equipos de centro de datos que se añada o cambie por un usuario en esta o la etapa previa se puede transmitir a interfaz 302 del sistema 300 para importación a la base de datos 304.

Una vez que toda la información se introduce en el sistema, en la etapa 306, el sistema en una realización determina una disposición para los equipos en la instalación, teniendo cuenta los requisitos de recursos de centro de datos, tales como requisitos de potencia y enfriamiento, del equipo así como otras características del equipo que fueron introducidas en la etapa 304 o recuperadas del módulo de base de datos. En otra realización, el usuario puede crear la disposición gráficamente, añadiendo bastidores y otros equipos donde se desee y en esta realización, el sistema proporcionará realimentación durante el proceso de disposición, deshabilitando algunas opciones y haciendo sugerencias inteligentes. Esta reglas pueden incluir, por ejemplo: se debe especificar una disposición de pasillo caliente/pasillo frío alterna estándar, el espacio lleno debe ser mayor que algún valor mínimo, la capacidad de enfriamiento de sala total debe exceder la carga de enfriamiento de sala total, los pasillos deben ser lo bastante

anchos para propósitos de acceso y para cumplir los códigos de edificación, la distancia entre PDU y bastidores de IT servidos por la PDU no debe exceder algún valor máximo, la PDU se debe situar inmediatamente adyacente al UPS, donde una bandeja de cable abarca un pasillo, el pasillo no puede exceder una anchura máxima, una o más capacidades de recursos de centro de datos deben estar a un nivel suficiente para soportar requisitos de redundancia y/o tiempo ejecución de recursos de centro de datos objetivo, etc.

A continuación, en la etapa 308, se lleva a cabo un análisis de enfriamiento para determinar si el diseño proporciona enfriamiento adecuado para cada uno de los bastidores y los equipos instalados en los bastidores. Como se describe aún más a continuación, se puede usar uno de una serie de métodos diferentes para llevar a cabo el análisis de enfriamiento. En una realización, si los resultados del análisis de enfriamiento indican que uno o más dispositivos y/o bastidores no están recibiendo aire fresco adecuado, entonces el procedimiento puede volver a la etapa 306 para cambiar la disposición de los equipos en base a la realimentación proporcionada desde el análisis llevado a cabo en la etapa 308.

A la terminación del análisis de enfriamiento, en la etapa 310, se visualiza un modelo de sala que muestra las ubicaciones de los equipos en una o más salas de la instalación. El modelo de sala puede incluir, para cada bastidor de equipos o para equipos de centro de datos individuales, información con respecto a los recursos de centro de datos totales, tales como potencia y enfriamiento, que se consumen o producen así como una indicación de los recursos de centro de datos disponibles totales, tales como potencia y enfriamiento, para el bastidor o equipos de centro de datos. En una realización datos de recursos de centro de datos reales, tales como datos de potencia y enfriamiento, se pueden visualizar, mientras que en otras realizaciones se pueden usar colores, o bien solos o bien en combinación con datos, para visualizar diferentes niveles de disponibilidad de recursos de centro de datos, tales como disponibilidad de potencia y enfriamiento. Por ejemplo, si un bastidor está operando con suficiente aire de enfriamiento con un margen por encima de un umbral, el bastidor se puede indicar en verde en el visualizador, si la disponibilidad de aire de enfriamiento está más cerca del umbral, el bastidor se puede indicar en amarillo y si el bastidor no tiene suficiente aire de enfriamiento se puede indicar en rojo. Aún más, los resultados del análisis pueden indicar que recursos de centro de datos adecuados, tales como potencia y/o enfriamiento, están siendo proporcionados para los equipos, pero que no se están cumpliendo los niveles de redundancia y/o los márgenes de tiempo de ejecución especificados, ya sea a nivel de la sala, a nivel de fila, a nivel de bastidor o una pieza/elemento específico de los equipos de centro de datos.

En una realización, el sistema puede mostrar múltiples modelos de sala y puede permitir al usuario encontrar una o una serie de ubicaciones satisfactorias alternativas para los equipos en base a los requisitos de recursos de centro de datos de los equipos y cualquier requisito de redundancia y/o tiempo de ejecución aplicable. Otra realización puede permitir al usuario encontrar una ubicación óptima seguida por una serie de ubicaciones satisfactorias alternativas para los equipos. Cada serie de ubicaciones se puede disponer consecutivamente según un orden de preferencia, tal como en orden de capacidad en orden decreciente de capacidad en exceso o inmovilizada. Como se trata además a continuación, la capacidad inmovilizada incluye capacidad en exceso que está disponible nominalmente, pero inutilizable, debido a capacidad asociada insuficiente de otro recurso de centro de datos requerido por los equipos de centro de datos.

Aún otra realización puede permitir al usuario especificar tanto los equipos de centro de datos como la ubicación y puede validar si la ubicación proporciona suficientes recursos de centro de datos para satisfacer los requisitos de los equipos y cualquier política de suministro de centro de datos aplicable. Esta validación se puede realizar comparando los recursos de centro de datos proporcionados a la ubicación, los requisitos de centro de datos de los equipos y cualquier política de suministro de recursos de centro de datos aplicable. El resultado de esta comparación, un resultado de cumplimiento, se puede almacenar para su uso posterior. Aún en otra realización, el sistema puede sugerir que los equipos de centro de datos sean colocados en una ubicación especificada por el usuario. En este caso, el sistema puede asegurar que se cumplen las políticas de suministro de recursos de centro de datos aplicables y los requisitos de recursos de centro de datos de los equipos sugeridos, comparando las políticas, los recursos de centro de datos proporcionados a la ubicación y los requisitos de recursos de centro de datos de los equipos anterior a sugerir los equipos en base a un resultado de cumplimiento. Detalles de ejemplos específicos con respecto al modelo de sala se describen además a continuación con referencia las FIGS. 5 hasta 5D.

En el bloque de decisión 312, se puede hacer una determinación, por ejemplo, por un diseñador de la instalación en cuanto a si es satisfactoria la disposición generada en la etapa 310. La determinación se puede basar en criterios adicionales de importancia para el diseñador que no fueron incluidos durante el diseño de la disposición original. Por ejemplo, puede ser deseable tener ciertos bastidores cerca entre sí o tener ciertos bastidores aislados unos de otros. En la etapa 314, se pueden proporcionar criterios adicionales u otra realimentación y el proceso entonces vuelve a las etapas 306 y 308 donde se puede refinar el modelo de sala. Las etapas 306 a 312 se pueden repetir hasta que se logra un modelo satisfactorio en la etapa 312. En al menos una realización, a la terminación de la etapa de diseño, se genera una lista de materiales y se puede usar para proporcionar el coste de los equipos a ser instalados en la instalación y también se puede usar para generar una orden de ventas para los equipos, proporcionando una solución simple para pedir todos los equipos asociados con un nuevo centro de datos. Además, también se pueden generar dibujos CAD y archivos electrónicos que capturan la disposición diseñada. En otra realización, esta

configuración de centro de datos se transmite a la interfaz 302 del sistema 300 para almacenamiento en la base de datos 304 en forma de una CMDB para el centro de datos instalado.

En la etapa 316, los equipos se instalan en la instalación según la disposición generada en las etapas 306 a 314. En una realización, los equipos de medición para medir las características de enfriamiento y las características de potencia, se pueden instalar con los equipos. Los equipos de medición se describen aún más a continuación y pueden incluir, por ejemplo, dispositivos para medir potencia, flujo de aire, humedad y temperatura en diversas ubicaciones en la instalación y dentro de los bastidores de equipos situados en la instalación.

En la etapa 318 del proceso 300, se miden los parámetros de potencia y enfriamiento usando el equipo de medición. Mediciones de temperatura adicionales también se pueden proporcionar por dispositivos, tales como servidores, que tienen la capacidad de detectar temperaturas internas. Los parámetros medidos se pueden usar continuamente por el módulo de gestión del sistema 200 para detectar condiciones de error y para monitorizar tendencias que pueden conducir a una situación de error. Además, en el proceso 300, los parámetros medidos se pueden comparar con parámetros predichos calculados durante el proceso de diseño en las etapas 306 y 308. Por ejemplo, en una realización, el flujo de aire a través de una baldosa de suelo perforada de un suelo elevado se usa para determinar el aire de enfriamiento disponible de un bastidor situado adyacente a la baldosa de suelo. El flujo de aire a través de la baldosa perforada se puede determinar en la etapa 308 usando uno de una serie de métodos de cálculo que se describen aún más a continuación o el flujo de aire se puede determinar usando datos a partir de mediciones físicas o simulaciones relacionadas. Una vez que se instalan los equipos en la instalación, la baldosa de suelo perforada se puede instrumentar para medir el flujo de aire real a través de la baldosa. El valor medido real entonces se puede comparar con el valor calculado en la etapa 320. Si los dos difieren en más de un umbral predeterminado, entonces se puede proporcionar una indicación o advertencia y los cálculos llevados a cabo en la etapa 308 se pueden llevar a cabo una vez más en la etapa 322 usando los valores medidos en lugar de los valores calculados según sea adecuado para obtener parámetros actualizados. En otra realización, los parámetros medidos se transmiten a la interfaz 302 del sistema 300 para almacenamiento en la base de datos 304. Como se trató anteriormente, el almacenamiento de estos parámetros de medida por la interfaz 302 puede desencadenar un análisis adicional y un resumen de los parámetros de medida en puntos de referencia de consumo y producción de equipos de centro de datos.

Después de la etapa 322, el modelo de la instalación descrito anteriormente con referencia la etapa 310 se puede visualizar con valores de disponibilidad y consumo de potencia y enfriamiento actualizados para reflejar cualquier diferencia entre los parámetros medidos y los parámetros calculados. Cualquiera condición fuera de tolerancia (o bien para enfriamiento o bien para potencia) se puede indicar en el visualizador usando, por ejemplo, un esquema de código de colores como se describió anteriormente. En una realización, se puede dotar a un usuario con una serie de opciones disponibles para corregir una condición fuera de tolerancia. Las opciones pueden incluir actualizar o añadir equipos de la instalación (es decir, una unidad de acondicionamiento de aire o una fuente de alimentación ininterrumpida) o pueden incluir equipos y/o bastidores en movimiento. Las etapas 318 a 322 del proceso se pueden realizar continuamente como parte de un sistema de gestión de la instalación de datos.

En una realización, las etapas 302 a 314 del proceso 300 se implementan usando un sistema de construcción accesible por un usuario sobre Internet. En esta realización, el usuario proporciona la información solicitada y el sistema de construcción proporciona el procesamiento descrito anteriormente, proporciona salidas al usuario sobre Internet y almacena los resultados localmente. Después de que los equipos se han instalado en la instalación, el sistema de gestión 500 (descrito a continuación) puede acceder al sistema de construcción para descargar información relacionada con los equipos. Además, cuando va a ocurrir un reacondicionamiento de la instalación, el sistema de gestión puede contactar con el sistema de construcción para coordinar el diseño del reacondicionamiento. En al menos una realización, los archivos electrónicos se pueden importar/exportar entre los sistemas para proporcionar una transferencia completa de toda la información relacionada con el diseño del centro de datos.

La FIG. 5 muestra un ejemplo de un visualizador de un modelo de sala que se puede generar usando el sistema 200 y el proceso 300 y mostrado en un visualizador de ordenador. Se debería apreciar que este visualizador de ordenador puede ser cualquiera que se acople a o incluya en, cualquier tipo de dispositivo informático incluyendo un dispositivo informático remoto o móvil. El modelo de sala mostrado en la FIG. 5 es esencialmente el centro de datos 100 tratado previamente anteriormente con referencia a las FIGS. 1 y 2. No obstante, en la FIG. 5, datos adicionales relacionados con el consumo y capacidad de potencia y enfriamiento de cada bastidor, posiciones de espacio en U y/o elementos de equipos de centro de datos alojados dentro de cada bastidor se pueden incluir en un bloque de información, tal como los bloques de información 120A y 120B mostrados en dos de los bastidores 108A y 108B en la FIG. 5. Los bloques de información se pueden incluir en equipos de centro de datos, cada bastidor o en menos de todos los bastidores, por ejemplo, por fila, zona o agrupación.

Las FIG. 5A y 5B muestran vistas agrandadas de los bastidores 108A y 108B respectivamente que también se pueden mostrar en un visualizador de ordenador de los sistemas de las realizaciones. En las vistas de las FIG. 5A y 5B, información específica con respecto a los bastidores y posiciones de espacio en U se incluye en el bloque de información. En la realización mostrada, la información en el bloque incluye un identificador de bastidor 122, un tipo de bastidor 124, capacidad de potencia 126, uso de potencia 128, capacidad de enfriamiento 130, uso de

enfriamiento 132, contenidos del bastidor 134, redundancia de potencia 136, redundancia de enfriamiento 138 y tiempo ejecución de UPS 140. En otras realizaciones, tales como la realización representada en la FIG. 20 tratada a continuación, información para cada bastidor se puede incluir en forma tabular o en forma de barras de columna, en un visualizador gráfico que muestra la disposición de sala. La información de centro de datos que se puede

5 visualizar incluye mediciones de tiempo ejecución, mediciones de redundancia de recursos de centro de datos, incluyendo relaciones entre equipos de centro de datos que trabajan en combinación para proporcionar redundancia y mediciones de capacidad, tales como capacidad disponible, capacidad utilizada y capacidad inmovilizada.

El identificador de bastidor 122 incluye un número de fila y un número de bastidor, no obstante, en otras realizaciones, el identificador de bastidor también puede incluir un indicador del tipo de bastidor, pertenencia del bastidor a una fila, zona, grupo o agrupación particular, fabricante del bastidor, así como otra información. El tipo de bastidor 124 identifica el tipo de bastidor particular, es decir, bastidor de servidor, bastidor de encaminador o bastidor de telecomunicaciones. La capacidad de potencia 126 indica la capacidad de potencia máxima del bastidor y el indicador de uso de potencia 128 indica el porcentaje de capacidad máxima al que se espera que opere el bastidor.

10 En diferentes realizaciones, el indicador de uso de potencia se puede calcular en base a los datos suministrados por el fabricante para los equipos contenidos en el bastidor y/o en base a las mediciones de potencia reales de los equipos. La capacidad de potencia para un bastidor, en al menos una realización, se determina en base a las limitaciones de los dispositivos y/o cables de alimentación que suministran potencia al bastidor, tales como disyuntores, UPS o cualquier otro dispositivo. Los contenidos del bastidor 134 incluyen una lista de los equipos contenidos en el bastidor y pueden incluir una indicación del espacio restante en el bastidor visualizado, por ejemplo,

15 en términos de unidades de bastidor, que se conocen típicamente como "U" con 1U igual a 1,75 pulgadas (4,445 centímetros). También se pueden incluir detalles con respecto a los equipos en el bastidor, incluyendo el estado operacional y las direcciones de red, tales como una dirección IP para un dispositivo.

El indicador de capacidad de enfriamiento 130 y el indicador de uso de enfriamiento 132 identifican respectivamente la cantidad de aire de enfriamiento disponible para el bastidor y el porcentaje de ese aire de enfriamiento que está siendo usado por los equipos en el bastidor. En otras realizaciones el uso de potencia y enfriamiento se pueden

25 indicar usando diversos tipos de indicadores gráficos, tales como un gráfico de barras, que indica el uso y la capacidad de potencia y enfriamiento. En la realización mostrada en las FIGS. 5A y 5B, la capacidad de enfriamiento se muestra en términos de kilovatios (kW). Como es conocido por los expertos en la técnica, para aplicaciones de centro de datos típicas, muchos bastidores de equipos requieren típicamente aproximadamente 160 cfm (pies cúbicos por minuto (4,54 metros cúbicos por minuto)) de aire de enfriamiento por kilovatio de potencia usado por el bastidor. Toda la potencia consumida por los dispositivos de tipo informático se convierte típicamente en calor, de manera que el enfriamiento requerido (en términos de kW) para un bastidor se puede suponer que es igual al consumo de potencia del bastidor. Por consiguiente, en una realización, el indicador de uso de enfriamiento es igual a la potencia consumida por el bastidor. En otras realizaciones, dependiendo del tipo de equipos que se instalan en

30 los bastidores, el enfriamiento requerido por un bastidor puede no ser igual al consumido por el bastidor y se puede calcular en base a los datos del fabricante para los equipos, en base a los resultados de prueba o de cualquier otra manera.

La capacidad de enfriamiento de un bastidor de equipos se determina en base a una serie de factores diferentes. Por ejemplo, para un entorno de suelo elevado, estos factores pueden incluir: ubicación del bastidor en la

40 instalación, proximidad al bastidor de baldosas perforadas, la cantidad y temperatura de aire de enfriamiento proporcionadas a través de tal baldosa perforada, la disposición física o geométrica de los bastidores y del edificio y los requisitos de enfriamiento de otros equipos en la instalación situados cerca del bastidor. La capacidad de enfriamiento de un bastidor en una instalación se puede ver afectada por el uso de enfriamiento de bastidores cercanos y, por consiguiente, en una realización, la capacidad de enfriamiento de un bastidor se ajusta cuando se cambia el uso de enfriamiento de un bastidor cercano. En al menos una realización, los cálculos para determinar la capacidad de enfriamiento de un bastidor se basan en parte en la capacidad de un bastidor de tomar prestado aire de enfriamiento disponible en bastidores adyacentes. Los métodos particulares para determinar la capacidad de enfriamiento para bastidores en las realizaciones se describen aún más a continuación. En una realización, cuando se cambia el uso de enfriamiento de un bastidor, se recalcula la capacidad de enfriamiento de ese bastidor y todos

45 los bastidores situados cerca del bastidor cambiado.

En realizaciones de la presente invención, durante el diseño así como durante la gestión de un centro de datos, la capacidad disponible verdadera de un centro de datos se puede determinar a nivel de posición de espacio en U, a nivel de bastidor, a nivel de la fila y a nivel de la sala. En la determinación de la capacidad disponible (incluyendo capacidad no usada), se usan recursos de centro de datos incluyendo tanto capacidad de enfriamiento como de

50 potencia y se puede determinar la capacidad disponible verdadera usando la capacidad de recursos de centro de datos más baja. En situaciones donde las capacidades de recursos de centro de datos no son iguales, la capacidad en exceso se puede considerar capacidad gastada o inmovilizada que no se puede usar en el presente diseño. En otras palabras, mientras que la capacidad inmovilizada está disponible nominalmente, es inutilizable debido a la capacidad asociada insuficiente. En las realizaciones de la presente invención, la capacidad inmovilizada se puede determinar a nivel de la posición de espacio en U o a nivel de bastidor y se puede totalizar para determinar la capacidad inmovilizada a nivel de la fila y a nivel de la sala.

En una realización, como se representa la FIG. 21, esta información de recursos de datos se puede visualizar por el usuario en forma de gráficos. Por ejemplo, la FIG. 21 representa la capacidad total 2102, la capacidad de espacio 2104, la capacidad de enfriamiento 2106 y la capacidad de potencia 2108, cada una como una función del tiempo. Cada una de estas representaciones puede incluir la capacidad de centro de datos total específica para el recurso de centro de datos mostrado. Además, las representaciones pueden incluir capacidad de centro de datos específica a una ubicación específica en el centro de datos, por ejemplo, bastidores de alta densidad o media densidad. Aún más, estas capacidades se pueden proyectar en el futuro para permitir a un usuario, tal como un gestor de centro de datos, predecir cuándo la capacidad puede necesitar expansión.

La FIG. 23 ilustra una realización a la que un usuario, tal como un gestor de centro de datos, puede hacer referencia para valorar la capacidad de centro de datos inmovilizada y averiguar la causa raíz de la capacidad inmovilizada. Más específicamente, la FIG. 23 representa un informe 2302 que incluye filas y columnas bajo diversas cabeceras de recursos de centro de datos. La intersección de estas filas y columnas puede indicar cuánta capacidad en exceso de los recursos de datos enumerados en la columna 2304 es inutilizable debido a capacidad insuficiente de los recursos de datos enumerados en la fila 2306. Por ejemplo, la intersección 2308 puede indicar que un 20% de la capacidad de soportar peso del centro de datos es inutilizable debido a capacidad de potencia insuficiente. En otra realización, la cantidad real de capacidad inmovilizada se puede usar para articular estas relaciones y el significado atribuido a las filas y columnas se puede trasponer. Como será evidente para un experto en la técnica, son posibles otras realizaciones que ilustran esta relación sin apartarse de la presente invención.

Se proporcionan recomendaciones para reducir la capacidad inmovilizada durante la fase de diseño así como durante la fase de gestión. Las recomendaciones pueden incluir reducir la capacidad de los recursos de centro de datos, tales como recursos de potencia y enfriamiento, (reduciendo por ello los costes operacionales) o añadiendo capacidad de recursos de centro de datos, tales como capacidad de enfriamiento o capacidad de potencia, adecuadamente para reducir la capacidad inmovilizada. Se pueden generar advertencias cuando la capacidad inmovilizada es mayor que los umbrales prefijados y, además, también se pueden proporcionar recomendaciones para ubicaciones de equipos más óptimas, incluyendo equipos de potencia y enfriamiento, para minimizar la cantidad de capacidad inmovilizada. Además, se pueden calcular los costes de la capacidad inmovilizada.

En los sistemas y métodos de gestión descritos anteriormente, la capacidad y disponibilidad de recursos de centro de datos, tales como capacidad y disponibilidad de potencia y enfriamiento, se pueden monitorizar en tiempo real. En una versión, se monitorizan cambios de la tasa de disponibilidad (o la tasa de utilización) y en base a estos cambios, se puede determinar la tasa de crecimiento de un centro de datos y se pueden proporcionar predicciones de fechas cuando se requerirá capacidad adicional. En una el método de pronóstico usado para hacer estas determinaciones es de regresión lineal. Son posibles otros métodos de pronóstico. La capacidad de monitorizar capacidad y las necesidades de capacidad futuras de predicción permiten a los operadores de centro de datos controlar los costes y planificar los próximos gastos. Además, se pueden hacer determinaciones en cuanto a los gastos adicionales en los que se incurrirá si se añaden nuevos equipos. El coste total (por ejemplo por kilovatio) también se puede determinar durante la fase de diseño o durante la operación.

Las disposiciones de centro de datos se pueden diseñar para proporcionar niveles de redundancia específicos (es decir, n , $n+1$ o $2n$) para el diseño de recursos de centro de datos, tal como tanto el diseño de la potencia como el diseño del enfriamiento. En los centros de datos en el pasado, las unidades de enfriamiento de sala adicionales se proporcionan típicamente para incluir alguna redundancia en un centro de datos, de manera que se puede mantener una capacidad de enfriamiento total del centro de datos, incluso cuando una o más de las unidades de enfriamiento de sala fallan o se deben apagar para llevar a cabo un mantenimiento. Un problema con estas soluciones del pasado es que la redundancia de enfriamiento se diseña a nivel de la sala y no a nivel del bastidor y mientras que la capacidad de enfriamiento total puede cumplir los requisitos de redundancia, el enfriamiento a nivel del bastidor no puede cumplir los requisitos de redundancia deseados. La capacidad de proporcionar datos de flujo de aire precisos a nivel del bastidor y a nivel de la posición de espacio en U permite que una redundancia de enfriamiento verdadera sea diseñada en una solución.

Como se trato anteriormente, se pueden usar interfaces gráficas de usuario para ayudar en el diseño y gestión de centros de datos. En una realización, estas interfaces gráficas de usuario se pueden usar para presentar una representación interactiva de una disposición de unos espacios diversos en el centro de datos. En otra realización, se pueden adaptar representaciones interactivas a espacios particulares dentro del centro de datos, tales como el centro de datos entero, los suelos, las salas, los bastidores y los espacios en U del centro de datos. Además estas interfaces se pueden visualizar en un dispositivo informático local o remoto. Los dispositivos informáticos remotos pueden incluir sistemas de ordenadores generales, dispositivos informáticos móviles y dispositivos informáticos que se incluyen con, incorporan en o fijan a, otra estructura o dispositivo físico, tal como una pared, techo, otro sistema informático o una envolvente, por ejemplo una envolvente de bastidor, etc.

Por ejemplo, se describirán ahora además con referencia las FIGS. 5C y 5D pantallas de interfaz de usuario particulares en una realización para diseñar una disposición en un centro de datos. La FIG. 5C muestra una interfaz de editor de suelo 402 usada en una realización para la disposición de equipos en un centro de datos, mientras que la FIGS. 5D muestra una interfaz de editor de bastidor 404 usada en una realización para proporcionar detalles adicionales de los contenidos de equipos en el centro de datos. En una realización de un sistema de diseño de

centro de datos, se proporcionan a un usuario tutoriales para ayudar al usuario proporcionando directrices de diseño sobre las mejores prácticas. Se puede acceder a los tutoriales por un usuario como se desee o se pueden configurar para ser visualizados a medida que un usuario está tomando una acción particular.

La interfaz de editor de suelo incluye un menú principal 403, una barra de herramientas 406, una casilla de configuración 408, una casilla de componentes genéricos 410, una casilla de disposición de suelo 412, una casilla de estado 414, una casilla de visualización de imagen completa 416 y una casilla de equipos no colocados 418. El menú principal 403 proporciona un menú desplegable en un formato conocido por los expertos en la técnica y permite a un usuario realizar diversas funciones, incluyendo la capacidad de “deshacer” y/o “rehacer” cambios que se hacen a la disposición. La barra de herramientas 406 proporciona un acceso abreviado a funciones del sistema de diseño y en una realización incluye un botón de editor de suelo 406A y un botón de editor de bastidor 406B. La activación del botón de editor de suelo provoca la visualización de la pantalla mostrada en la FIG. 5C, mientras que la activación del botón de editor de bastidor provoca la visualización de la pantalla mostrada en la FIG. 5D.

La casilla de editor de suelo 412 muestra la disposición de equipos en un centro de datos que se diseña y proporciona texto que identifica los equipos contenidos en la disposición. Un perímetro de sala 412A muestra las paredes exteriores de la sala junto con las dimensiones de la sala que se pueden fijar por un usuario. En una realización, cuando se inicia un nuevo diseño, se presenta al usuario una pantalla que muestra una serie de configuraciones básicas de sala que se pueden seleccionar. Además, las paredes de la sala se pueden mover por un usuario seleccionando uno de los botones 412B y se pueden añadir botones adicionales donde se necesite para expandir o contraer un área de la sala. En una realización, el tamaño de la sala se puede cambiar a medida que se añaden equipos a la disposición. Las tres filas 412C, 412D y 412E se esbozan en la sala mostrada en la FIG. 5C. En otras realizaciones, se puede incluir más o menos filas. Como se muestra la FIG. 5C, las filas se configuran de una manera que proporcionan pasillos calientes y fríos alternos. La fila 412D incluye tres bastidores de equipos (identificados por “R”), dos unidades de enfriamiento de medio bastidor (identificadas por “C”) un UPS (“U”) y una unidad de distribución de potencia (“P”). La fila 412E incluye un bastidor y la fila 412C como se configura ahora no incluye ningún equipo. Durante la fase de diseño se pueden añadir equipos adicionales a cada una de las filas. La sala también incluye un conmutador de transferencia automático (ATS) 412G y una unidad de distribución de enfriamiento (CDU) 412F. Las áreas sombreadas se muestran en el visualizador alrededor del ATS y la CDU para indicar que estas áreas se deberían mantener libres de equipos. Cada pieza de equipos en la sala puede incluir identificadores que indican el tipo de bastidor así como la ubicación del bastidor en la sala y la fuente de alimentación para el bastidor. Además, como se trató anteriormente, cada bastidor puede incluir información con respecto al uso y disponibilidad de recursos de centro de datos, tales como el uso y disponibilidad de potencia y enfriamiento. Aún más, se puede proporcionar texto en cada fila para indicar información de recursos de centro de datos total, tal como información de potencia y enfriamiento para cada fila.

La casilla de configuración 408 incluye ocho opciones de configuración para diseñar un centro de datos. La opción de configuración de propiedades de sala, cuando se selecciona, permite a un usuario identificar valores de recursos de centro de datos, tales como valores físicos, de potencia y de enfriamiento, que afectan al diseño del centro de datos como un todo incluyendo las dimensiones de la sala, anchuras de pasillos y densidad de potencia anticipada total para el centro de datos. También se pueden fijar requisitos de redundancia y/o tiempo de ejecución de recursos de centro de datos, tales como requisitos de redundancia de potencia (es decir, N, N+1, 2N), requisitos de redundancia de enfriamiento y requisitos de tiempo de ejecución para sistemas UPS. También se puede configurar el número de datos que se piensa que se usará y la ubicación de distribución de potencia y distribución de línea de enfriamiento (es decir, por encima o por debajo de un suelo elevado). En una realización, solamente se proporciona enfriamiento en fila, no obstante, en otras realizaciones se puede usar también otros tipos de soluciones de enfriamiento. En al menos una realización, se pueden rotar las filas individuales en diferentes ángulos en el centro de datos. Además, mientras que solamente se muestra una sala en la FIG. 5C, al menos una realización permite a un centro de datos incluir múltiples salas. Estas salas pueden ser salas activas, que mantienen equipos de centro de datos activos y salas inactivas para almacenamiento de repuestos o equipos decomisados.

Una opción de añadir configuración de bastidor en la casilla de configuraciones 408 se usa para añadir bastidores de equipos al diseño de centro de datos. Cuando se selecciona esta opción, se presentan a un usuario opciones de diversos tipos de bastidores para añadir al centro de datos. Cuando se seleccionan los bastidores, se proporciona un indicador en la casilla de equipos no colocados 418, indicando que los bastidores aún necesitan ser colocados en la disposición de la sala.

Una opción de añadir enfriamiento en fila en la casilla de configuración se usa para añadir unidades de enfriamiento en fila al diseño de centro de datos. Cuando se selecciona esta opción, se presentan a un usuario diversos tipos de unidades de enfriamiento que se pueden añadir en las filas. Como con los bastidores de equipos, cuando se selecciona una unidad de enfriamiento, se proporciona un indicador en la casilla de equipos no colocados 418, indicando que la unidad de enfriamiento aún necesita ser colocada en la disposición de sala.

Una opción de zona de potencia en la casilla de configuración se usa para identificar y seleccionar las PDU y los UPS y para indicar qué equipos se alimentarán desde los UPS y las PDU. También se pueden seleccionar características de las PDU y los UPS. Una vez seleccionadas, se proporciona un indicador en la casilla de equipos no colocados 418 para los UPS y las PDU. En la realización, se pueden incluir múltiples bastidores en una selección

en la disposición para identificar los equipos que pertenecen a un grupo de potencia particular, también conocido como zona de potencia. Aún en otra realización después de la sección de equipos y los UPS y las PDU, se puede implementar una opción de zona de potencia automática en la cual el sistema hace coincidir los requisitos de potencia de equipos (es decir, niveles de redundancia, duraciones de tiempo de ejecución, voltajes, ajuste de fase) con los de los UPS y las PDU y asigna zonas de potencia automáticamente y determina longitudes de los cables de alimentación que se necesitan para alimentar equipos desde la PDU asignada. En la determinación automática de zonas de potencia, el sistema también puede identificar la necesidad de UPS y PDU adicionales.

Una opción de generación de potencia en la casilla de configuración 408 se usa para identificar y seleccionar un conmutador de transferencia automático (ATS) y un generador. De nuevo, una vez que se seleccionan éstos, se proporciona un indicador en la casilla de equipos no colocados 418.

Una opción de apagado de emergencia en la casilla de configuración se usa para seleccionar una solución de apagado de emergencia (EPO) para el diseño de centro de datos y, una vez seleccionado, se añadirá un indicador para la solución EPO en la casilla de equipos no colocados.

Una opción de gestión en la casilla de configuración 408 permite que un gestor de centro de datos, tal como el InfrastruXure® Manager y/o InfrastruXure® Central tratados anteriormente, sea añadido. En una realización, cuando se selecciona el gestor, también se selecciona una ubicación de bastidor para el gestor.

Una opción de servicio en la casilla de configuración 408 permite a un usuario seleccionar que un nivel de servicio sea proporcionado al centro de datos por una organización de servicios de centro de datos.

Otras opciones de configuración pueden incluir un configurador de planificación de filas que permite a un usuario planificar cuántos bastidores puede soportar una fila definiendo los ajustes de potencia y enfriamiento para la fila, anterior a colocar equipos en una fila. En una realización, el configurador de planificación de fila puede proporcionar una estimación sobre el número de bastidores que se pueden soportar en base a los componentes de potencia y las unidades de enfriamiento en fila contenidas en la fila. En una realización, el configurador de planificación de fila puede proporcionar una disposición completa en base a las mejores prácticas de diseño.

La casilla de componentes genéricos 410 incluye una serie de iconos para designar equipos preexistentes en un centro de datos. Los componentes se pueden seleccionar y “arrastrar” a una posición en la disposición. En una realización, los componentes genéricos incluyen bloques y huecos. Los huecos se pueden usar para identificar áreas sobre las cuales se pueden encaminar cables y conductos (es decir, una pasarela), mientras que los bloques se usan para identificar áreas sobre las cuales no se pueden encaminar cables y conductos (es decir, una columna). Una vez arrastrados sobre la disposición, los bloques y los huecos se pueden dimensionar adecuadamente.

Como se trató anteriormente, cuando se seleccionan equipos para su uso en el centro de datos, aparece un icono en la casilla de equipos no colocados 418. Para colocar los equipos en la disposición, se selecciona el icono y se arrastra a la ubicación adecuada en la disposición. Los equipos existentes se pueden volver a colocar usando este mismo método. Por ejemplo, los equipos existentes se pueden arrastrar desde una sala activa y deja caer en una sala de almacenamiento inactiva, permitiendo de esta manera al sistema hacer el seguimiento de equipos inutilizados disponibles para provisionar en cualquier otra parte. En una realización, cuando se añade una unidad de enfriamiento en fila, el icono para la unidad de enfriamiento se puede colocar entre dos bastidores adyacentes y liberar y los bastidores entonces se moverán en la fila para permitir que la unidad de enfriamiento sea insertada entre los bastidores. Además, en una realización, se emplea un rasgo de presionar a para alinear equipos adecuadamente en filas y a lo largo de paredes y, además, se pueden alinear filas y equipos a lo largo y “presionar a” baldosas del suelo cuando, por ejemplo, está en uso un suelo elevado. Usando este rasgo, un usuario no necesita alinear con precisión objetos.

La casilla de visualización de imagen completa 416 proporciona una vista de “ojo de pájaro” de la disposición contenida en la casilla de disposición de suelo 412. En una realización, el botón de zum en la barra de herramientas se puede usar para agrandar la vista de la disposición de centro de datos en la casilla de disposición de suelo 412. Cuando se agranda la vista, la disposición entera puede no aparecer en la casilla de disposición de suelo. La casilla de imagen completa 416 aún muestra la imagen completa de la disposición al usuario. En una realización, cuando la disposición completa no aparece en la casilla de disposición de suelo, se usa una superposición en la casilla de imagen completa para indicar sobre la imagen completa, la parte de la disposición que se visualiza en la casilla de disposición de suelo. En una realización, cuando la imagen completa no se visualiza en la casilla de disposición de suelo 412, se puede seleccionar la superposición y arrastrar dentro de la casilla de visualización de imagen completa para seleccionar qué parte de la disposición se visualiza en la casilla de disposición de suelo.

La casilla de estado 414 se usa para mostrar advertencias, errores y otras situaciones al usuario. Las advertencias pueden variar en severidad y pueden incluir indicaciones de que las directrices de diseño están siendo violadas y también pueden incluir advertencias más severas que indican que las capacidades de recursos de centro de datos, tales como capacidades de potencia y enfriamiento, se han excedido o que los requisitos de redundancia y/o tiempo ejecución ya no se cumplen más. En una realización, cuando la casilla de estado indica que hay un error o advertencia asociado con una pieza particular de equipos en la disposición, la pieza de equipos se puede destacar

con un color tal como rojo o amarillo. En al menos una realización, cuando ocurre un error o advertencia, las directrices para corregir el error o advertencia se proporcionan seleccionando o bien una pieza de equipos destacada o bien el mensaje de error o advertencia directamente.

La interfaz de editor de bastidor 404 se describirá ahora aún más con referencia la FIG. 5D. La interfaz de editor de bastidor incluye la barra de herramientas 406, la casilla de estado 414 y la casilla de visualización de imagen completa 416 tratadas anteriormente. Además, la interfaz de editor de bastidor 404 también incluye una casilla de editor de bastidor, una casilla de catálogo de producto 422 y una sección de contenido de bastidor 424.

La casilla de editor de bastidor 420 muestra la cara frontal de cada uno de los bastidores de equipos en la disposición de centro de datos con los bastidores que se disponen por fila. En la FIG. 5, se muestran dos filas de bastidores 420A y 420B. Como se muestra la FIG. 5, en una realización, solamente los bastidores de equipos se muestran en la casilla de editor de bastidor. Cuando se selecciona un bastidor particular en la casilla de editor de bastidor, entonces los contenidos del bastidor aparecen en la casilla de contenido de bastidor 424 y los componentes se pueden añadir al bastidor seleccionado. Los bastidores se pueden seleccionar en la casilla de editor de bastidor o también se puede seleccionar en la casilla de vista de imagen completa 416. Cuando se selecciona un bastidor en la casilla de vista de imagen completa, entonces la imagen en la casilla de editor de bastidor se desplazará, si es necesario, para proporcionar una vista que incluya el bastidor seleccionado.

La casilla de catálogo de producto 422 proporciona un listado exhaustivo de componentes que se pueden usar en bastidores de equipos en centros de datos. El usuario puede seleccionar equipos a ser incluidos en cada bastidor y a medida que se seleccionan equipos, se incluyen en la casilla de contenido de bastidor 424. La lista puede incluir solamente equipos de un fabricante particular o puede incluir equipos de varios fabricantes. En una realización, todo el hardware y cableado necesario asociado con equipos de bastidor se puede seleccionar a partir de la casilla de catálogo de producto.

En una realización representada en la FIG. 20, un usuario puede revisar y gestionar la capacidad y disponibilidad de recursos de centro de datos suministrados a los equipos de centro de datos. Muchos de los rasgos de esta realización son similares a los descritos en referencia a la FIG. 5C anterior. Además, la FIG. 20 incluye un explorador de grupo de capacidad 2002, que presenta una agrupación lógica de equipos de centro de datos, tal como bastidores, en base a requisitos de capacidad común. Esta agrupación permite a un usuario, tal como un diseñador de centro de datos, gestionar conjuntos de equipos de centro de datos como una entidad colectiva para propósitos de planificación de capacidad. Representaciones de elementos individuales de equipos de centro de datos, tales como el UPS 2004, el Bastidor 2006 y la PDU 2008 pueden presentarse al usuario con barras de columnas que representan diversas mediciones de redundancia y/o tiempo de ejecución de recursos de centro de datos y mediciones de capacidad, tales como capacidad disponible, capacidad utilizada, capacidad inmovilizada. Por ejemplo, el Bastidor 2006 tiene una demanda de potencia y enfriamiento potencial como está configurada de 28,8 kW y una demanda de potencia y enfriamiento real actual de 7,92 kW. En otras realizaciones, estas mediciones de demanda o consumo se pueden hacer coincidir con una capacidad de suministro de potencia y enfriamiento potencial como está configurada y una capacidad de potencia y enfriamiento real para asegurar que se cumplen todos los requisitos de capacidad, consumo, redundancia y tiempo de ejecución.

En otra realización representada en la FIG. 22, la interfaz de editor de bastidor 404 se puede visualizar en un dispositivo informático remoto o móvil. La interfaz de editor de bastidor 404 incluye elementos de interfaz de usuario que permiten añadir equipos 2202, borrar equipos 2204, editar equipos 2206 y mover equipos 2208. Esta realización además incluye un explorador de centro de datos 2210 y una casilla de editor de bastidor 2212. Debido a que la interfaz de editor de bastidor 404 se puede proporcionar en un dispositivo informático remoto o móvil, los usuarios, tales como técnicos, pueden documentar condiciones como están construidas, verificar instalaciones de bastidores, resolver problemas de instalación de una manera más eficiente y realizar otras actividades orientadas al bastidor.

En la realización representada, los bastidores de equipos se muestran en el explorador de centro de datos 2210. La casilla de editor de bastidor 2212 muestra la cara frontal del bastidor de equipos seleccionado actualmente en el explorador de centro de datos 2210. En otra realización, la casilla de editor de bastidor 2212 puede visualizar la cara trasera del bastidor y/o la cara delantera del bastidor. En la FIG. 22, se selecciona la parte delantera del bastidor en el explorador de centro de datos 2210 y aloja los equipos de centro de datos sss, PowerEdge 2650, PowerEdge 6650, etc. Cuando se selecciona un bastidor particular en el explorador de centro de datos 2210, los equipos que aloja se pueden modificar usando los elementos de interfaz de usuario 2202 hasta 2208.

El usuario puede añadir equipos de centro de datos al bastidor seleccionado actualmente accionando el elemento de usuario 2202 y seleccionando los equipos deseados y la posición con el bastidor. El usuario puede borrar o editar equipos de centro de datos asociados con el bastidor seleccionado actualmente seleccionando los equipos deseados desde el explorador de centro de datos 2210 y accionando el elemento de usuario 2204 o 2206, respectivamente. El usuario puede mover los equipos de centro de datos asociados con el bastidor seleccionado actualmente seleccionando los equipos deseados a partir del explorador de centro de datos 2210, accionando el elemento de usuario 2208 y seleccionando la posición deseada dentro del bastidor. En otra realización, el sistema puede recomendar una posición satisfactoria u óptima. Se debería apreciar que el usuario puede seleccionar equipos de centro de datos particulares profundizando en el explorador de centro de datos 2210 o buscando el

centro de datos usando un identificador único, tal como un código de barras escaneado por el dispositivo informático remoto o móvil. Estos métodos de búsqueda pueden permitir a un usuario, tal como un técnico, obtener rápidamente información que concierne a equipos de centro de datos específicos o modificar la CMDB mientras que se sitúa físicamente cerca de los equipos.

Según otras realizaciones, una representación interactiva de un espacio identificado dentro de un centro de datos se puede implementar usando otra tecnología de interfaz. Por ejemplo, en otra realización, además de las pantallas de interfaz gráfica de usuario mostradas anteriormente, está disponible una opción tridimensional que permite a un usuario ver el diseño de un centro de datos en 3D. En una realización, el sistema de diseño incluye un código software programado en Java que se usa para generar modelos 3D que se presentan a través de OpenGL para permitir aceleración hardware. Además, los modelos 3D se pueden exportar desde el sistema de diseño a herramientas CAD tales como AutoCAD, disponible en Autodesk de San Rafael, CA. Como se describió anteriormente, se pueden implementar cámaras de seguridad en centros de datos diseñados usando las realizaciones. En una versión que tiene capacidades de visualización 3D, se pueden incluir en el diseño cámaras de seguridad y la vista 3D se puede usar para ver una simulación de una vista de cámara después de la instalación. En una realización, se pueden usar cámaras en red y otros dispositivos de monitorización de seguridad disponibles en Netbotz Corporation de Austin, Texas.

Como se trató anteriormente, con referencia al proceso mostrado en la FIG. 4, el sistema 200 y otros sistemas, se pueden usar como parte de un sistema de gestión de centro de datos. El sistema de gestión puede incluir el sistema 200 descrito anteriormente con el módulo de gestión que contiene rutinas para realizar funciones de gestión o, en otras realizaciones, las funciones de gestión se pueden realizar por un controlador de gestor designado contenido en el centro de datos e implementado, por ejemplo, en un servidor informático situado en uno de los bastidores de equipos y accesible por un usuario usando una consola de gestión.

La FIG. 6 muestra un diagrama de bloques de un sistema de gestión 500 que se puede usar en las realizaciones de la presente invención. El sistema de gestión incluye el controlador de gestor 502, la consola de gestor 504, los dispositivos de medición de potencia 506 y los dispositivos de medición de flujo de aire, humedad y temperatura 508. Se debería apreciar que la consola de gestor 504 se puede implementar como cualquier dispositivo informático, incluyendo un dispositivo informático remoto o móvil. Implementar la consola de gestor 504 en un dispositivo informático remoto o móvil puede permitir a un usuario, tal como un gestor de centro de datos, por ejemplo, despachar órdenes de trabajo a técnicos mientras que inspecciona, instala, mueve y/o cambia físicamente equipos de centro de datos. Además, en una realización, el sistema de gestión puede incluir dispositivos de control de potencia 520 para controlar la aplicación de potencia a uno o más dispositivos o bastidores individuales contenidos dentro del centro de datos y el sistema puede incluir controladores de flujo de aire 521 para controlar el flujo de aire o suministrar temperatura de una unidad de acondicionamiento de aire o para controlar, por ejemplo, registros de baldosas perforadas. Como se trató anteriormente, el sistema de gestión también puede incluir uno o más dispositivos de seguridad 523, incluyendo cámaras de seguridad. Los dispositivos del sistema de gestión 500 se pueden acoplar directamente al controlador de gestor o se pueden acoplar al controlador de gestor usando una red 522 que puede ser una red dedicada, puede incluir Internet o puede incluir una LAN o WAN contenida en el centro de datos. El controlador de gestor puede comunicar con uno o más servidores 524 para obtener información desde y controlar la operación de los servidores.

En una realización, el controlador de gestión 502 se puede implementar al menos en parte usando un InfrastruXure® Manager y/o InfrastruXure® Central disponibles en American Power Conversion Corporation (APC) de West Kingston, RI y se pueden acoplar dispositivos al gestor usando, por ejemplo, un bus de red de área de controlador (CAN) o una red Ethernet. Los controladores de potencia y los controladores de flujo de aire se pueden implementar usando dispositivos conocidos disponibles que monitorizan y/o controlan la potencia y el flujo de aire en las instalaciones. Además, en al menos una realización, el sistema de gestión 500 puede incluir sistemas y métodos para monitorizar y controlar la potencia como se describe en la Patente de EE.UU. Nº 6.721.672 de Spitaels et al. Además, en al menos una realización que usa dispositivos de enfriamiento en fila, el controlador de gestión puede comunicar con las unidades de enfriamiento para controlar las unidades para asegurar que está siendo cumplido un enfriamiento adecuado a niveles de redundancia específicos. Detalles adicionales con respecto al control de las unidades de enfriamiento en fila se tratan en la Solicitud de Patente de EE.UU. nº de serie 11/335.901, tratada anteriormente y presentada el 19 de enero de 2006.

Un aspecto, que se describirá ahora, se dirige a un sistema y método de reacondicionamiento que es particularmente útil para añadir nuevos equipos a una instalación. La adición de nuevos equipos puede incluir añadir equipos a bastidores existentes o puede incluir añadir otros equipos de centro de datos, tales como bastidores u otros equipos montados en suelo, a una instalación. El sistema de reacondicionamiento puede ser un sistema informático autónomo configurado para realizar los procesos descritos en la presente memoria o, en una realización, el sistema de reacondicionamiento se implementa usando el sistema 200 descrito anteriormente. Específicamente, el módulo constructor 206 del sistema 200 puede incluir rutinas para ayudar en el reacondicionamiento de un centro de datos. Un proceso 600 para usar el sistema 200 (o algún otro sistema) para reacondicionar o actualizar un centro de datos se describirá ahora con referencia la FIG. 7, que muestra un diagrama de flujo del proceso 600.

En la primera etapa 602 del proceso 600, se proporcionan al módulo constructor datos relacionados con una configuración presente de un centro de datos a ser reacondicionado. Los datos relacionados con la presente configuración pueden incluir los datos visualizados en el modelo de sala de la FIG. 5 junto con datos adicionales que se generaron durante el diseño del centro de datos. Además, en una realización, los datos relacionados con la presente configuración pueden incluir datos generados durante un diseño inicial a medida que se actualizan mediante mediciones reales llevadas a cabo en una instalación. Por ejemplo, la capacidad de enfriamiento de bastidores individuales se puede calcular en un diseño inicial y luego actualizar por el módulo de gestión una vez que el sistema se instala y está operando. Los datos de capacidad de enfriamiento se pueden actualizar en base a mediciones reales del flujo de aire a partir de, por ejemplo, baldosas de suelo perforadas, mientras que los datos originales pueden haber sido calculados en base a flujos de aire predichos. En una realización, la interfaz 302 del sistema 300 proporciona esta configuración de centro de datos e información de parámetro medido desde la base de datos 304.

Información relacionada con el reacondicionamiento se proporciona entonces en la etapa 604. La información relacionada con el reacondicionamiento puede incluir información similar a la que se introduce en la etapa 304 del proceso 300 descrita anteriormente, tal como tipo de equipo, características de equipo, número de bastidores, así como otra información. Además, un usuario puede designar una o más ubicaciones deseadas en el centro de datos para la instalación de nuevos equipos. Por ejemplo, un usuario puede desear añadir cinco servidores adicionales al centro de datos, donde los servidores son similares a y tienen una función relacionada con los servidores existentes en el centro de datos. El usuario puede elegir una o más ubicaciones preferidas en base a las especificaciones de potencia, especificaciones de enfriamiento y dimensiones físicas de los servidores y en base a la capacidad de potencia, tipo y/o número de enchufes de alimentación, capacidad de enfriamiento y contenidos de bastidores existentes visualizados en un modelo de suelo del centro de datos. Además, el usuario puede indicar si es aceptable mover equipos existentes para acomodar la instalación de nuevos equipos. En otro ejemplo, un usuario puede desear sustituir tres servidores en el centro de datos. El usuario puede elegir los servidores de destino para sustitución y puede hacer otras modificaciones del centro de datos con estos servidores de sustitución en mente. Además, el usuario puede indicar si los equipos sustituidos se deberían retirar del centro de datos o mover a una sala de almacenamiento inactivo. El seguimiento de equipos inactivos puede permitir a un usuario, tal como un gestor de centro de datos, averiguar rápidamente los equipos disponibles para provisionar dentro del centro de datos.

En la etapa 606, se genera una disposición actualizada para el centro de datos y se realizan cálculos de enfriamiento y potencia en la etapa 608 en la disposición actualizada de la manera tratada anteriormente en la etapa 308 del proceso 300. Si el usuario ha designado ubicaciones específicas para los equipos en un centro de datos, la disposición se puede determinar primero usando estas ubicaciones y si surgen problemas como resultado de la disposición deseada (es decir, falta de enfriamiento para un bastidor en base a los requisitos de política de equipos o suministro), entonces el usuario será capaz de señalar cualquier problema una vez que se visualiza la disposición y entonces puede elegir cambiar la disposición. En una realización, el sistema puede sugerir que uno o más elementos de equipos de centro de datos sean colocados en una o más ubicaciones. En este caso, el sistema puede asegurar que se cumplen las políticas de suministro de recursos de centro de datos aplicables y los requisitos de recursos de centro de datos de los equipos sugeridos. En otra realización, el sistema puede dotar al usuario con una o una serie de ubicaciones satisfactorias para los equipos en base a los requisitos de recursos de centro de datos de los equipos y cualquier requisito de redundancia y/o tiempo de ejecución de recursos de centro de datos aplicable. En otra realización, el sistema puede dotar al usuario con una ubicación óptima, seguida por otras ubicaciones satisfactorias en un orden decreciente de preferencia, para los nuevos equipos en base a los requisitos de recursos de centro de datos de los equipos y cualquier requisito de redundancia y/o tiempo de ejecución de recursos de centro de datos aplicable. Si una disposición particular no se designa por un usuario, entonces el sistema 200 determinará la disposición de la manera tratada anteriormente con respecto a la etapa 306 del proceso 300.

En una etapa 610, se visualiza un modelo del suelo actualizado (por ejemplo, de la manera mostrada en las FIG. 5C y 5D) y en la etapa 612, un usuario puede revisar el modelo y o bien proporcionar realimentación (etapa 614) o bien indicar que el diseño es satisfactorio. Una vez que el modelo de suelo se ha aprobado por un usuario, el proceso de diseño de reacondicionamiento se completa y los equipos se pueden instalar, reubicar o retirar y se pueden medir parámetros del centro de datos y actualizar de la manera descrita anteriormente en las etapas 318 a 322 del proceso 300 usando por ejemplo un sistema de gestión de centro de datos.

En una realización, cambios a la configuración del centro de datos tales como los diseñados por el proceso de reacondicionamiento 600 se pueden implementar por el proceso de orden de trabajo 1900 como se ilustra por el diagrama de flujo en la FIG. 19. Inicialmente, en la etapa 1900, se puede hacer un cambio de configuración de centro de datos usando una interfaz gráfica de usuario tal como las tratadas con respecto a las FIGS. 5C y 5D anteriores. Se pueden usar detalles del cambio para construir un conjunto de tareas para llevar a cabo el cambio. Estas tareas se pueden agrupar juntas en órdenes de trabajo. Los órdenes de trabajo pueden ser legibles por humanos y pueden incluir instrucciones textuales así como representaciones pictóricas. Se debería apreciar que un único cambio de configuración, iniciado usando un editor visual, se puede traducir en múltiples órdenes de trabajo.

En la etapa 1902, una orden de trabajo se despacha a un usuario para su implementación. En una realización, este despacho puede ser automático o manual. Un despacho automático puede ocurrir en base a un conjunto de reglas

configuradas previamente. Estas reglas pueden considerar características tanto del trabajo a ser realizado como del usuario a quien se puede despachar la orden de trabajo. Las características del usuario que se pueden considerar incluyen la ubicación física del usuario, el área física de responsabilidad, la carga de trabajo reciente y actual, la disponibilidad de programación restante y el área de conocimiento. Alternativamente, una orden de trabajo se puede despachar automáticamente a uno o más usuarios de una forma “rotativa equilibrada”. En otra realización, un usuario, tal como un gestor de centro de datos, puede acceder a la UI de despacho expuesta por el módulo de orden de trabajo 214, tratada en relación con la FIG. 3 anterior, para modificar y/o despachar órdenes de trabajo a usuarios. Aún en otra realización, un usuario, tal como un técnico, pueda acceder a la UI de despacho expuesta por el módulo de orden de trabajo 214 para modificar y/o despachar órdenes de trabajo de despacho a él mismo.

En la etapa 1904, el usuario realiza el trabajo dictado por la orden de trabajo y modifica la orden de trabajo adecuadamente. La modificación de la orden de trabajo puede incluir, por ejemplo, cambiar los detalles del trabajo realizado tal como la grabación de la instalación de un modelo de equipo alternativo, reasignación del orden de equipos dentro del bastidor, reconfiguración del flujo de recursos de un centro de datos, tales como potencia, al equipo, etc. La modificación también puede incluir cambiar el estado de la orden de trabajo. Cuando un usuario modifica una orden de trabajo usando un dispositivo informático remoto o móvil, cierta información requerida para completar la modificación se puede introducir usando cualquier interfaz soportada por el dispositivo informático remoto o móvil, incluyendo escaneado de código de barras.

En una realización, el módulo de orden de trabajo 214 puede monitorizar un proveedor de recursos de centro de datos, tal como una toma de alimentación, que se destina como parte de la orden de trabajo para un cambio en la demanda. Cuando se detecta un cambio en la demanda, tal como un aumento en la potencia demandada en una toma de alimentación, la orden de trabajo se puede marcar como completa. En otra realización, la orden de trabajo no se marca como completa hasta que se reconoce el punto de referencia de consumo o producción de recursos de centro de datos, tal como el punto de referencia de consumo de potencia, de los equipos de centro de datos especificados en la orden de trabajo. Por ejemplo, si una orden de trabajo pide la instalación de un modelo particular de servidor de tarjeta, el sistema puede no marcar la orden como completa después de la activación inicial del servidor de tarjeta, pero en su lugar puede esperar hasta que el historial de consumo de potencia del servidor de tarjeta coincida con un punto de referencia de consumo de potencia conocido para el modelo de servidor de tarjeta pedido en la orden de trabajo.

En los procesos 300 y 600 descritos anteriormente, se realizan las etapas de diseño y análisis después de que todos los datos se introducen como parte de un diseño inicial o un reacondicionamiento de una instalación. En otra realización, se realiza un análisis en tiempo real y se actualizan los visualizadores de usuario usando los procesos descritos anteriormente, los operadores de centro de datos son capaces de determinar, esencialmente en tiempo real, si se pueden añadir equipos adicionales a un centro de datos y también pueden determinar ubicaciones para los equipos, dónde se pueden cumplir los requisitos de recursos de centro de datos, tales como tanto requisitos de potencia como de enfriamiento, de los equipos. Además, se pueden generar informes que indican a un usuario o gestor de centro de datos cuánta capacidad, redundancia y/o tiempo de ejecución está disponible para cada fila, para cada bastidor, para cada posición de espacio en U, para cada pieza de equipo de centro de datos o para la instalación en su totalidad. Aún además, como se trató anteriormente, en la determinación de la capacidad total, los sistemas y métodos son capaces de identificar y visualizar la capacidad inmovilizada y proporcionar sugerencias para reducir la capacidad inmovilizada.

En los procesos y sistemas descritos anteriormente, los cálculos de enfriamiento para un centro de datos y para equipos en el centro de datos se realizan como parte del proceso de diseño para el centro de datos, durante la operación del centro de datos y durante una actualización o reacondicionamiento del centro de datos. En las realizaciones de la presente invención, en la determinación de la disposición de equipos y la realización de cálculos de enfriamiento, información inicial sobre las características de la instalación en sí misma se identifica para determinar si hay suficiente enfriamiento a nivel de la instalación. Estas características incluyen, por ejemplo, si un suelo elevado o un falso techo se usa como una cámara de aire, la ubicación y las características de las unidades de acondicionamiento de aire (incluyendo unidades de enfriamiento en fila), las dimensiones de la sala que va a alojar el centro de datos y la extracción de potencia total del centro de datos. En base a esta información, se puede hacer una determinación inicial en cuanto a si hay suficiente enfriamiento proporcionado por las unidades de acondicionamiento de aire para el consumo de potencia esperado en la sala y, en caso negativo, se puede hacer una recomendación de unidades de acondicionamiento de aire adicionales. Para algunas instalaciones, los márgenes de redundancia y operación deseados se pueden incluir en esta determinación.

Una vez que se ha hecho la determinación de que hay suficiente enfriamiento a nivel de la instalación, se lleva a cabo un análisis para determinar si hay enfriamiento adecuado en cada bastidor en la instalación y/o en piezas individuales de equipos. En al menos una realización, la capacidad de enfriamiento de un bastidor se puede determinar aumentando el nivel de potencia del bastidor para determinar a qué nivel de potencia adicional llega a ser inadecuado el flujo de aire al bastidor. Esto se puede realizar individualmente para cada uno de los bastidores en un centro de datos. En realizaciones diferentes de la presente invención, uno o más de una serie de métodos diferentes se pueden usar para realizar los cálculos de enfriamiento. Estos métodos incluyen, pero no se limitan a, un análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD), un análisis de Cuadrícula Gruesa (designado como CGCFD), un análisis de volumen de control (designado como CVA) y un análisis basado en reglas empíricas y/o conceptos de

préstamo. Además, en algunas realizaciones, se puede usar una combinación de dos o más métodos anteriores para llevar a cabo partes de un análisis total. En una realización, el principio de superposición se usa para combinar resultados de partes de un análisis. En particular, en muchas aplicaciones los flujos de aire se puede considerar que son ideales, donde un flujo de aire ideal es no viscoso, incompresible, irrotacional sin ninguna otra fuerza, tal como empuje. Con tal flujo de aire ideal, se puede reducir una aplicación compleja a un número de aplicaciones menos complejas, un análisis de las aplicaciones menos complejas se puede realizar usando uno de los métodos descritos en la presente memoria y se puede usar superposición para combinar los resultados de cada una de las aplicaciones menos complejas para obtener los resultados del análisis para la aplicación compleja.

Un análisis de dinámica de fluidos computacional se puede usar en una realización en asociación con el diseño y reacondicionamiento de un centro de datos para proporcionar resultados detallados del rendimiento de enfriamiento de una instalación, incluyendo la determinación de la disponibilidad de aire de enfriamiento adecuado en bastidores y piezas individuales de equipos en la instalación y determinando la capacidad de enfriamiento de cada bastidor. Las técnicas para implementar un análisis CFD de un centro de datos son conocidas. Un análisis CFD se debe realizar típicamente por alguien particularmente experto en la técnica, típicamente requiere información detallada con respecto a instalación y la disposición de equipos en la instalación y dependiendo de la complejidad del análisis llevado a cabo y los equipos informáticos usados para llevar a cabo el análisis, puede llevar horas o días ejecutar una iteración del análisis.

En otra realización, se usa una técnica mejorada para llevar a cabo el análisis de enfriamiento. La técnica mejorada se ha desarrollado en base a técnicas de dinámica de fluidos computacional. La técnica mejorada se conoce en la presente memoria como CFD de Cuadrícula Gruesa o simplemente CGCFD. En un análisis CFD, un centro de datos a ser analizado se divide típicamente en celdas no uniformes en el intervalo de una a ocho pulgadas (de dos con cincuenta y cuatro a veinte con treinta y dos centímetros) en un lado. En al menos una realización, en el análisis CGCFD, se usa un sistema de cuadrícula cartesiana de celdas que son de un pie cúbico (veintiocho mil trescientos dieciséis con dieciocho centímetros cúbicos). El uso de celdas de un pie cúbico uniformes típicamente reduce el número de celdas usadas en los cálculos de un análisis CFD tradicional en al menos un orden de magnitud. Además, las celdas de cuadrículas uniformes hacen generalmente el análisis CFD más rápido y más fiable respecto a un análisis de celdas no uniformes comparable. Además, se emplean otras técnicas en el análisis CGCFD para mejorar la eficiencia computacional del análisis. Estas técnicas incluyen: el uso de modelos de turbulencias simples, inicializar el análisis con datos obtenidos a partir de los resultados de una solución similar anterior, usar representaciones bidimensionales o bidimensionales parciales cuando sea posible para simplificar los cálculos y adaptar una rutina CGCFD para una aplicación específica. El uso de representaciones bidimensionales se puede usar, por ejemplo, en un suelo elevado o una cámara de techo, donde se pueden despreciar en los cálculos los gradientes de presión en la dirección de profundidad.

La adaptación de una rutina CGCFD se puede usar para mejorar significativamente la eficiencia computacional y mejorar la robustez (por ejemplo, de manera que la herramienta se puede hacer trabajar fiablemente de una forma autónoma) del análisis total y múltiples rutinas adaptadas se pueden usar en combinación para producir un análisis completo. Por ejemplo, se puede adaptar una primera rutina CGCFD para uso con diferentes configuraciones de suelo elevado para determinar el flujo de aire de salida en cada baldosa de suelo perforada de un suelo elevado en un centro de datos y una segunda rutina CGCFD se puede adaptar para su uso con una agrupación de bastidores que incluyen dos filas de bastidores con un pasillo frío entre las filas. La primera rutina CGCFD se puede ejecutar para determinar el aire de salida en las baldosas perforadoras en el pasillo frío de la agrupación de bastidores y la segunda rutina CGCFD puede usar los resultados de la primera rutina para determinar los flujos de aire y las temperaturas en las entradas y salidas de los bastidores. La segunda rutina se puede ejecutar una serie de veces para contar todas las agrupaciones de bastidores situadas en un centro de datos. A medida que los equipos se mueven y a medida que diferentes configuraciones se establecen dentro una agrupación para optimizar el rendimiento de enfriamiento, la segunda rutina se puede ejecutar para obtener nuevos datos de enfriamiento sin la necesidad de repetir la primera rutina, ya que los flujos de aire desde las baldosas perforadas no cambiarían de manera general. En algunos casos, para baldosas de suelo perforadas que tienen un gran porcentaje de área abierta (por ejemplo, mayor que el 50%), puede ser deseable repetir la primera rutina ya que los flujos de aire pueden cambiar en base a una configuración de la sala.

Las realizaciones que utilizan el planteamiento CGCFD para llevar a cabo el análisis de un centro de datos proporcionan ventajas sobre las realizaciones que utilizan un planteamiento CFD tradicional. Estas ventajas incluyen eficiencia computacional y simplificación de uso. Iteraciones de los cálculos de enfriamiento que usan el planteamiento CGCFD se pueden llevar a cabo en cuestión de segundos o minutos frente a horas o días con un análisis CFD completo. Además, las rutinas CGCFD se pueden diseñar para operar con un conjunto limitado de variables de entrada, permitiendo a un usuario menos experto llevar a cabo el análisis usando el planteamiento CGCFD. Por ejemplo, para una rutina CGCFD que se adapta para analizar solamente la cámara de suelo elevado, las variables de entrada se puede limitar a la altura del suelo, la ubicación y el tipo de baldosas perforadas, la longitud de anchura del suelo y las ubicaciones y características de las unidades de acondicionamiento de aire que proporcionan aire de enfriamiento al suelo elevado. Para una rutina CGCFD que se adapta para llevar a cabo un análisis en una agrupación de bastidores, los datos de entrada se pueden limitar al flujo de aire por baldosa (se podría obtener automáticamente a partir de la salida de una rutina CGCFD separada o usando otros métodos), el número de bastidores en la agrupación, el consumo de energía de cada uno de los bastidores y detalles de entorno

de sala incluyendo la temperatura del entorno circundante, la altura del techo, la presencia de paredes cercanas, etc. Los datos de salida para una agrupación de bastidores pueden incluir la temperatura de entrada en cada servidor o u otra pieza de equipos en un bastidor. En otras realizaciones, los datos de salida pueden ser simplemente una medida de la cantidad de aire cálido recirculado extraído en cada bastidor. Los datos se pueden expresar como un número absoluto (por ejemplo, en términos de cfm) o expresar como una fracción del aire total consumido por el bastidor. Un sistema, tal como el sistema 200 descrito anteriormente, puede usar los datos de salida para determinar si el rendimiento de enfriamiento de la agrupación es satisfactorio.

En otra realización, se usa otra técnica mejorada para llevar a cabo el análisis de enfriamiento. La técnica mejorada se conoce en la presente memoria como un análisis de volumen de control o simplemente CVA. El análisis de volumen de control se puede usar en conjunto con un análisis CFD y/o un análisis CGCFD o se puede usar como un proceso autónomo. La técnica CVA es similar en algunos aspectos a la técnica CGCFD descrita anteriormente, no obstante, se proporciona una simplificación adicional del proceso de análisis. Como se tratará a continuación, la técnica CVA es una técnica computacionalmente eficiente que es particularmente efectiva para calcular el flujo de aire tridimensional, las distribuciones de presión y temperatura en el pasillo frío de un centro de datos de suelo elevado. No obstante, la técnica CVA no está limitada en su uso a esta aplicación y se puede usar para otras aplicaciones también. La técnica CVA puede proporcionar datos de salida esencialmente en tiempo real, permitiendo a un usuario intentar diversas ubicaciones para equipos como parte de un diseño inicial o un reacondicionamiento y obtener datos de enfriamiento para las diferentes ubicaciones en tiempo real.

La técnica CVA se describirá con referencia la FIG. 8, la cual muestra una subsección 700 de un centro de datos. Una subsección del centro de datos incluye una agrupación de bastidores que incluye una primera fila de bastidores 702 y una segunda fila de bastidores 704, que se sitúan sobre un suelo elevado y separadas por dos filas de baldosas perforadas 706, 708.

En centros de datos que tienen agrupaciones de bastidores dispuestas como las de la FIG. 8, no es poco común desarrollar puntos calientes indeseados incluso aunque el suministro total de aire fresco a la agrupación debería ser suficiente para cumplir las necesidades de los bastidores. Por ejemplo, si la tasa de flujo de aire a través de una o más baldosas perforadas es demasiado grande, un bastidor puede ser incapaz de capturar todo el flujo de aire de baldosa y algo del aire de enfriamiento puede escapar del pasillo frío. Los bastidores extraerán generalmente su aire requerido y, en esta situación, si un bastidor no puede capturar aire frío, puede extraer aire de escape caliente por encima de la parte superior del bastidor creando un punto caliente. Además, debido a los requisitos de flujo de aire de enfriamiento que varían ampliamente, los bastidores pueden competir unos con otros por el flujo de aire de enfriamiento. En particular, un bastidor de alta potencia puede tomar prestado aire infrutilizado de un bastidor adyacente o en algunos casos de un bastidor separado por varias baldosas. Con diversos bastidores contenidos en una agrupación, con cada uno que tiene diferentes necesidades de enfriamiento, los patrones de flujo de aire y la distribución de temperatura en el pasillo frío son funciones complejas. La técnica CVA se puede usar para simplificar las soluciones a estas funciones complejas.

En el análisis CVA para la agrupación de bastidores de la FIG. 8, el análisis de flujo de aire y de temperatura se lleva a cabo sobre el volumen de aire contenido en el pasillo frío, entre los bastidores, desde las baldosas perforadas hasta una altura igual a la altura superior de los bastidores. El volumen de aire se divide en un número de volúmenes de control igual al número de bastidores en la agrupación. Cada volumen de control se define como el volumen por encima de una de las baldosas perforadas que se extiende desde la baldosa perforada a la parte superior de los bastidores. El análisis de volumen de control incluye determinar para cada volumen de control, el flujo de aire a través de cada una de las seis caras del volumen de control. Una vez que los flujos de aire son conocidos, las temperaturas y las concentraciones de especies en masa se pueden determinar para cada uno de los volúmenes de control. En la técnica CVA, el análisis de temperaturas se puede desacoplar del análisis de flujo de aire debido a que, como se trató anteriormente, se pueden ignorar las fuerzas de empuje en los volúmenes de control. Del mismo modo, las concentraciones de especies en masa no se acoplan en la solución de flujo de aire y también se pueden calcular separadamente si se desea a fin de calcular la fracción de aire recirculado ingerido por cada bastidor.

Al llevar a cabo un análisis CVA en la realización descrita en la presente memoria, hay varias suposiciones iniciales hechas para simplificar el análisis. En otras realizaciones, el análisis se podría cambiar si estas suposiciones no se aplicasen. La primera suposición es que el flujo de aire a través de cada cara de un volumen de control (y por lo tanto en la cara frontal de un bastidor) se considera uniforme. Los valores de flujo de aire y temperatura resultantes representan eficazmente un promedio del flujo de aire y la temperatura en cada cara.

La segunda suposición es que las fuerzas de empuje dentro de cada volumen de control son despreciables. A menos que se desarrolle un punto caliente significativo, entonces hay un calentamiento insuficiente del aire en un pasillo frío para afectar sustancialmente los patrones de flujo de aire e incluso si ocurre algún calentamiento, cualquier efecto de empuje es pequeño comparado con el momento del flujo de aire desde las baldosas perforadas típicas.

La tercera suposición inicial es que la viscosidad y turbulencia dentro de cada volumen de control son despreciables. En el volumen de control, se introduce aire a través de las baldosas perforadas y se empuja dentro de los

bastidores. El aire no se requiere que cambie de dirección rápidamente y no hay ningún flujo de aire paralelo a objetos sólidos. Por consiguiente, se puede ignorar la viscosidad y turbulencia y la competencia de fuerzas que accionan el flujo de aire se reduce a una interacción entre presión y momento.

- 5 El análisis CVA se puede simplificar aún más dividiendo una agrupación de bastidores en segmentos de dos bastidores separados por dos baldosas perforadas 718A, 718B. La FIG. 9 muestra una agrupación de seis bastidores 710 que se puede dividir en tres segmentos de dos bastidores 712, 714, 716. La nomenclatura usada para identificar los bastidores y los flujos de aire en la FIG. 9 se define en la Tabla 1 a continuación, junto con otras variables que se usarán en la presente memoria en la descripción de la técnica CVA.

TABLA 1

A_s, A_t	Lado de volumen de control y área de baldosa perforada
C_1, C_2	Constantes empíricas sin dimensiones en las ecuaciones de momento y y x
C	Concentración de Especies
CV	Volumen de Control
N	Número de segmentos de 2 bastidores en la agrupación
$\hat{n}$	Vector normal de unidad hacia el exterior
PA_i, PB_i	Presión en el volumen de control por encima de las baldosas perforadas A_i y B_i
P_{amb}	Presión de referencia ambiente
M_L, M_R, M_T	Términos de flujo de momento de la dirección z a través de las superficies izquierda, derecha y superior del CV escalonado en el segmento i
TA_i, TB_i	Temperatura en el volumen de control por encima de las baldosas perforadas A_i y B_i
Q_t	Tasa de flujo de aire a través de cada baldosa perforada
QA_i, QB_i	Tasa de flujo de aire a través de los bastidores A_i y B_i
QAx_i, QBx_i	Tasas de flujo de aire en la dirección x por encima de las baldosas perforadas A_i y B_i
Qz_i	Tasas de flujo de aire en la dirección z por encima de las baldosas perforadas entre las baldosas A_i y B_i
$QAtop_i, QBtop_i$	Tasas de flujo de aire en la dirección y por encima de las baldosas perforadas A_i y B_i a la altura de la parte superior del bastidor
$\vec{V}$	Vector de Velocidad
α	Factor de relajación lineal
ρ	Densidad del aire

- 10 En el inicio del análisis CVA, se conocen los flujos de aire de bastidor QA_i, QB_i y los flujos de aire de baldosa. Los flujos de aire de baldosa se pueden estimar en base al flujo de aire de baldosa perforada medio para la instalación entera o determinar usando un análisis CFD, un análisis CGCFD, medición física o usando uno de una serie de programas conocidos. Los flujos de aire de bastidor se pueden determinar en base a las características de los
- 15 equipos instalados en el bastidor. En una realización, cada flujo de aire de bastidor se determina sobre la base del uso de potencia del bastidor y usando la relación de 160 cfm por kilovatio de potencia como se trató anteriormente. Para determinar los patrones de flujo de aire, todos los flujos de aire $QAx_i, QBx_i, Qz_i, QAtop_i$ y $QBtop_i$ y las presiones PA_i y PB_i se calculan en base al principio de conservación de la masa y el momento. Para realizar este cálculo, se
- 20 pueden determinar un total de $7n-2$ desconocidos ($5n-2$ flujos de aire internos más $2n$ presiones) usando un total de $7n-2$ ecuaciones, donde n es el número de segmentos de 2 bastidores (o longitud de la agrupación expresada en anchuras de baldosa o bastidor). Opcionalmente, se puede usar entonces un equilibrio de energía o equilibrio de especies en masa para calcular las temperaturas $2n$ o las concentraciones de especies $2n$ en base a los flujos de aire.

En una realización, en lugar de resolver todas las ecuaciones simultáneamente, se toma un planteamiento semisimultáneo. En esta realización, los cinco desconocidos para cada segmento de dos bastidores de una agrupación de bastidores, los flujos de aire Q_{zi} , Q_{Atopi} y Q_{Btopi} y las presiones PA_i y PB_i se determinan primero simultáneamente. Durante estos cálculos iniciales, cada segmento de dos bastidores se considera aisladamente, lo cual es el equivalente de tener los extremos de los segmentos bloqueados, de manera que QA_{xi} , QB_{xi} son iguales a cero. Después de que se completa un barrido inicial a través de cada segmento de dos bastidores, los flujos de aire de lado a lado (QA_{xi} , QB_{xi}) se puede calcular en base a las presiones calculadas dentro de cada volumen de control. Los flujos de aire de lado a lado afectan a las presiones y después de calcular los flujos de aire de lado a lado, se lleva a cabo un segundo cálculo de los flujos de aire y las presiones para cada uno de los segmentos de dos bastidores. Este proceso se repite hasta que no hay cambios significativos en las variables calculadas. Una vez que se conocen todos los flujos de aire, todas las temperaturas o concentraciones de especies en masa se pueden calcular directamente sin la necesidad de hacer múltiples interacciones.

Las ecuaciones fundamentales usadas para calcular los desconocidos descritos anteriormente, suponiendo un estado estable, un flujo de fluido incompresible y no viscoso se basa en la conservación de la masa (m), conservación del momento (M), conservación de la energía (e) y conservación de la concentración de especies (C) y se puede escribir como sigue:

$$\int_A (\vec{V} \cdot \hat{n}) dA = 0 \quad (m)$$

$$\int_A (\rho \vec{V} \cdot \hat{n}) \vec{V} dA = - \int_A p \hat{n} dA \quad (M)$$

$$\int_A T (\vec{V} \cdot \hat{n}) dA = 0 \quad (e)$$

$$\int_A C (\vec{V} \cdot \hat{n}) dA = 0 \quad (C)$$

Aplicar la ecuación de la conservación de la masa (m) a los segmentos de dos bastidores para las condiciones descritas anteriormente provoca las siguientes ecuaciones:

$$Q_t + QA_i + QA_{xi-1} = Q_{zi} + QA_{xi} + Q_{Atopi} \quad (1)$$

$$Q_t + Q_{zi} + QB_{xi-1} = QB_i + QB_{xi} + Q_{Btopi} \quad (2)$$

donde QA_i es siempre negativo en base al convenio de signo de la FIG. 9.

Como se describirá ahora, se usan volúmenes de control escalonados para formular las ecuaciones de momento z. Tres volúmenes de control escalonados 730A, 730B y 730C se muestran en la FIG. 9A. El número de volúmenes de control escalonados es igual al número de segmentos de 2 bastidores. Los volúmenes de control escalonados son del mismo tamaño que los volúmenes de control principal, pero están desplazados de manera que se sitúan a medio camino entre bastidores opuestos. Los volúmenes de control escalonados permiten que la presión sea considerada más fácilmente para cada cara que es normal en la dirección z. Si se usan los volúmenes de control originales, entonces cada volumen de control tendría una cara coplanar con una entrada del bastidor, la cual es una cara sobre la cual no se conoce la presión y no necesita ser conocida en los cálculos. Aplicar la ecuación de la conservación del momento (M) en la dirección z al volumen de control escalonado en el segmento i provoca la siguiente ecuación:

$$PA_i - PB_i = (\rho / (4 A_s^2)) \{ (Q_{zi} + QB_i)^2 - (QA_i + Q_{zi})^2 \} + M_L + M_R + M_T \quad (3)$$

En la ecuación (3), el primer término en el lado derecho de la ecuación (3) es generalmente dominante, ya que cuenta para el efecto de las tasas de flujo de aire de bastidor sobre las presiones de volumen de control. M_L , M_R y

M_T cuentan para las pérdidas o ganancias en el momento z a través de los lados y la parte superior del volumen de control.

Usando una estimación “contra el viento” para el momento z entrante/saliente y suponiendo que la velocidad del aire en la dirección z es despreciable por encima de los bastidores, M_L , M_R y M_T se determinan usando las ecuaciones de la Tabla 2 a continuación

TABLA 2

SI	ENTONCES	DE OTRO MODO
$QAx_{i-1} + QBx_{i-1} \geq 0$	$M_L = -(\rho/(2 A_s^2)) (QAx_{i-1} + QBx_{i-1}) Qz_{i-1}$	$M_L = -(\rho/(2 A_s^2)) (QAx_{i-1} + QBx_{i-1}) Qz_i$
$QAx_i + QBx_i \geq 0$	$M_R = (\rho/(2 A_s^2)) (QAx_i + QBx_i) Qz_i$	$M_R = (\rho/(2 A_s^2)) (QAx_i + QBx_i) Qz_{i+1}$
$QAtop_i + QBtop_i \geq 0$	$M_T = (\rho/(4 A_s^2)) (QAtop_i + QBtop_i) Qz_i$	$M_T = 0$

La relación entre el momento Y y la presión se puede escribir usando las ecuaciones (4) y (5) como sigue:

$$PA_i - P_{amb} = (\rho/A_t^2) \{C1 [Q_t + \frac{1}{2} (Q_{Ai} + QAx_{i-1} - QAx_i - Qz_i)]^2 - \frac{1}{2} QAtop_i^2\} \quad (4)$$

$$PB_i - P_{amb} = (\rho/A_t^2) \{C1 [Q_t + \frac{1}{2} (Qz_i + QBx_{i-1} - QBx_i - QB_i)]^2 - \frac{1}{2} QBtop_i^2\} \quad (5)$$

- 10 En una realización, las ecuaciones (1) hasta (5) se resuelven simultáneamente para cada segmento de 2 bastidores de una agrupación que usa secuencialmente el proceso 800 mostrado en la FIG. 10. En la primera etapa 802 del proceso 800, el usuario define Q_T (el flujo de aire a través de las baldosas perforadas), el número de segmentos de 2 bastidores en la agrupación y el consumo de energía de cada uno de los bastidores. Como se trató anteriormente, Q_T se puede estimar como la tasa de flujo de aire de baldosa perforada media para la instalación entera o
- 15 determinar por separado usando, un ejemplo, un análisis CFD o CGCFD u otro análisis o medición física. En la etapa 804, todas las variables de flujo de aire (excepto Q_T y los flujos de aire de entrada de bastidor) se inicializan a cero. En la etapa 806, las ecuaciones (1) hasta (5) se resuelven simultáneamente para cada segmento. En el bloque de decisión 808 se hace una determinación en cuanto a si las ecuaciones se han resuelto para todos los segmentos y, si no, se repite la etapa 806. Una vez que las ecuaciones se han resuelto para todos los segmentos, entonces en
- 20 la etapa 810, las variables de flujo de aire de la dirección x se actualizan en base a las presiones calculadas en los volúmenes de control, PA_i y PB_i como se trata a continuación. En la etapa 812, se hace una determinación en cuanto a si las presiones calculadas han cambiado en más de un umbral predeterminado desde la iteración previa y si es así, se repiten las etapas 806 a 812. Una vez que no hay ningún cambio significativo en las variables calculadas, el proceso 800 se detiene en la etapa 814, en cuyo punto se han determinado las presiones y los flujos de aire para
- 25 todos los espacios de control.

En el proceso 800, en la etapa 810, se determinan nuevos valores de flujo de aire de la dirección x (QAx_i y QBx_i) en base a la suposición de que la caída de presión entre celdas adyacentes es proporcional al cuadrado de la tasa de flujo de aire usando las ecuaciones en la Tabla 3.

TABLA 3

SI	ENTONCES	DE OTRO MODO
$PA_i \geq PA_{i+1}$	$QAx_i = A_s \{(PA_i - PA_{i+1})/(\rho C_2)\}^{1/2}$	$QAx_i = -A_s \{(PA_{i+1} - PA_i)/(\rho C_2)\}^{1/2}$
$PB_i \geq PB_{i+1}$	$QBx_i = A_s \{(PB_i - PB_{i+1})/(\rho C_2)\}^{1/2}$	$QBx_i = -A_s \{(PB_{i+1} - PB_i)/(\rho C_2)\}^{1/2}$

En una realización, debido a las no linealidades de las ecuaciones, se logran gradualmente ajustes a los valores de flujo de aire de la dirección x en la etapa 810 introduciendo amortiguamiento en el proceso iterativo y actualizando los valores de QAx_i y QBx_i usando las siguientes ecuaciones (6) y (7).

$$QAx_i = \alpha QAx_i^{\text{nuevo}} + (1-\alpha) QAx_i^{\text{viejo}} \quad (6)$$

$$QBx_i = \alpha QBx_i^{\text{nuevo}} + (1-\alpha) QBx_i^{\text{viejo}} \quad (7)$$

En las ecuaciones (6) y (7), α es un factor de relajación lineal. Si α se fija a cero, entonces no ocurrirán cambios de iteración a iteración. Si α se fija a 1, entonces no habrá amortiguación introducida. Para valores más pequeños de α , se requerirán más iteraciones, no obstante, las oportunidades de obtener una solución estable aumentan. La elección óptima particular de α es un problema específico, no obstante, se ha encontrado que valores de α alrededor de 0,05 funcionan bien en el proceso descrito anteriormente. Una vez que los flujos de aire se calculan usando el proceso anterior, se pueden calcular las temperaturas y concentraciones de especies en masa, si se desea. Se debería señalar que los volúmenes de control se pueden usar para calcular las temperaturas o concentraciones con independencia del método usado para calcular inicialmente los flujos de aire.

La técnica CVA descrita anteriormente se puede llevar a cabo por separado, una para cada agrupación de bastidores en una instalación para obtener un análisis de enfriamiento completo de la instalación. Cuando se va a hacer un reacondicionamiento de una instalación, el análisis del volumen de control se puede hacer para todas las agrupaciones o solamente para aquellas en las inmediaciones de cualquier cambio en la instalación.

Se han descrito anteriormente tres métodos diferentes, CFD, CGCFD y CVA, para determinar datos de enfriamiento para determinar la colocación de la ubicación de equipos en centros de datos. Aún en otra realización, se usan reglas empíricas o bien solas o bien en combinación con uno de los métodos descritos anteriormente para determinar la colocación adecuada de los equipos y la adecuación del aire de enfriamiento. Las reglas empíricas que se usan pueden tomar una serie de formas diferentes y los programas que incorporan las reglas empíricas se pueden actualizar a medida que se generan más datos para soportar las reglas empíricas. En una realización, las reglas empíricas se basan, al menos en parte, en la capacidad de los bastidores de equipos de tomar prestada capacidad no usada de vecinos circundantes. La cantidad que se puede tomar prestada se puede limitar a una fracción (o peso) permisible de la capacidad no usada y la fracción admisible particular puede diferir dependiendo de una serie de variables tales como la distancia de separación prestatario-donante, la tasa de flujo de baldosa y la extracción de potencia total tanto del prestatario como del donante.

En una realización particular, el aire de enfriamiento disponible para un bastidor dado se calcula en base a una suma ponderada de los flujos de aire disponibles desde las fuentes de flujo de aire (es decir, dispositivos de suministro, incluyendo unidades de enfriamiento en fila o aberturas), neto de los flujos de aire calculados para ser usados por otros bastidores, donde los pesos asociados con los flujos de aire disponibles para un bastidor dado disminuyen con la distancia entre el bastidor y los dispositivos o aberturas de suministro de aire. Por ejemplo, con referencia a la FIG. 9, el aire de enfriamiento disponible para cada bastidor se puede fijar inicialmente igual al aire de enfriamiento suministrado por la baldosa perforada en la parte delantera del bastidor o para reflejar posibles pérdidas y proporcionar un margen de seguridad, el aire de enfriamiento disponible se puede fijar igual a alguna cantidad (es decir, 90%) del aire total desde la baldosa perforada. La carga de enfriamiento para cada bastidor se resta entonces del aire disponible para proporcionar una figura de aire de enfriamiento disponible neto para cada baldosa perforada y para proporcionar una indicación inicial de una falta de aire de enfriamiento para cualquier bastidor de equipos. Para cada bastidor de equipos, el aire de enfriamiento disponible se aumenta entonces asignando a cada bastidor, un porcentaje del aire de enfriamiento disponible neto desde las baldosas perforadas cercanas. Por ejemplo, el aire de enfriamiento disponible puede incluir el 10% del aire de enfriamiento disponible neto desde una baldosa perforada asociada o bien con un bastidor adyacente o bien con un bastidor a través de un pasillo y el 5% del aire de enfriamiento disponible neto desde una baldosa perforada de un bastidor diagonal o dos posiciones de un bastidor por encima en una fila. Los porcentajes o pesos particulares usados se pueden cambiar en base a los resultados reales o como resultado de los análisis llevados a cabo. Las cargas de cada bastidor se pueden comparar entonces con el aire de enfriamiento total disponible para determinar la capacidad de enfriamiento restante y para identificar cualquier bastidor con potenciales problemas.

En al menos una realización, se pueden usar reglas empíricas en combinación con una superposición para analizar centros de datos y proporcionar disposiciones de equipos recomendadas. Usando superposición, los problemas complejos se pueden descomponer en problemas más simples que luego se pueden resolver usando reglas empíricas.

En una realización, se establecen reglas empíricas realizando inicialmente una serie de análisis CFD sobre disposiciones de bastidores típicos y los resultados de estos análisis se usan para producir ecuaciones simples o tablas de búsqueda que se pueden usar en tiempo real para diseñar disposiciones de equipos. En tal análisis, los flujos de aire de lado a lado, tales como los mostrados en la FIG. 9 se pueden determinar para cada bastidor uno a la vez con un bastidor “encendido” y todos los otros bastidores “apagados”. Los flujos de aire en los extremos de una agrupación para una serie de configuraciones diferentes también se pueden determinar usando CFD. Los flujos de aire se pueden determinar para una serie de diferentes valores de toma de aire para cada bastidor y una serie de diferentes valores de flujo de aire de las baldosas perforadas. Los flujos de aire totales para diferentes configuraciones se pueden determinar entonces en tiempo real usando superposición y los resultados almacenados. Los flujos de aire a través de la parte superior (dentro o fuera) del volumen en la parte delantera de cada bastidor se

pueden determinar entonces en base a la conservación de la masa. En una realización, cuando el flujo de aire en la parte superior de uno de los volúmenes excede algún porcentaje (es decir, 20%) del flujo de aire total en el bastidor asociado con el volumen, entonces puede existir un problema de sobrecalentamiento que requiere un diseño alrededor. En otras realizaciones, los análisis de concentración de especies en masa se pueden usar en combinación con reglas empíricas para determinar qué porcentaje del aire total que entra en un volumen de control es aire recirculado para determinar cuándo puede existir un problema de sobrecalentamiento.

En la determinación de los flujos de aire para cada bastidor de una agrupación, la simetría de las agrupaciones se puede usar para reducir el número de análisis CFD que necesitan ser realizados y los volúmenes de control tratados anteriormente con respecto a la FIG. 9 se pueden usar para establecer una cuadrícula de referencia para el análisis. Por ejemplo, con referencia a la agrupación de bastidores 710 de la FIG. 9, los análisis CFD solamente necesitan ser realizados para el Bastidor A_{i-1} y el Bastidor A_i y los resultados para el otro bastidor se pueden determinar en base a los flujos de aire resultantes y la posición relativa de los bastidores. Por ejemplo, los flujos de aire en la agrupación asociada con Bastidor B_{i+1} son los mismos que los asociados con el Bastidor A_{i-1} con la dirección de algunos de los flujos de aire cambiada para el flujo de aire de entrada del Bastidor A y del Bastidor B correspondiente y las tasas de flujo de aire de baldosa.

En un ejemplo, que se describirá ahora, los conceptos de simetría y superposición se usan en conjunto con los análisis CFD y las reglas empíricas para proporcionar una solución en tiempo real práctica para determinar los flujos de aire en un pasillo fresco. Además, los flujos de aire se usan para determinar un índice de recirculación (RI) para una fila de bastidores, que se pueden usar para identificar potenciales “puntos calientes” en un centro de datos. Como se trató anteriormente, un objetivo de enfriamiento en un centro de datos es gestionar las temperaturas del aire de entrada de bastidor de equipos. Las temperaturas del aire de entrada de bastidor están dominadas por los patrones de flujo de aire dentro del pasillo frío y las temperaturas dentro y alrededor del pasillo frío. El aire extraído desde fuera del pasillo frío generalmente se calienta en algún grado por el escape de bastidor y se conocerá en lo sucesivo como “aire recirculado”. Mientras que la temperatura del aire recirculado es altamente dependiente de la aplicación, el aire que pasa directamente desde una baldosa perforada a una entrada de bastidor estará muy cerca de la temperatura de suministro. De esta manera, se puede lograr un buen rendimiento de enfriamiento si todo el flujo de aire ingerido por un bastidor viene directamente de las baldosas perforadas.

Una agrupación de bastidores, que recibe su aire de enfriamiento requerido exclusivamente desde las baldosas perforadas dentro de la agrupación, representa una unidad escalable autónoma desde la cual se puede construir una instalación más grande con un rendimiento de enfriamiento predecible. Un requisito razonable por lo tanto es asegurar que los bastidores se enfríen adecuadamente por el aire procedente de los bastidores del propio pasillo frío. Por el contrario, es aceptable para el bastidor no ingerir más que una pequeña fracción de aire recirculado.

Teniendo en cuenta lo anterior, el índice de recirculación (ri) se define como la fracción de aire recirculado ingerido por el bastidor. Un ri del 0% implica que todo el aire de entrada de bastidor se extrajo directamente de las baldosas perforadas mientras que un ri del 100% implica que todo el aire de entrada del bastidor se extrajo desde fuera del pasillo frío. Señalar que un ri bajo es suficiente para garantizar temperaturas de entrada frescas; no obstante, un ri alto no garantiza temperaturas de entrada excesivamente altas.

Los conceptos de volúmenes de control, simetría y superposición se usan en el presente ejemplo para determinar los flujos de aire y, en última instancia, un RI para un pasillo frío. En el uso de superposición, una suma de potenciales de velocidad (o componentes de velocidad reales o flujos de aire totales sobre un área consistente) de soluciones de flujo elemental, más simples se usa para obtener soluciones de flujo nuevas, compuestas. Por ejemplo, supongamos que conocemos el patrón de flujo de aire asociado solamente con el Bastidor A1 “encendido” sometido a una tasa de flujo de aire de baldosa particular y también que conocemos el patrón de flujo de aire con el Bastidor B3 “encendido” sometido a la misma tasa de flujo de aire de baldosa perforada. Los componentes de flujo de aire horizontales pertinentes se pueden añadir para obtener una solución, que se aproxima al patrón de flujo de aire resultante de los Bastidores A1 y B3 ambos “encendidos” simultáneamente. El patrón de flujo de aire resultante de la superposición de los dos patrones de flujo de aire separados no es exactamente el mismo que la solución completa - incluso para un flujo ideal. Usando superposición se añaden dos soluciones que individualmente (y cuando se añaden) satisfacen los criterios de conservación de la masa. El uso de la superposición no garantiza que la solución combinada sea la única solución y la diferencia esté en las condiciones de contorno. Como ilustración de esto, consideremos un ejemplo de 2 bastidores. En el uso de superposición, la condición de flujo de aire superior flota libremente como una condición de contorno de presión constante en todos los casos. En realidad, el patrón de flujo de aire construido a partir de la superposición puede no proporcionar una coincidencia perfecta con la velocidad del aire sobre la superficie superior del pasillo frío. También, cuando un bastidor está apagado, se hace una suposición de que la cara (entrada) del bastidor es una condición de contorno de simetría (lo cual es consistente con un análisis no viscoso). Este resultado crea la oportunidad de algún flujo paralelo a la cara del bastidor, el cual probablemente no existiría cuando el bastidor esté extrayendo aire realmente.

En el ejemplo, la superposición se usa para establecer solamente los $3n-2$ flujos de aire horizontales internos (n que es igual a la longitud de la fila en términos de bastidores) mientras que los flujos de aire horizontales de final de fila se calculan en base a correlaciones empíricas separadas. Los componentes de flujo de aire verticales se calculan a partir de un equilibrio de masas realizado sobre cada volumen de control. Los flujos de aire horizontales dependen

claramente del flujo de aire de baldosa. Por ejemplo, un bastidor de una tasa de flujo de aire dada puede ser capaz de extraer aire de enfriamiento desde una distancia de muchas anchuras de baldosa cuando la tasa de flujo de aire de baldosa perforada es muy baja. No obstante, este intervalo de influencia es mucho menor a medida que se aumenta sustancialmente la tasa de flujo de baldosa. (Como sabemos a partir del argumento no dimensional, los resultados serían idénticos si todos los flujos de aire se escalan por la tasa de flujo de baldosa.) Por lo tanto, la tasa de flujo de aire de baldosa se incluye en el análisis; las baldosas de suelo se deberían “encender” en el análisis CFD usado para correlacionar patrones de flujo de aire. No obstante, si las baldosas de suelo se dejan “encendidas” y el efecto de cada bastidor se considera individualmente, cuando se suman los flujos para cada bastidor, la suma tendría más flujo de aire saliendo de la parte superior del pasillo frío que en realidad. La respuesta es correlacionar solamente los flujos de aire horizontales y entonces calcular simplemente el flujo de aire correcto dentro o fuera de la parte superior de cada volumen de control en base a la conservación de la masa.

Merece la pena enfatizar que el uso del flujo de aire no dimensional y, en particular, la superposición, simplifica el método. Sin estas simplificaciones, habría muchas combinaciones de flujos de aire de bastidor y baldosa a evaluar y almacenar empíricamente para cubrir una gama de aplicaciones prácticas.

En base a la discusión anterior, las soluciones de flujo de aire completas para cualquier disposición de bastidor de interés se pueden construir usando superposición. Los patrones de flujo de aire de edificio-bloque elementales están asociados con cada bastidor y cada uno de los cuatro flujos de aire de final de fila se enciende individualmente como se ilustra en la FIG. 11 para el caso de una agrupación de 2 bastidores 1002. Es importante subrayar que la FIG. 11 ilustra qué condiciones de contorno de flujo de aire se encienden y apagan en cada una de las soluciones de flujo de aire elementales para producir la solución total con todas las condiciones de contorno de flujo de aire “encendidas”. Cada una de las flechas 1004a a 1004f representa uno de los flujos de aire. Son los componentes del flujo de aire interno al pasillo frío los que se están combinando realmente. Hay, en general, un total de $2n+4$ soluciones elementales para cualquier disposición, lo que constituye una solución de flujo de aire completa. Obviamente, se requieren menos soluciones elementales si algunos bastidores tienen flujo de aire cero y los extremos del pasillo frío están sellados (por ejemplo, con puertas).

Los flujos de aire elementales usados con superposición se pueden determinar de cualquier manera incluyendo pruebas físicas. En el presente ejemplo, el modelado CFD para el pasillo frío se realiza usando las siguientes condiciones de contorno:

- Velocidad fija del aire que sale del dominio computacional sobre el área de una cara del bastidor para cualquier bastidor que está “encendido”.
- Velocidad fija que entra o sale del dominio sobre el área del final de las filas para cualquier flujo de final de fila “encendido”.
- La parte superior del dominio de solución está “abierta” para que el aire entre o salga al entorno circundante mantenido a presión constante.
- Todas las demás superficies son superficies de “simetría”.

Como se expresó anteriormente, hay en general $2n+4$ soluciones elementales para cada longitud de fila; $2n$ soluciones elementales asociadas con cada bastidor encendido más cuatro soluciones elementales de final de fila. Cada solución elemental cubre un intervalo de tasas de flujo sin dimensiones de manera que se puede considerar cualquier tasa de flujo de aire arbitraria, pero práctica, de bastidor o de extremo. Así, la tarea se reduce a determinar y almacenar los $3n-2$ flujos de aire de volumen de control horizontales internos sobre un intervalo adecuado de tasas de flujo de aire sin dimensiones.

Debido a la simetría geométrica de una agrupación de bastidores, solamente se consideran y almacenan los $3n-2$ flujos de aire internos para aproximadamente un cuarto de las $2n+4$ condiciones de contorno de bastidor y de final de fila; $n/2+1$ condiciones de contorno si n es par y $(n+1)/2+1$ si n es impar. Los flujos de aire internos restantes se determinan a partir de una reinterpretación adecuada del conjunto de datos más pequeño cambiando índices y signos de variables. Además de ser eficiente, este uso de simetría, fuerza la salida final a partir de la herramienta de rendimiento de enfriamiento de bastidor a ser perfectamente simétrica. Cada una de estas condiciones de contorno se acciona individualmente a través de un intervalo de tasas de flujo de aire sin dimensiones de aire al tiempo que se hace el seguimiento de todas las tasas de flujo de aire de “respuesta” internas a la agrupación. El resultado se puede resumir en un gráfico de tasas de flujo de aire de “respuesta”; un gráfico para cada condición de contorno elemental.

Como ejemplo, los flujos de aire horizontales internos asociados con una condición de contorno de Bastidor A1 para una agrupación $n=2$ se muestran en la FIG. 12. Hay 4 curvas en la FIG. 12 debido a que hay 4 flujos de aire horizontales internos asociados con una agrupación de bastidores $n=2$. Todas estas curvas se pueden aproximar convenientemente con un ajuste de mínimos cuadrados a un polinomio cúbico de la forma genérica

$$Q^* = c_1 (QRA_1^*) + c_2 (QRA_1^*)^2 + c_3 (QRA_1^*)^3 \quad (8)$$

de manera que solamente los coeficientes c_1 , c_2 y c_3 se deben almacenar para todos los flujos de aire asociados con todas las condiciones de contorno únicas para todos los n . Almacenar el flujo de aire de “respuesta” como una ecuación ofrece el beneficio adicional comparado con una tabla de búsqueda simple en que se interpolan automáticamente los resultados fuera del dominio de la FIG. 12.

El proceso implicado en la compilación de las curvas de la FIG. 12 y las constantes de la Ecuación 8 se repite para todas las condiciones de contorno únicas para todos los n considerados. La determinación de todas las correlaciones de flujo de aire interno, por ejemplo, hasta $n=30$ requiere varios cientos de ejecuciones CFD. Por lo tanto, en al menos una realización, se automatiza el proceso de convertir los datos CFD en bruto en las constantes de ajuste de curva de la Ecuación 8. En al menos algunos ejemplos anteriores, el flujo en el pasillo frío se considera que es ideal sin viscosidad o turbulencia. Para verificar esta suposición, casos CFD de muestra se ejecutaron con turbulencia y viscosidad incluidas y se detectó poca diferencia entre los modelos que incluyeron viscosidad y turbulencia y los que no lo hicieron. La discusión anterior describe un proceso para todos los flujos de aire de pasillo frío internos para cualquier longitud de fila, flujo de aire de baldosa perforada y distribución de flujo de aire de bastidor suponiendo que el flujo de aire final es conocido. Ahora se describirá un proceso para predecir el flujo de aire final. A diferencia del flujo de aire dentro del pasillo frío, el flujo de aire final está fuertemente acoplado al flujo de aire en el entorno de sala circundante. Las fuerzas de empuje pueden ser significativas; la superposición directa de flujos de aire inducidos por bastidores puede no funcionar bien y los flujos de aire finales no dependen simplemente de las tasas de flujo de aire de bastidor sin dimensiones. El flujo de aire final se puede determinar aún usando correlaciones empíricas de datos CFD; no obstante, se debería realizar un número relativamente grande de simulaciones CFD a fin de lograr una precisión razonable sobre un intervalo útil de disposiciones reales. Un modelo exhaustivo para el flujo de aire final, que tiene en cuenta diferentes entornos geométricos y térmicos, se puede incluir en otras realizaciones. En una realización, descrita en la presente memoria, un método incluye predecir el flujo de aire final como una función de la potencia del bastidor y la distribución del flujo de aire para cualquier longitud de fila y tasa de flujo de baldosa perforada mientras se supone un entorno de sala fijo. El entorno ejemplo es grande y está libre de los otros bastidores u objetos. El aire se suministra a 60°F (15,56°C) y se agota uniformemente por encima de un techo de 14 pies (4,27 metros) de altura. Como se trató anteriormente, bajo condiciones de flujo ideal, podemos esperar que la velocidad del aire en puntos cercanos a los bastidores escale con las velocidades de entrada de bastidor sin dimensiones. Además, como se trató anteriormente, estas velocidades de “respuesta” varían casi linealmente con la tasa (o velocidad) de flujo de bastidor sin dimensiones. Por lo tanto, es razonable estimar los flujos de aire finales sin dimensiones en base a la siguiente expresión:

$$QA_{x0}^* = a_0 + a_{A1} QRA_1^* + a_{A2} QRA_2^* + \dots + a_{An} QRA_n^* + a_{B1} QRB_1^* + a_{B2} QRB_2^* + \dots + a_{Bn} QRB_n^* \quad (9)$$

donde QA_{x0}^* es uno de cuatro flujos de aire finales sin dimensiones para una agrupación y los coeficientes a_{Ai} y a_{Bi} ponderan eficazmente la importancia relativa de cada bastidor en el flujo de aire final. Los coeficientes de ponderación asociados con los bastidores situados cerca del final de la fila serán mucho mayores que los asociados con bastidores más interiores. Además, empíricamente se encuentra que solamente los bastidores en las primeras cuatro o cinco posiciones más cercanas al final de la fila necesitan ser conservados en la Ecuación 9. Para las condiciones fijas consideradas, la constante a_0 es negativa, lo que implica que el flujo está “fuera” (accionado por empuje) cuando hay un flujo de aire de bastidor cero.

Para determinar los valores de los coeficientes en la Ecuación 9 para un conjunto particular de entorno de sala y geometría de agrupación, se pueden realizar muchas (del orden de 100) simulaciones CFD en un número de diferentes tasas de flujo de baldosa perforada. Se pueden crear una gran cantidad de valores de potencia de bastidor a partir de los cuales las muchas simulaciones de CFD extraen datos de potencia y de flujo de aire de bastidor o bien aleatoria o bien sistemáticamente. Los valores de potencia de bastidor se pueden basar en la distribución de frecuencia de los bastidores de centro de datos reales a medida que se determinan a partir de una inspección. Los valores de potencia y flujo de aire de bastidor usados en las simulaciones CFD se pueden escalar como sea necesario para lograr relaciones prácticas de flujo de aire de suministro a equipo total en el intervalo de, por ejemplo, 0,9 a 3 para cada tasa de flujo de baldosa perforada considerada. Los datos CFD se usan entonces para determinar un ajuste de mínimos cuadrados de los coeficientes en la Ecuación 9 para cada tasa de flujo de baldosa considerada.

En resumen, se ha descrito un modelo de flujo de aire final simple que cuenta con precisión para una distribución no uniforme del flujo de aire y potencia de bastidor para un conjunto fijo de condiciones de sala. En al menos una realización, el modelo se generaliza para incluir los efectos del entorno geométrico, el entorno térmico y la tasa de flujo de aire de suministro. Los efectos del flujo de aire final penetran solamente unas pocas distancias de bastidor en la fila; para predicciones de longitudes de fila más largas para la mayoría de los bastidores de la agrupación serán buenos incluso si el modelo de flujo de aire final no es tan preciso como se desea.

El flujo de aire dentro o fuera de la parte superior de cada volumen de control se ha dejado “flotando” a medida que se necesitan grados de libertad en el ejemplo anterior. Ahora, con todos los flujos de aire horizontales calculados como se trató anteriormente, el flujo de aire en la parte superior de cada volumen de control se calcula en base a la conservación de la masa. Con referencia a la FIG. 13, usando cantidades dimensionales, las ecuaciones para los volúmenes de control de la fila A y de la fila B se determinan usando las ecuaciones 9(a) y 9(b).

$$Q_{A\text{top}_i} = Q_T - Q_{RA_i} + Q_{AX_{i-1}} - Q_{Z_i} - Q_{AX_i} \quad (10a)$$

$$Q_{B\text{top}_i} = Q_T - Q_{RB_i} + Q_{BX_{i-1}} + Q_{Z_i} - Q_{BX_i} \quad (10b)$$

Aplicadas a todos los volúmenes de control, las ecuaciones 9a y 9b representan un total de $2n$ ecuaciones. En esta etapa, solamente hay uno desconocido por ecuación ($Q_{A\text{top}_i}$ y $Q_{B\text{top}_i}$) de manera que se puede resolver secuencialmente.

En este punto, todos los flujos de aire dentro del pasillo frío son conocidos para el ejemplo. Lo que queda es hacer el seguimiento del flujo de aire en cada bastidor de manera que se pueda identificar su origen y el índice de recirculación (RI) se pueda calcular para cada bastidor. Como se trató anteriormente, RI es la fracción de aire recirculado ingerido por un bastidor. El aire recirculado puede entrar en el pasillo frío en cualquier punto donde haya flujo de entrada en los extremos de las filas o a lo largo de la parte superior del pasillo frío. Además, el aire cálido recirculado no necesita entrar directamente en el pasillo frío a través del volumen de control inmediatamente adyacente a un bastidor de interés; puede entrar en cualquier lugar, viajar a cualquier sitio que los patrones de flujo de aire lo lleve y terminar en la entrada de cualquier bastidor.

Para calcular el RI de cada bastidor el aire de suministro fresco se distingue del aire cálido recirculado en todos los puntos en el pasillo frío. Matemáticamente, esto se logra definiendo la concentración de aire recirculado en cualquier punto en el pasillo frío usando la Ecuación 11.

$$C_{\text{recirc}} = (\text{masa de aire recirculado})/(\text{masa total de aire}) \quad (11)$$

A partir de la ecuación 11 se deduce que el flujo de aire de suministro que emerge desde las baldosas tiene una $C_{\text{recirc}}=0$ y que en cualquier sitio el aire recirculado entra en el pasillo frío a lo largo de los lados o la parte superior del pasillo frío y C_{recirc} se puede fijar igual a 1. En la práctica, C_{recirc} se puede fijar a un valor menor que 1 para los extremos del pasillo frío reconociendo que, en promedio, la parte superior es generalmente mucho más cálida que los extremos del pasillo frío. Por consiguiente, en una realización, $C_{\text{recirc}}=0,5$ para cualquier flujo de entrada en los extremos del pasillo frío.

Se puede suponer que el aire recirculado tiene las mismas propiedades físicas que el aire de suministro de fresco de manera que no tiene efecto, por ejemplo, debido a una diferencia de densidad, sobre los patrones de flujo de aire en el pasillo frío.

Ahora consideramos un volumen pequeño que sólo cubre una entrada de bastidor. La Ecuación 11 aplicada a este volumen representa la C_{recirc} media sobre este volumen. Dividiendo el numerador y el denominador por un pequeño incremento de tiempo Δt y tomando el límite a medida que $\Delta t \rightarrow 0$, se demuestra que la C_{recirc} media sobre una entrada de bastidor es precisamente el índice de recirculación de bastidor. De esta manera, para determinar los RR para cada bastidor se determina la C_{recirc} media sobre cada entrada de bastidor. Con referencia de nuevo a la FIG. 8, podemos estimar el RR para cada bastidor como la C_{recirc} media del volumen de control inmediatamente adyacente al bastidor de interés.

C_{recirc} sobre todos los $2n$ volúmenes de control se puede calcular a partir de la conservación de la masa del aire recirculado usando la Ecuación 12.

$$\sum_{\text{Todas las Caras de CV}} C_{\text{recirc}} Q = 0 \quad (12)$$

donde Q es la tasa de flujo de aire total a través de cada cara del volumen de control y es un valor conocido en esta etapa del cálculo.

La FIG. 13, muestra los volúmenes de control 1008 y 1010 de una sección transversal de un pasillo frío 1006. La Ecuación 12 se aplica a los volúmenes de control 1008 y 1010. Por comodidad, etiquetamos la C_{recirc} que cruza cada superficie de volumen de control con el mismo convenio usado para los flujos de aire mientras que cae el subíndice “recirc”. El resultado es

$$C_T Q_T + (CA_{x_{i-1}})(QA_{x_{i-1}}) = (CRA_i)(QRA_i) + (CA_{x_i})(QA_{x_i}) + (Cz_i)(Qz_i) + (CA_{top_i})(QA_{top_i}) \quad (13a)$$

$$C_T Q_T + (CB_{x_{i-1}})(QB_{x_{i-1}}) + (Cz_i)(Qz_i) = (CRB_i)(QRB_i) + (CB_{x_i})(QB_{x_i}) + (CB_{top_i})(QB_{top_i}) \quad (13b)$$

Las Ecuaciones 13a y 13b no se resuelven directamente debido a que el número de valores de C_{recirc} excede el número de ecuaciones. La estimación de cada C_{recirc} como la C_{recirc} media desde el volumen de control “contra el viento”, provoca un equilibrio adecuado de $2n$ C_{recirc} desconocidas y $2n$ ecuaciones. En base a este planteamiento “contra el viento”, los valores de C_{recirc} adecuados se insertan en las Ecuaciones 13a y 13b después de que se han calculado los patrones de flujo de aire en el pasillo frío estableciendo por ello la dirección del flujo de aire que cruza cada cara de cada volumen de control.

TABLA 4

Ajustes de C_{recirc} en base a la dirección del flujo de aire

Flujo de Aire	Valor contra el viento de C_{recirc}	
	Flujo de Aire ≥ 0	Flujo de Aire < 0
Q_t	0	0
QA_{x_i}	CA_i	CA_{i+1}
QB_{x_i}	CB_i	CB_{i+1}
Qz_i	CA_i	CB_i
QA_{top_i}	CA_i	1
QB_{top_i}	CB_i	1

La Tabla 4 muestra los valores de C_{recirc} contra el viento adecuados a ser usados en las Ecuaciones 13a y 13b donde CA_i y CB_i son la C_{recirc} media sobre los volúmenes de control “A” o “B” pertinentes respectivamente. No se muestran en la tabla los ajustes para QA_{x_i} y QB_{x_i} al final de la fila, es decir, QA_{x_0} , QB_{x_0} , QA_{x_n} y QB_{x_n} . En este caso, C_{recirc} se puede fijar a 0,5 como se trató anteriormente para cualquier “flujo de entrada”.

Con los valores de C_{recirc} tomados de la Tabla 4, las $2n$ Ecuaciones representadas por 13a y 13b se pueden resolver simultáneamente para los $2n$ valores de CA_i y CB_i . Estas ecuaciones lineales simples se pueden resolver sin iteración virtualmente instantáneamente para cualquier longitud de fila práctica usando hardware informático común. Finalmente, como se trató anteriormente, los valores de CA_i y CB_i calculados se pueden interpretar directamente como el índice de recirculación de los bastidores “A” y “B” adyacentes, respectivamente.

En otras realizaciones, debido a la similitud entre las ecuaciones de energía y de concentración, la temperatura media en masa se podría determinar sobre cada volumen de control en lugar de RI siguiendo un procedimiento muy similar.

Un resumen de un proceso 1050 para determinar el índice de recirculación para una agrupación de bastidores que usan la metodología descrita anteriormente se proporcionará ahora con referencia a la FIG 14. En una primera etapa 1052 del proceso, se definen la longitud de fila, el flujo de aire de baldosa, el flujo de aire de bastidor y la potencia de bastidor para que un pasillo frío sea analizado. A continuación, en la etapa 1054, datos empíricos usados para calcular flujos de aire se importan a partir de un análisis CFD como se describió anteriormente. Los flujos de aire finales se determinan entonces en la etapa 1056 en base a los detalles de la agrupación y los detalles del entorno de sala. Todos los flujos de aire horizontales se determinan entonces en la etapa 1058. En la etapa 1060, se calculan los flujos de aire horizontales inducidos por los 4 flujos de aire finales y en la etapa 1062, se calculan los flujos de aire horizontales completos añadiendo los flujos de aire de las etapas 1058 y 1060. Los flujos de aire verticales se calculan en la etapa 1064 y entonces, en la etapa 1066, se puede determinar el índice de recirculación para cada bastidor resolviendo un conjunto de ecuaciones de conservación para el aire recirculado como se describió anteriormente.

En una realización, para determinar la capacidad de enfriamiento para un bastidor dado en base al índice de recirculación, se establece primero un índice de recirculación umbral, por debajo del cual un diseño se considera

insatisfactorio. Para cada bastidor, después de que se logra un diseño satisfactorio, la potencia del bastidor se aumenta hasta que el índice de recirculación de ese bastidor (o cualquier otro bastidor) alcanza el nivel umbral y la potencia a la que ocurre representa la capacidad máxima de enfriamiento para el bastidor. Un método similar para determinar la capacidad de enfriamiento se puede usar con otros análisis descritos en la presente memoria, incluyendo el análisis que usa los valores de índice de captura descritos a continuación.

En otras realizaciones, se pueden modificar los métodos de volumen de control y de superposición descritos anteriormente. Estas modificaciones pueden incluir el uso de métodos estadísticos más complejos (por ejemplo, el uso de redes neuronales) para determinar las condiciones de flujo de aire final a partir de grandes conjuntos de datos CFD. Además, el número de volúmenes de control se puede aumentar sustancialmente para mejorar la precisión y resolución de las variables calculadas. En particular, esta última mejora permitiría que variaciones del flujo de aire a diversas elevaciones de bastidor (por ejemplo, debido a que una variedad de equipos instalados en un bastidor) sea considerada. La metodología básica se podría modificar además para incluir disposiciones más allá del alcance tratado anteriormente incluyendo disposiciones que implican un número arbitrario de baldosas perforadas de tasa de flujo arbitraria, una anchura arbitraria de pasillo frío, dimensiones arbitrarias de bastidor u otras variaciones tales de los ejemplos tratados anteriormente.

En los procesos descritos anteriormente, los análisis de enfriamiento de un centro de datos se han centrado principalmente en determinar los flujos de aire en el pasillo frío para una agrupación de bastidores situada en un centro de datos que tiene un suelo elevado. Las realizaciones descritas anteriormente, no obstante, no están limitadas para su uso en centros de datos que tienen suelos elevados y aspectos de las realizaciones también son aplicables a centros de datos que no incluyen sistemas de enfriamiento de suelo elevado. Al menos una realización descrita anteriormente proporciona un desacoplamiento del pasillo frío del resto del centro de datos para calcular los flujos de aire en el pasillo frío. El efecto del entorno de sala entonces se vuelve a construir en el análisis usando flujos de aire de final de fila que se calculan, por ejemplo, en cálculos CFD separados que se pueden calcular sin conexión y poner a disposición a través de tablas de búsqueda o correlaciones empíricas. Como se describe a continuación, de una manera similar a la descrita anteriormente, se puede analizar un pasillo caliente en un centro de datos desacoplando el pasillo del resto de la sala y construyendo más tarde los efectos del entorno de sala de nuevo en el análisis.

En realizaciones adicionales que se describirán ahora, se proporcionan procesos para evaluar una agrupación de bastidores en base a flujos de aire que ocurren en un pasillo caliente para una agrupación de bastidores. En al menos una versión de las realizaciones adicionales, no se usa un centro de datos de suelo elevado, sino que en su lugar, se proporciona enfriamiento usando unidades de enfriamiento en fila como se describió anteriormente. En un proceso particular de una realización, se calcula un índice de captura (CI) y se usa para analizar una agrupación de bastidores en un centro de datos. El índice de captura se usa en una realización con una fila o agrupación de bastidores que tienen una o más unidades de enfriamiento en fila y el índice de captura se define como el porcentaje de aire liberado por un bastidor a un pasillo caliente, el cual se captura por unidades de enfriamiento que delimitan el pasillo caliente. El CI se puede considerar como una métrica complementaria al RI descrito anteriormente para su uso con el pasillo caliente. No obstante, las técnicas CI también se pueden usar con un análisis de pasillo frío como se trata aún más en la Solicitud Provisional de EE.UU. 60/897.076, presentada el 24 de enero de 2007.

El CI es útil cuando el enfoque de un diseño es mantener el aire caliente dentro del pasillo caliente. Como se trató anteriormente, las temperaturas de entrada de bastidor son típicamente la métrica de enfriamiento en última instancia, no obstante, si se captura todo el aire caliente en el pasillo caliente, se puede diseñar y controlar el resto del centro de datos (incluyendo las entradas de bastidor) para mantener a "temperatura ambiente".

El índice de captura del pasillo frío se define como la fracción de aire ingerido por el bastidor que se origina desde los recursos de enfriamiento locales (por ejemplo, baldosas de suelo perforadas o enfriadores locales). El índice de captura de pasillo caliente se define como la fracción de aire escapada por un bastidor que se captura por los extractos locales (por ejemplo, enfriadores locales o aberturas de retorno). El CI por lo tanto varía entre 0 y 100% con un mejor rendimiento de enfriamiento generalmente indicado por los valores de CI mayores. En un análisis de pasillo frío, los CI altos aseguran que la mayoría del aire ingerido por un bastidor viene de los recursos de enfriamiento locales en lugar de ser extraído del entorno de sala o del aire que ya puede haber sido calentado por los equipos electrónicos. En este caso, las temperaturas de entrada de bastidor harán el seguimiento estrechamente de las temperaturas de flujo de aire de baldosa perforada y, suponiendo que estas temperaturas están dentro del intervalo deseado, se logrará un enfriamiento aceptable. En un análisis de pasillo caliente, los CI altos aseguran que el escape de bastidor se capture localmente y que haya poco calentamiento del entorno de sala circundante.

Mientras que los valores de CI buenos (altos) típicamente implican buen rendimiento de enfriamiento; los valores de CI bajos no implican necesariamente rendimiento de enfriamiento inaceptable. Por ejemplo, consideremos un bastidor en un entorno de suelo elevado que extrae la mayoría de su flujo de aire del entorno de sala circundante en lugar de desde las baldosas perforadas. El CI de pasillo frío de bastidor será bajo; no obstante, si el entorno de sala circundante es suficientemente frío, la temperatura de entrada de bastidor será aceptable de todos modos. No obstante, en este caso, las necesidades de enfriamiento de bastidor se cumplen por el entorno de sala externo en lugar de las baldosas perforadas dentro de la agrupación de bastidores. Si este proceso se repite muchas veces a través del centro de datos, el enfriamiento de la instalación será complejo e impredecible. De esta manera, valores

de CI altos conducen a disposiciones de agrupación escalables de manera inherente y entornos de sala más predecibles.

Señalar que, aunque el CI se ha definido anteriormente como una cantidad a nivel de bastidor en relación con los recursos de enfriamiento locales, la definición de CI se podría extender a cualquier agrupación de entradas y salidas, por ejemplo, un único servidor con referencia a una única baldosa perforada. En este caso, la métrica indicaría la fracción de flujo de aire ingerido por el servidor que se origina desde la baldosa perforada única.

En una realización, el uso de concentraciones químicas con, por ejemplo, un análisis CFD, se puede usar para determinar cuantitativamente el CI tanto para un pasillo caliente como para un pasillo frío. Para el pasillo caliente, el escape de cada bastidor se identifica en tal análisis como unas especies separadas que tienen las mismas propiedades que el aire, para no cambiar la física del flujo de aire. La fracción de aire caliente liberado desde el bastidor_i (identificada como Cⁱ) que se captura por un enfriador en fila identificado como enfriador_j se puede calcular usando la Ecuación 14 a continuación.

$$f_{ij} = C_j^i (Q_{\text{enfriador}j}) / (Q_{\text{bastidor}i}) \quad (14)$$

donde:

C_{ji} es la concentración de Cⁱ a la entrada del enfriador j

Q_{enfriadorj} es la tasa de flujo de aire (por ejemplo, en cfm) a través del enfriador j

Q_{bastidori} si la tasa de flujo de aire (por ejemplo, en cfm) a través del bastidori

Como ejemplo, si el flujo de aire del enfriador y del bastidor son iguales y la concentración de aire de escape Cⁱ del bastidor i a la entrada del enfriador se mide para ser 0,5, entonces esto implica que la mitad del aire de escape desde el bastidor i se captura por el enfriador j. En un pasillo caliente que tiene N enfriadores, entonces el índice de la captura (CI) es el suma de todos los f_{ij} sobre todos los N enfriadores y se puede expresar usando la Ecuación 15 a continuación.

$$CI_i = \sum_{j=1}^N C_j^i \frac{Q_{\text{enfriador}j}}{Q_{\text{bastidori}}} \quad (15)$$

Como se describirá ahora, con referencia a la FIG. 15, que muestra una agrupación de bastidores 1080, se puede usar un conjunto de reglas empíricas para determinar el CI para cada bastidor 1082 de la agrupación. Como se muestra en la FIG. 15, los valores de CI resultantes se pueden visualizar en un visualizador con los bastidores asociados. En un ejemplo, los bastidores que tienen un CI menor que el 60% se identifican en rojo indicando una advertencia, los bastidores que tienen un CI entre el 60% y el 80% se indican en amarillo como precaución y los bastidores que tienen un CI mayor que el 80% se indican en verde indicando que el CI es satisfactorio.

En una realización, se puede realizar un gran conjunto de ejecuciones CFD para establecer y refinar reglas empíricas. En otras realizaciones, se pueden usar redes neuronales y otras técnicas para refinar las reglas. La agrupación 1080 incluye dos filas (fila A y fila B) de bastidores paralelos que escapan aire a un pasillo caliente común 1084. Cada Bastidor se etiqueta A1-A6 y B1-B7, identificando la fila y la posición en la fila del bastidor y para el ejemplo mostrado cada bastidor tiene un consumo de potencia de 2 kW. La agrupación también incluye unidades de enfriamiento en fila 1086. En la FIG. 15, se muestran una serie de unidades de enfriamiento de medio bastidor 1086, pero también se pueden usar realizaciones con unidades de enfriamiento de bastidor de anchura completa u otros dispositivos. Las unidades de enfriamiento de medio bastidor usadas en el ejemplo asociadas con la FIG. 15 tienen una capacidad de enfriamiento nominal de 17 kW. También se muestra en la FIG. 15 el CI en términos de porcentaje para cada bastidor. El CI se muestra como un porcentaje e indica para cada bastidor, el porcentaje de su aire de escape que se captura por una de las unidades de enfriamiento.

El CI se determina en base al concepto de que todas las interacciones de unidad de enfriamiento de bastidor dependen solamente de la magnitud del flujo de aire asociado con los bastidores y unidades de enfriamiento y sus posiciones geométricas relativas. Se puede pensar cada ubicación de bastidor como que tiene un cierto potencial para suministrar el flujo de aire a otras ubicaciones del bastidor. Este potencial varía inversamente con la distancia de separación. Por ejemplo, el bastidor A1 en la FIG. 15 podría suministrar una gran parte de su flujo de aire al área cerca del bastidor A2. No obstante, mucho menos del flujo de aire del bastidor A1 podría hacer su camino a la posición A6. Además, la cantidad de flujo de aire que un bastidor puede suministrar a otras ubicaciones está en proporción directa con su propio flujo de aire total. El flujo de aire neto que se puede suministrar a una ubicación de bastidor A1 particular se puede representar usando la Ecuación 16 a continuación.

$$(Q_{Ai})_{\text{neto}} = (Q_{Ai})_{\text{de sí mismo}} + \sum_{\substack{\text{todos los demás} \\ \text{bastidores } j}} (Q_{Aj})_{\text{de sí mismo}} Ae^{-B\Delta x} + c \{ (Q_{Bi})_{\text{de sí mismo}} + \sum_{\substack{\text{todos los demás} \\ \text{bastidores } j}} (Q_{Bj})_{\text{de sí mismo}} Ae^{-B\Delta x} \}$$
(16)

donde

$(Q_{Ai})_{\text{neto}}$ = El flujo de aire neto máximo que se puede suministrar a la ubicación Ai incluyendo las contribuciones de todos los demás bastidores.

5 $(Q_{Ai})_{\text{de sí mismo}}$ = El flujo de aire real suministrado por el bastidor en la ubicación Ai.

A = constante empírica.

B = constante empírica.

C = constante “de acoplamiento” empírica para contabilizar los efectos de la fila opuesta.

10 El flujo de aire neto máximo que se puede suministrar a diversas ubicaciones en la fila B se calcula usando una expresión similar. Finalmente, se usa la misma expresión para calcular el flujo de aire neto máximo, que se puede capturar en cualquier ubicación de bastidor - con la suma de todos los enfriadores en lugar de bastidores. El CI se estima entonces como la relación del flujo de aire neto capturado y el flujo de aire neto suministrado en cualquier ubicación expresada como un porcentaje y con valores limitados al 100%. Las constantes A, B y C se seleccionan para proporcionar el mejor ajuste estadístico a datos CFD de punto de referencia. Se pueden usar diferentes valores de las constantes para contabilizar para configuraciones alternativas que incluyen diferentes tipos de enfriadores, diferente potencia de bastidor media o relaciones de potencia pico a media y separación de pasillo caliente alternativo, longitudes de fila o entornos de sala. Por ejemplo, consideremos una agrupación de bastidores de potencia media con variaciones de potencia de bastidor a bastidor modestas. La agrupación tiene 14 pies (4,27 metros) de largo, contiene un pasillo caliente de 3 pies (0,91 metros) de ancho y se supone que está en un entorno de centro de datos bastante apretado con una altura de techo de 12 pies (3,66 metros). En este caso, se hacen predicciones razonables con las constantes empíricas tomadas como A = 0,56, B = 0,33 y C = 0,65.

25 En la realización descrita anteriormente, el CI se calcula para una agrupación de bastidores que tienen profundidad y anchura uniforme. En otras realizaciones, se pueden usar los mismos procesos para bastidores de profundidad y anchura no uniforme. En una realización, los cálculos de CI descritos anteriormente se programan en un programa de Hoja de Cálculo de Microsoft Excel que permite al usuario agregar y mover unidades de enfriamiento para ver el efecto de diferentes números de unidades de enfriamiento y sus ubicaciones. En otras realizaciones, el proceso para determinar el CI descrito anteriormente se puede incorporar en sistemas de diseño y gestión de centro de datos, tales como el sistema 200 tratado anteriormente.

30 En la realización anterior, se usa una expresión exponencial para modelar las interacciones de bastidor y enfriador. En otras realizaciones, se pueden usar otras expresiones, tales como un polinomio o cualquier otra expresión matemática que contenga una serie de parámetros que se pueden afinar para proporcionar el mejor ajuste a datos de rendimiento de punto de referencia. Además, se pueden usar diferentes curvas y/o diferentes coeficientes para la parte del cálculo asociada con la determinación del aire suministrado por el bastidor que se usa en la parte del cálculo usado para determinar el aire capturado por las unidades de enfriamiento. En otra realización, las reglas se pueden refinar aún más para dirigirse a situaciones específicas. Por ejemplo, un Bastidor A puede no tener ningún efecto sobre otro Bastidor B donde un tercer bastidor C se sitúa entre el Bastidor A y el Bastidor B y tiene mayor flujo de aire que o bien el Bastidor A o bien el Bastidor B.

40 Aún en otra realización, los efectos de los extremos de las filas se pueden contabilizar explícitamente en el análisis de CI de pasillo caliente y de pasillo frío. Se pueden llevar a cabo simulaciones CFD separadas para determinar el flujo de entrada o el flujo de salida neto de aire en cada extremo de una fila para las disposiciones dadas de bastidores y unidades de enfriamiento. Los resultados de las simulaciones CFD se pueden incorporar a los métodos empíricos descritos anteriormente para determinar el CI para los bastidores en una agrupación. Los resultados de las simulaciones CFD se pueden usar para proporcionar estimaciones de flujo de aire correctas en los extremos de la fila, mientras que uno de los algoritmos tratados anteriormente se puede usar para determinar el CI en partes más interiores de la fila. Del mismo modo, los efectos de una omisión de bastidor o bastidores se pueden simular usando CFD con los resultados incorporados a los métodos empíricos.

50 El método de análisis de índice de captura tratado anteriormente proporciona una métrica de rendimiento de enfriamiento de bastidor a bastidor o local para bastidores de equipos en un centro de datos. Además de usar el CI como una métrica a nivel de bastidor en un análisis de pasillo caliente o análisis de pasillo frío, en otra realización, se determinan métricas de rendimiento en toda la agrupación y se puede determinar el rendimiento de enfriamiento global de la agrupación en base tanto a la métrica CI como a la métrica global. Las métricas de rendimiento en toda la agrupación indican si la agrupación en su totalidad tendrá un rendimiento de enfriamiento adecuado. El CI identifica qué bastidores no están teniendo su flujo de aire de escape adecuadamente capturado. Si un bastidor que

tiene un CI bajo es un bastidor de baja potencia, esto puede no provocar un problema. Además, un bastidor puede tener un CI relativamente alto, aún así causar problemas si es un bastidor de alta potencia con una temperatura de salida alta. En una realización, para un análisis de pasillo caliente la métrica global que se usa es una determinación de la potencia neta que se escapa del pasillo caliente. La potencia neta de escape se puede determinar usando la ecuación 17.

$$\sum_{\text{todos los bastidores } i} (1 - CI_i) P_i \quad (17)$$

donde,

CI_i = el índice de captura para el bastidor i expresado como una fracción (en lugar de porcentaje) y

P_i = la potencia del bastidor i .

- 10 La potencia de escape neta determinada por la ecuación 17 se puede correlacionar con las temperaturas máximas de entrada de la agrupación (por ejemplo, una potencia de escape neta de 25 kW puede implicar una temperatura máxima de entrada de bastidor de setenta y nueve grados F (veinte seis con once grados C)) para agrupaciones de disposiciones geométricas particulares (por ejemplo, anchura de pasillo caliente, longitud de fila, etc.), entornos de sala y detalles de bastidor y de enfriador (por ejemplo, tasa de flujo de unidad de enfriamiento y flujo de aire de bastidor/potencia (cfm/kW)). Por consiguiente, la potencia de escape neta se puede usar para determinar la temperatura de entrada del bastidor más alta.

En otras realizaciones, otras técnicas descritas anteriormente para calcular flujos de aire en un pasillo fresco se pueden aplicar a un análisis de pasillo caliente o pasillo frío para determinar el CI, incluyendo el uso de CFD, CGCFD y volúmenes de control. El uso de superposición puede ser menos aplicable en los análisis de pasillo caliente debido a que los patrones de flujo de aire no son ideales. En otra realización, se proporciona un proceso 1100 para determinar el CI en un pasillo caliente usando un análisis CFD. El análisis CFD se realiza solamente en el pasillo caliente en sí mismo y los flujos de aire de final de fila se determinan por separado y se pueden parchear en la solución CFD. El hardware informático común se puede usar para llevar a cabo tal análisis CFD en 10 a 20 segundos. El proceso 1100 se muestra en forma de diagrama de flujo en la FIG. 16. En una primera etapa 1102 del proceso 1100 datos relacionados con la disposición se cargan o bien manualmente, se leen a partir de una base de datos o bien de cualquier otra manera. Los datos relacionados con la disposición pueden incluir la longitud de fila, el consumo de energía y el flujo de aire para cada bastidor, las dimensiones del bastidor, los tipos de unidad de enfriamiento, las ubicaciones y las tasas de flujo, las anchuras de pasillo caliente y los detalles del entorno de sala (es decir, tamaño, temperaturas).

En la etapa 1104 del proceso 1100, los flujos de aire de final de fila de pasillo caliente se determinan usando curvas de mejor ajuste o tablas de búsqueda en base a estudios CFD anteriores. Los cálculos de final de fila de pasillo caliente se pueden realizar usando las mismas técnicas usadas para determinar los flujos de aire de final de fila de pasillo frío con el flujo de aire de bastidor de entrada proporcionados como un valor positivo y la entrada de flujo de aire de unidades de enfriamiento como un valor negativo. En la etapa 1106, se realiza un análisis CFD de sólo el pasillo caliente usando resultados del análisis de flujo de aire final de la etapa 1104 y con la parte superior del pasillo caliente tomada como un límite de presión constante. En el análisis, el aire de escape para cada bastidor se "etiqueta" con una concentración particular. En la etapa 1108, el CI para cada bastidor se determina en base a la relación de flujos de aire capturados y suministrados calculados por la ecuación 16 y los resultados de la etapa 1106. La métrica de enfriamiento de agrupación global también se puede determinar en este punto usando la ecuación 17. En la etapa 1110, los CI de bastidor y la métrica de enfriamiento de agrupación global se pueden usar para determinar si es adecuado el enfriamiento para la agrupación.

Además de los métodos de análisis de enfriamiento tratados anteriormente, los cuales proporcionan análisis de centro de datos en tiempo real, se pueden usar métodos de análisis de enfriamiento adicionales. Estos métodos adicionales incluyen un método de panel, un método de análisis potencial, modelado de red/zonal de flujo, análisis de componente principal o una combinación de cualquiera de éstos y los métodos tratados anteriormente. Estos métodos de análisis de enfriamiento adicionales son conocidos generalmente por los expertos en la técnica.

Diversas realizaciones se pueden implementar en uno o más sistemas informáticos como se trató anteriormente. Estos sistemas informáticos pueden incluir teléfonos celulares, asistentes digitales personales y/u otros tipos de dispositivos informáticos móviles. Por otra parte, un sistema informático puede incluir cualquier tipo de dispositivo informático tal como un ordenador personal, una estación de trabajo, un ordenador central, un cliente en red, un servidor, servidores de medios y servidores de aplicaciones. Por ejemplo, el sistema 200 se puede implementar en un único sistema informático o en múltiples sistemas informáticos. Estos sistemas informáticos pueden ser, por ejemplo, ordenadores de propósito general tales como los basados en procesador de tipo Intel PENTIUM, los procesadores Motorola PowerPC, Sun UltraSPARC, Hewlett-Packard PA-RISC o cualquier otro tipo de procesador.

Por ejemplo, diversos aspectos se pueden implementar como software especializado que se ejecuta en un sistema informático de propósito general 900 tal como el mostrado en la FIG. 17. El sistema informático 900 puede incluir un procesador 903 conectado a uno o más dispositivos de memoria 904, tales como una unidad de disco, memoria u otro dispositivo para almacenar datos. La memoria 904 se usa típicamente para almacenar programas y datos durante la operación del sistema informático 900. El sistema informático 900 también puede incluir un sistema de almacenamiento 906 que proporciona capacidad de almacenamiento adicional. Los componentes del sistema informático 900 se pueden acoplar por un mecanismo de interconexión 905, que puede incluir uno o más buses (por ejemplo, entre componentes que se integran dentro de una misma máquina) y/o una red (por ejemplo, entre componentes que residen en máquinas discretas separadas). El mecanismo de interconexión 905 permite que las comunicaciones (por ejemplo, datos, instrucciones) sean intercambiadas entre componentes de sistema del sistema 900.

El sistema informático 900 también incluye uno o más dispositivos de entrada 902, por ejemplo, un teclado, ratón, bola de apuntamiento, micrófono, pantalla táctil y uno o más dispositivos de salida 907, por ejemplo, un dispositivo de impresión, pantalla de visualización, altavoz. Además el sistema informático 900 puede contener una o más interfaces (no mostradas) que conectan el sistema informático 900 a una red de comunicación (además o como alternativa al mecanismo de interconexión 905).

El sistema de almacenamiento 906, mostrado en mayor detalle en la Figura 18, típicamente incluye un medio de grabación no volátil legible o escribible por ordenador 911 en el que se almacenan señales que definen un programa a ser ejecutado por el procesador o información almacenada en o dentro del medio 911 a ser procesada por el programa para realizar una o más funciones asociadas con las realizaciones descritas en la presente memoria. El medio puede, por ejemplo, ser un disco o una memoria rápida. Típicamente, en operación, el procesador hace que los datos sean leídos desde el medio de grabación no volátil 911 a otra memoria 912 que permite un acceso más rápido a la información por el procesador que lo que lo hace el medio 911. Esta memoria 912 es típicamente una memoria volátil, de acceso aleatorio tal como una memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM) o memoria estática (SRAM). Puede estar situada en el sistema de almacenamiento 906, como se muestra o en el sistema de memoria 904. El procesador 903 generalmente manipula los datos dentro de la memoria de circuito integrado 904, 912 y entonces copia los datos al medio 911 después de que se completa el procesamiento. Se conocen una variedad de mecanismos para gestionar el movimiento de datos entre el medio 911 y el elemento de memoria de circuito integrado 904, 912. El sistema no está limitado a un sistema de memoria particular 904 o sistema de almacenamiento 906.

El sistema informático puede incluir hardware programado especialmente, de propósito especial, por ejemplo, un circuito integrado de aplicaciones específicas (ASIC). Aspectos del sistema se pueden implementar en software, hardware o microprograma o cualquier combinación de los mismos. Además, tales métodos, acciones, sistemas, elementos de sistemas y componentes de los mismos se pueden implementar como parte del sistema informático descrito anteriormente o como un componente independiente.

Aunque el sistema informático 900 se muestra a modo de ejemplo como un tipo de sistema informático sobre el cual se pueden poner en práctica diversos aspectos, se debería apreciar que los aspectos no están limitados a ser implementados en el sistema informático que se muestra en la FIG. 17. Diversos aspectos se pueden poner en práctica en uno o más ordenadores que tengan una arquitectura o componentes diferentes a los mostrados en la FIG. 17. Además, donde las funciones o procesos de las realizaciones se describen en la presente memoria (o en las reivindicaciones) como que se realizan en un procesador o controlador, tal descripción se pretende que incluya sistemas que usan más de un procesador o controlador para realizar las funciones.

El sistema informático 900 puede ser un sistema informático de propósito general que es programable usando un lenguaje de programación informático de alto nivel. El sistema informático 900 también se puede implementar usando hardware programado especialmente, de propósito especial. En el sistema informático 900, el procesador 903 es típicamente un procesador disponible comercialmente tal como el procesador de clase Pentium bien conocido disponible en Intel Corporation. Están disponibles otros muchos procesadores. Tal procesador normalmente ejecuta un sistema operativo que puede ser, por ejemplo, los sistemas operativos Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000 (Windows ME) o Windows XP disponibles en Microsoft Corporation, el sistema operativo MAC OS System X disponible en Apple Computer, el sistema operativo Solaris disponible en Sun Microsystems o sistemas operativos UNIX disponibles en diversas fuentes. Se pueden usar muchos otros sistemas operativos.

El procesador y sistema operativo juntos definen una plataforma informática para la cual se escriben programas de aplicaciones en lenguajes de programación de alto nivel. Se debería entender que las realizaciones no están limitadas a una plataforma de sistema informático, procesador, sistema operativo o red particular. También, debería ser evidente para los expertos en la técnica que el sistema no está limitado a un lenguaje de programación o sistema informático específico. Además, se debería apreciar que también se podrían usar otros lenguajes de programación adecuados y otros sistemas informáticos adecuados.

Una o más partes del sistema informático se pueden distribuir a través de uno o más sistemas informáticos acoplados a una red de comunicación. Por ejemplo, como se trató anteriormente, un sistema informático que realiza

- las funciones de construcción se puede situar remotamente de un gestor de sistema. Los sistemas informáticos remotos también pueden incluir sistemas informáticos de propósito general remotos y/o dispositivos informáticos remotos. Por ejemplo, diversos aspectos se pueden distribuir entre uno o más sistemas informáticos configurados para proporcionar un servicio (por ejemplo, servidores) a uno o más ordenadores cliente o para realizar una tarea general como parte de un sistema distribuido. Por ejemplo, diversos aspectos se pueden realizar en un sistema cliente-servidor o multinivel que incluye componentes distribuidos entre uno o más sistemas de servidores que realizan diversas funciones según diversas realizaciones. Estos componentes pueden ser ejecutables, código intermedio (por ejemplo, IL) o interpretado (por ejemplo, Java) que comunican sobre una red de comunicación (por ejemplo, Internet) usando un protocolo de comunicación (por ejemplo, TCP/IP). Por ejemplo, se pueden usar uno o más servidores de bases de datos para almacenar datos del dispositivo que se usan en el diseño de las disposiciones y se pueden usar uno o más servidores para realizar eficientemente cálculos de enfriamiento.
- Diversas realizaciones se pueden programar usando un lenguaje de programación orientado a objeto, tal como SmallTalk, Java, C++, Ada o C# (C-Sharp). Se pueden usar también otros lenguajes de programación orientados a objeto. Alternativamente, se pueden usar lenguajes de programación funcional, de secuencias de comandos y/o lógica. Diversos aspectos de la invención se pueden implementar en un entorno no programado (por ejemplo, documentos creados en HTML, XML u otro formato que, cuando se ven en una ventana de un programa navegador, reproducen aspectos de una interfaz gráfica de usuario (GUI) o realizan otras funciones). Diversos aspectos de la invención se pueden implementar como elementos programados o no programados o cualquier combinación de los mismos.
- Una variedad de elementos del sistema que incluyen entradas, salidas e interfaces pueden intercambiar información con diversas entidades externas que pueden ser proveedores de información y/o consumidores de información. Estas entidades externas pueden incluir usuarios y/o sistemas. Cada uno de estos elementos puede tanto restringir la información intercambiada a un conjunto de valores predefinidos como validar cualquier información intercambiada anterior a usar la información o proporcionar la información a otros componentes.
- En las realizaciones tratadas anteriormente, se describen sistemas y métodos que proporcionan indicaciones de capacidad de enfriamiento restante para envoltorios de equipos. La indicación de capacidad de enfriamiento restante puede ser una indicación directa de enfriamiento restante en términos de, por ejemplo, kilovatios o BTU por hora o la indicación puede ser indirecta tal como proporcionar la capacidad total de enfriamiento disponible a una envoltorio junto con una indicación de cuánto enfriamiento está siendo usado, por ejemplo, en términos de porcentaje. Además, valores calculados, incluyendo el índice de captura y el índice de recirculación se pueden usar para determinar la suficiencia de un diseño particular y para determinar la capacidad de enfriamiento adicional antes de que resulte una situación de advertencia o error.
- Las realizaciones de sistemas y métodos descritos anteriormente se describen de manera general para uso en centros de datos relativamente grandes que tienen numerosos bastidores de equipos, no obstante, las realizaciones se pueden usar también con centros de datos más pequeños y con instalaciones distintas de centros de datos. Además, como se trató anteriormente, las realizaciones se pueden usar con instalaciones que tienen suelos elevados así como con instalaciones que no tienen un suelo elevado.
- En las realizaciones tratadas anteriormente, los resultados de los análisis se pueden describir como que se proporcionan en tiempo real. Como se entiende por los expertos en la técnica, el uso del término tiempo real no se entiende que sugiera que los resultados estén disponibles inmediatamente, sino que más bien, están disponibles rápidamente dando a un diseñador la capacidad de intentar una serie de diseños diferentes en un corto periodo de tiempo, tal como en cuestión de minutos.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para proporcionar una representación de una capacidad de un recurso de centro de datos, el recurso de centro de datos que soporta la funcionalidad de al menos un elemento de equipos de centro de datos en un centro de datos (100), el método que comprende las acciones de:
 - 5 recibir información de capacidad que describe una primera cantidad de capacidad de un primer tipo de recurso de centro de datos (2304) en el centro de datos y que describe una segunda cantidad de capacidad de un segundo tipo de recurso de centro de datos y que describe una tercera cantidad de capacidad de al menos otro tipo de recurso de centro de datos (2304) en el centro de datos;
 - 10 comparar la primera cantidad con la segunda cantidad para determinar una primera cantidad de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos que es inutilizable debido a capacidad insuficiente del segundo tipo de recurso de centro de datos;
 - comparar la primera cantidad con la tercera cantidad para determinar una segunda cantidad de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos que es inutilizable debido a capacidad insuficiente del al menos otro tipo de recurso de centro de datos; y
 - 15 proporcionar una representación (2302) de la primera cantidad y la segunda cantidad de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos en asociación con una representación del primer tipo de recurso de centro de datos, una representación del segundo tipo de recurso de datos y una representación del al menos otro tipo de recurso de centro de datos.
2. El método según la reivindicación 1, en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso en una ubicación en un bastidor (108).
3. El método según la reivindicación 2, en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso en la ubicación en el bastidor incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso en una posición de espacio en U.
4. El método según la reivindicación 1, en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso de espacio de bastidor que es inutilizable debido a capacidad insuficiente de potencia o en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso de potencia que es inutilizable debido a capacidad insuficiente de enfriamiento (104A, 104B) o en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso de distribución de potencia que es inutilizable debido a capacidad insuficiente de potencia disponible para distribución o en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso de espacio físico que es inutilizable debido a capacidad insuficiente de enfriamiento.
5. El método según la reivindicación 1, en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso de distribución de potencia que es inutilizable debido a capacidad insuficiente de conectividad de red.
6. El método según la reivindicación 1, en donde la acción de comparar la primera cantidad con al menos una de la segunda cantidad y la tercera cantidad para determinar la cantidad de capacidad en exceso incluye una acción de determinar una cantidad de capacidad en exceso de espacio en U que es inutilizable debido a capacidad insuficiente de soportar peso.
7. El método según la reivindicación 1, en donde la acción de proporcionar la representación de la primera y segunda cantidades de capacidad en exceso incluye una acción de proporcionar la representación de otro elemento del sistema.
8. El método según la reivindicación 1, en donde la acción de proporcionar la representación de la primera y segunda cantidades de capacidad en exceso incluye una acción de presentar la representación a un usuario de un sistema informático.
9. El método según la reivindicación 8, en donde la acción de presentar, al usuario del sistema informático, la representación de la primera y segunda cantidades de capacidad en exceso incluye las acciones de:

presentar, al usuario del sistema informático, un identificador (122) que identifica el primer tipo de recurso de centro de datos;

presentar, al usuario del sistema informático, un identificador que identifica el segundo tipo de recurso de centro de datos; y

5 presentar, al usuario del sistema informático, un identificador que identifica el al menos otro tipo de recurso de centro de datos.

10. El método según la reivindicación 1, que además comprende: determinar una configuración de equipos de centro de datos que minimiza, respecto a al menos otra configuración, al menos una de la primera y segunda cantidades de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos; y proporcionar la configuración de los equipos de centro de datos a una entidad externa.

10

11. El método según la reivindicación 10, en donde determinar la configuración de equipos de centro de datos incluye determinar una ubicación para el al menos un elemento de equipos de centro de datos.

12. El método según la reivindicación 1, que además comprende:

15 comparar la segunda cantidad de capacidad con al menos una de la primera cantidad y la tercera cantidad de capacidad para determinar una cantidad de capacidad en exceso del segundo tipo de recurso de centro de datos que es inutilizable debido a capacidad insuficiente de al menos uno del primer tipo de recurso de centro de datos y el al menos otro tipo de recurso de centro de datos;

20 determinar una configuración de equipos de centro de datos que minimiza, respecto a al menos otra configuración, un agregado de la primera y segunda cantidades de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos y la cantidad de capacidad en exceso del segundo tipo de recurso de centro de datos; y

proporcionar la configuración de equipos de centro de datos a una entidad externa.

13. Un sistema para proporcionar una representación de una capacidad de un recurso de centro de datos (2304), el recurso de centro de datos que soporta la funcionalidad de al menos un elemento de equipos de centro de datos en un centro de datos (100), el sistema que comprende:

25

una entrada configurada para recibir información de capacidad que describe una primera cantidad de capacidad de un primer tipo de recurso de centro de datos y que describe una segunda cantidad de capacidad de un segundo tipo de recurso de centro de datos y que describe una tercera cantidad de capacidad de al menos otro tipo de recurso de centro de datos;

30 una salida configurada para proporcionar datos representativos de la primera cantidad de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos que es inutilizable debido a capacidad insuficiente del segundo tipo de recurso de centro de datos y una segunda cantidad de capacidad en exceso del primer recurso de centro de datos que es inutilizable debido a capacidad insuficiente del al menos otro tipo de recurso de centro de datos; y

un controlador acoplado a la entrada y la salida y configurado para:

35 recibir, desde la entrada, la información de capacidad que describe la primera cantidad de capacidad del primer tipo de recurso de centro de datos y que describe la segunda cantidad de capacidad del segundo tipo de recurso de centro de datos y que describe la tercera cantidad de capacidad del al menos otro tipo de recurso de centro de datos;

40 comparar la primera cantidad de capacidad con la segunda cantidad de capacidad para determinar la primera cantidad de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos que es inutilizable debido a capacidad insuficiente del segundo tipo de recurso de centro de datos;

comparar la primera cantidad de capacidad con la tercera cantidad de capacidad para determinar la segunda cantidad de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos que es inutilizable debido a capacidad insuficiente del al menos otro tipo de recurso de centro de datos; y

45 proporcionar, a la salida, una representación (2302) de la primera y segunda cantidades de capacidad en exceso del primer tipo de recurso de centro de datos en asociación con una representación del primer tipo de recurso de centro de datos, una representación del segundo tipo de recurso de centro de datos y una representación del al menos otro tipo de recurso de centro de datos.

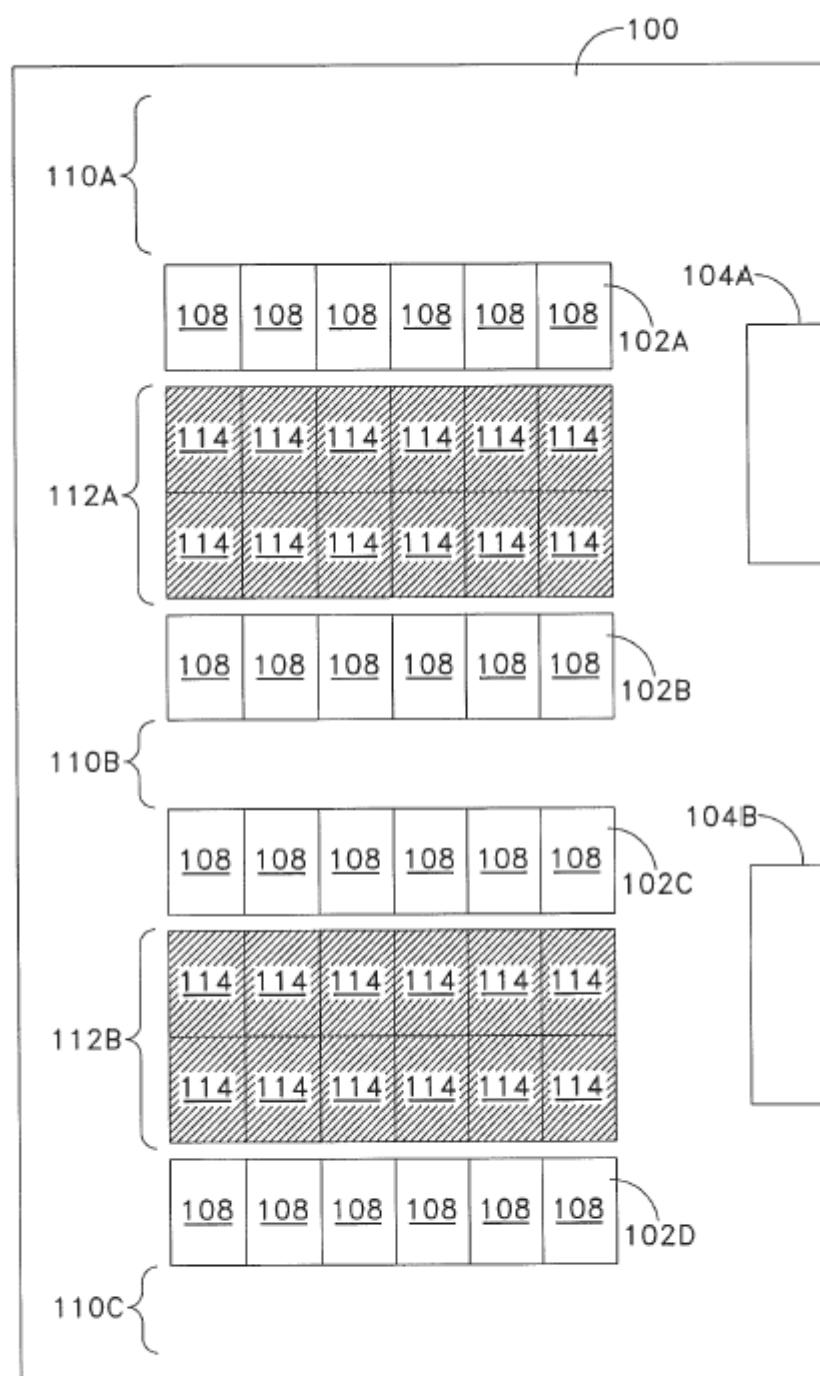


FIG. 1

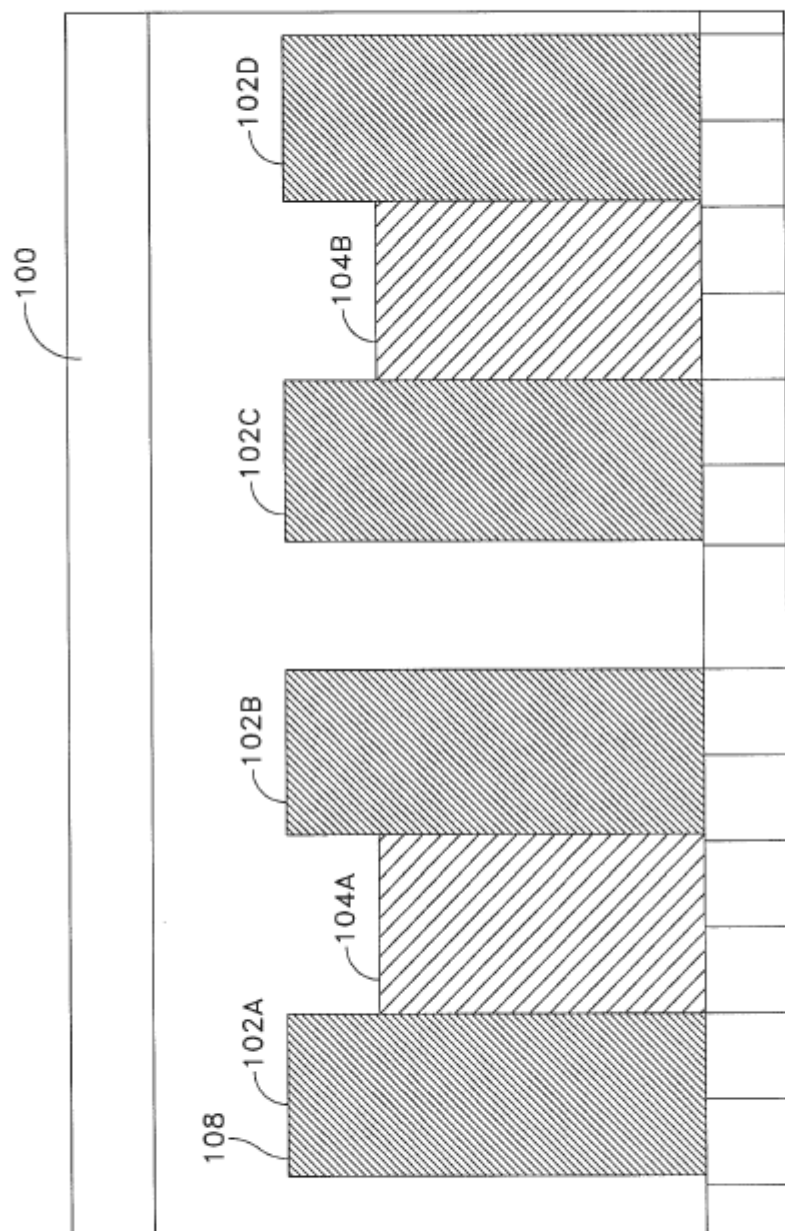


FIG. 2

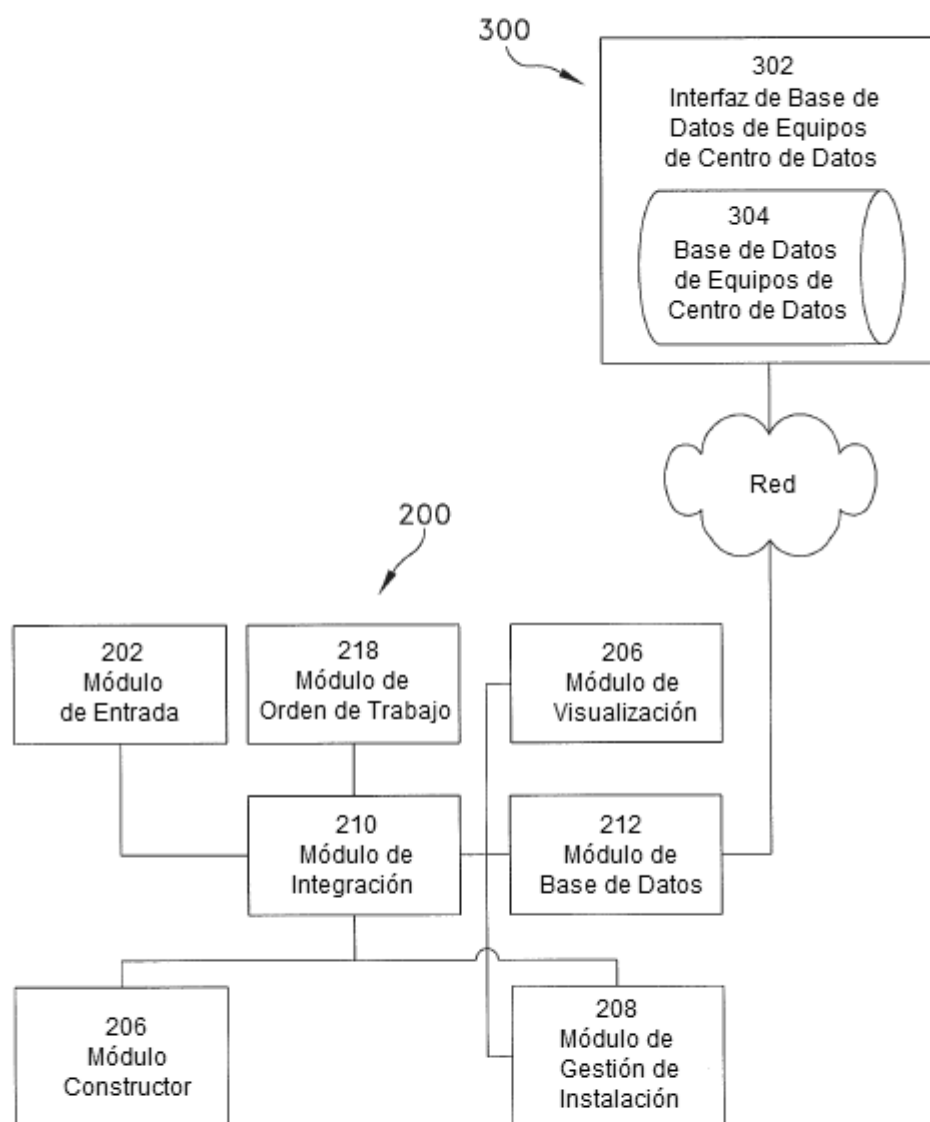


FIG. 3

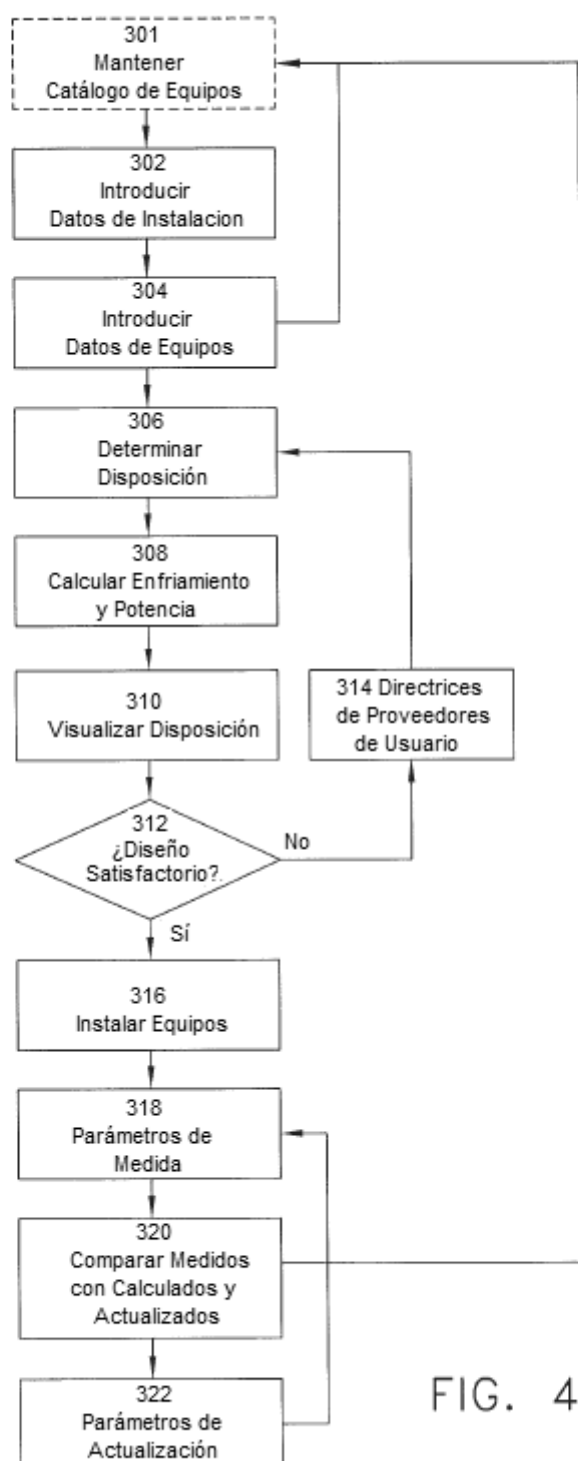


FIG. 4

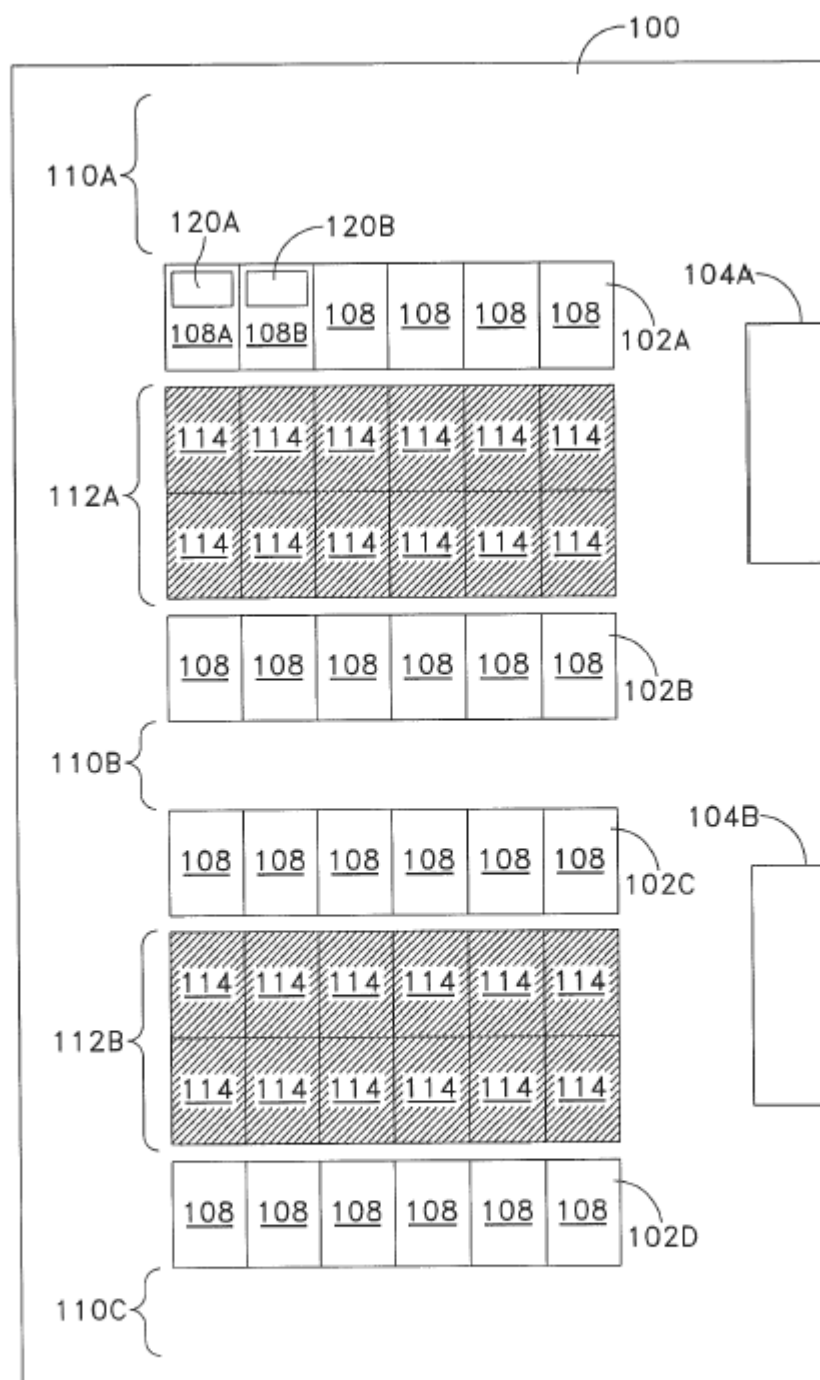


FIG. 5

108A

120A

122	BASTIDOR Nº:	A1
124	TIPO DE BASTIDOR:	BASTIDOR DE SERVIDOR
126	CAPACIDAD DE POTENCIA, POSICIÓN 1:	10 KW
128	POTENCIA USADA, POSICIÓN 1:	60%
130	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO, POSICIÓN 1:	8 KW
132	ENFRIAMIENTO USADO, POSICIÓN 1:	75%
136	REDUNDANCIA DE POTENCIA, POSICIÓN 1:	2N
138	REDUNDANCIA DE ENFRIAMIENTO, POSICIÓN 1:	N+1
140	TIEMPO DE EJECUCIÓN DE UPS, POSICIÓN 1:	10 minutos
.		
.		
134	CONTENIDOS DE BASTIDOR:	

FIG. 5A

108B

120B

122	BASTIDOR Nº:	B1
124	TIPO DE BASTIDOR:	BASTIDOR DE SERVIDOR
126	CAPACIDAD DE POTENCIA, POSICIÓN 1:	10 KW
128	POTENCIA USADA, POSICIÓN 1:	40%
130	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO, POSICIÓN 1:	5 KW
132	ENFRIAMIENTO USADO, POSICIÓN 1:	80%
136	REDUNDANCIA DE POTENCIA, POSICIÓN 1:	2N
138	REDUNDANCIA DE ENFRIAMIENTO, POSICIÓN 1:	N+1
140	TIEMPO DE EJECUCIÓN DE UPS, POSICIÓN 1:	10 minutos
.		
.		
134	CONTENIDOS DE BASTIDOR:	

FIG. 5B

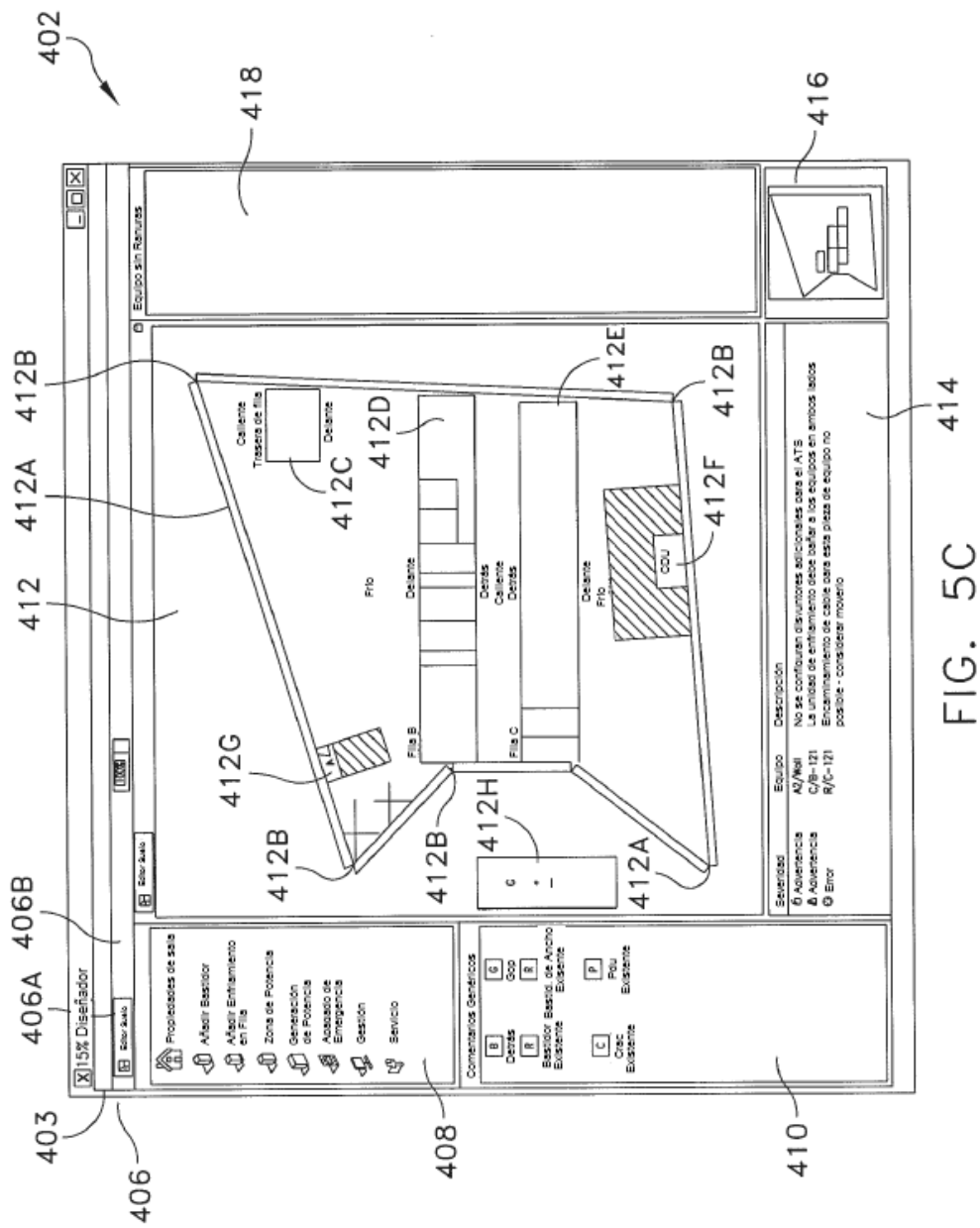


FIG. 5C

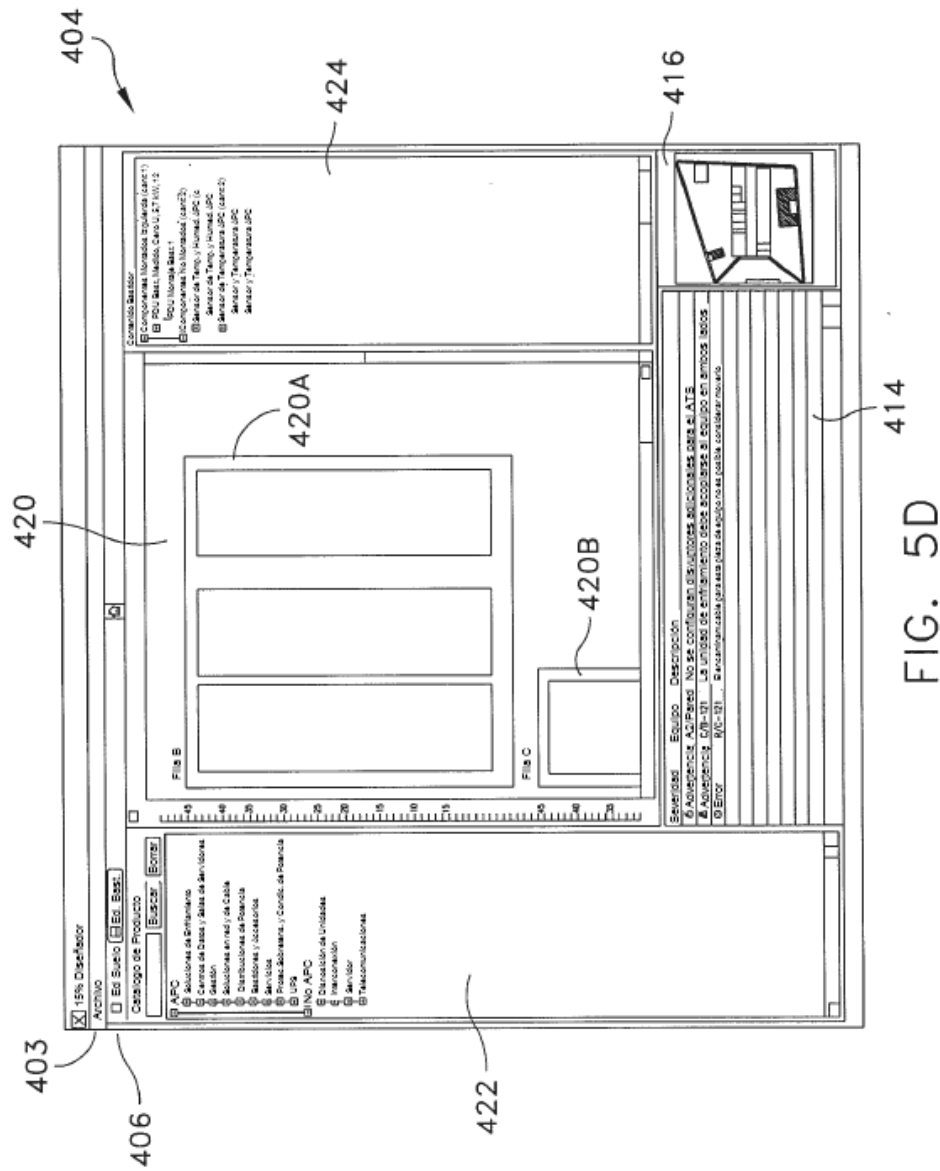


FIG. 5D

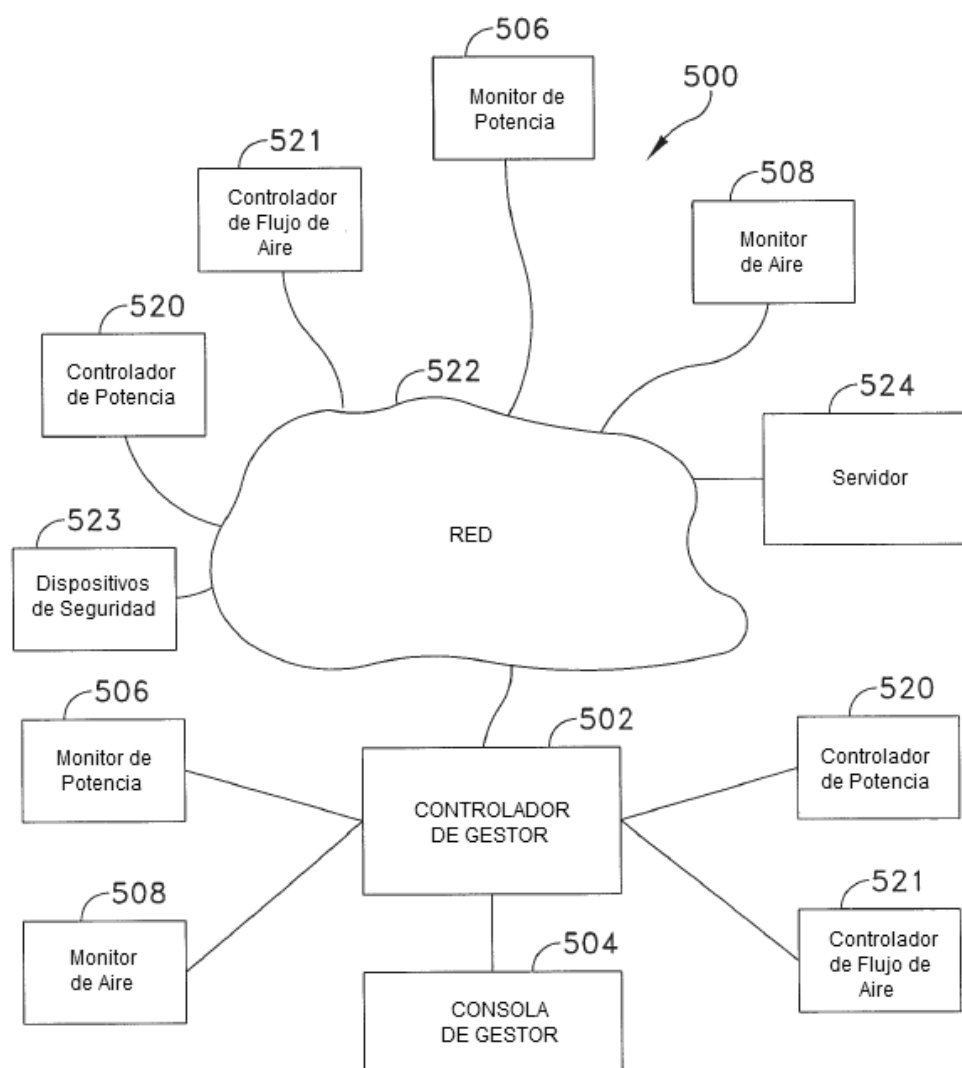


FIG. 6

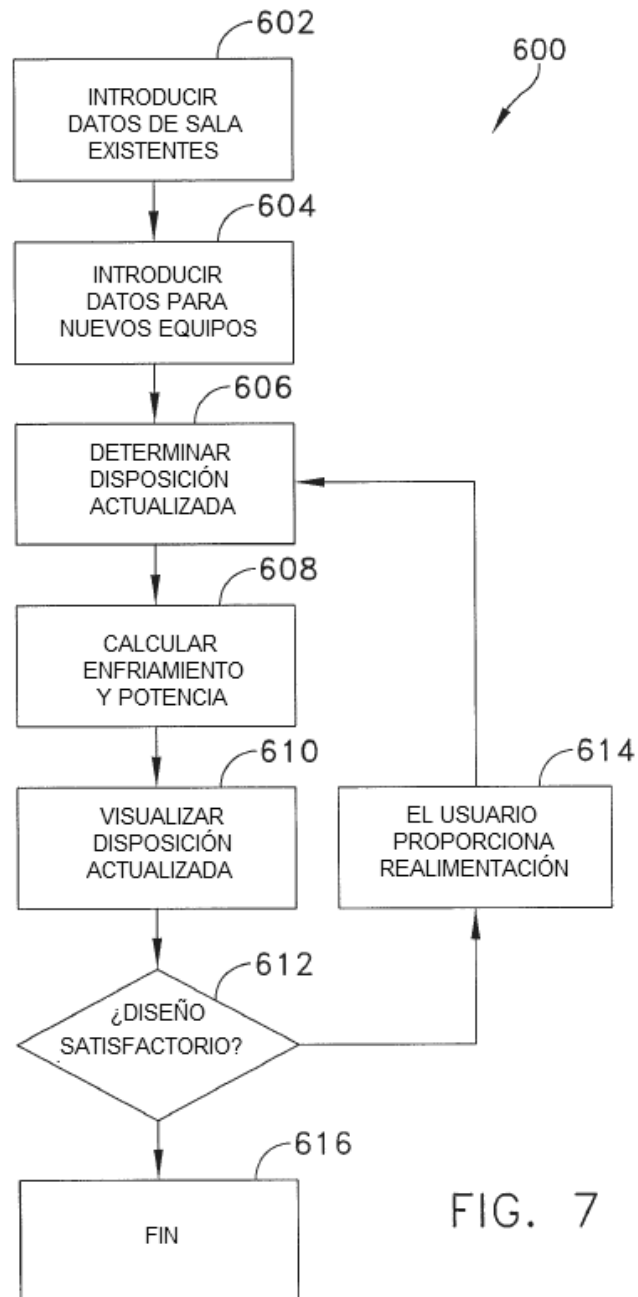


FIG. 7

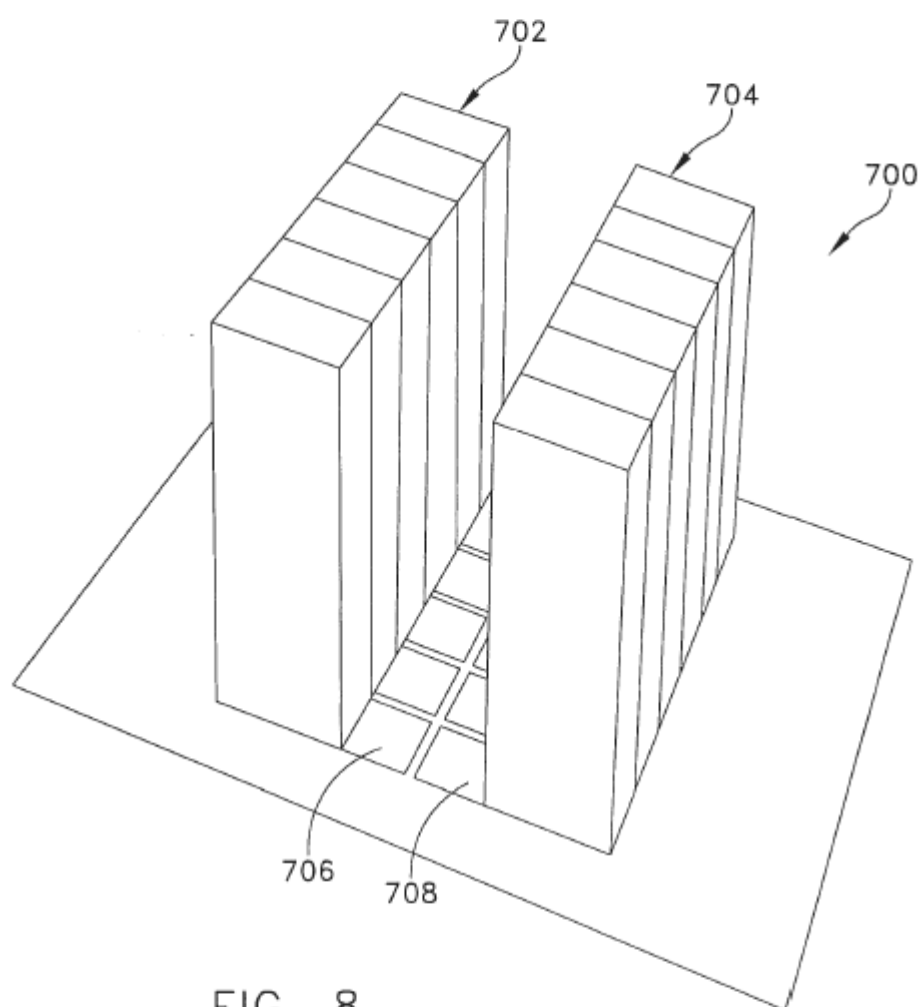


FIG. 8

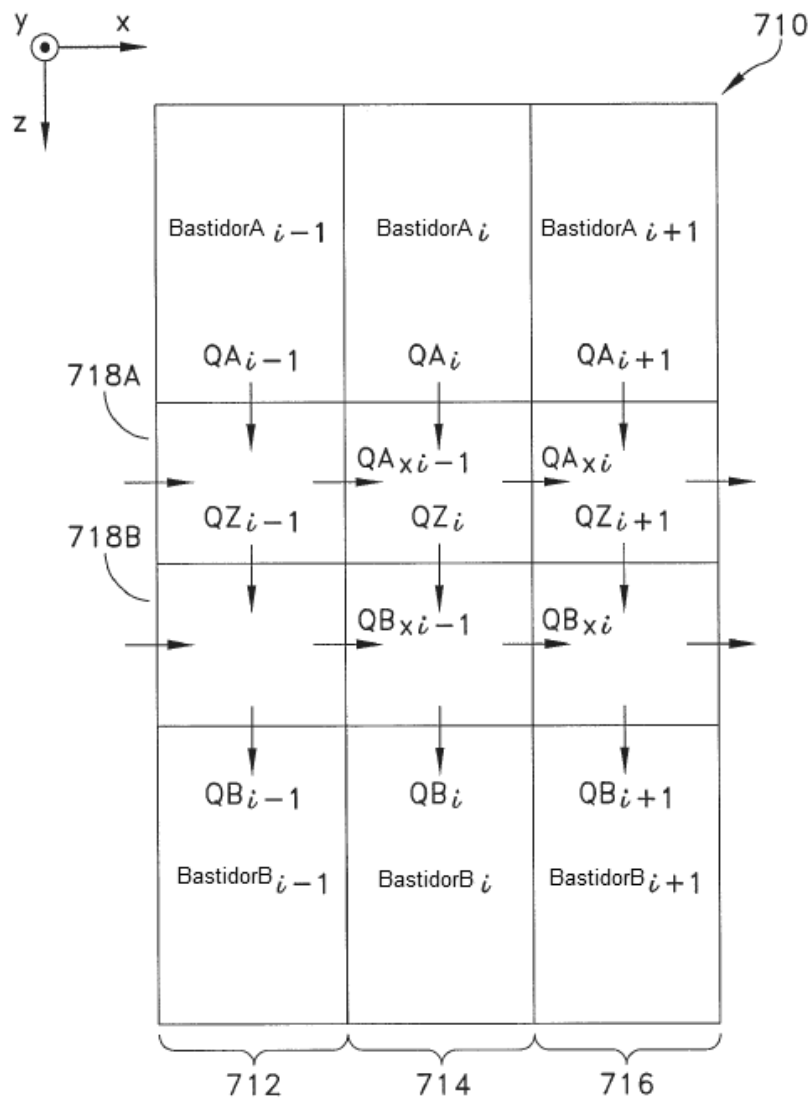


FIG. 9

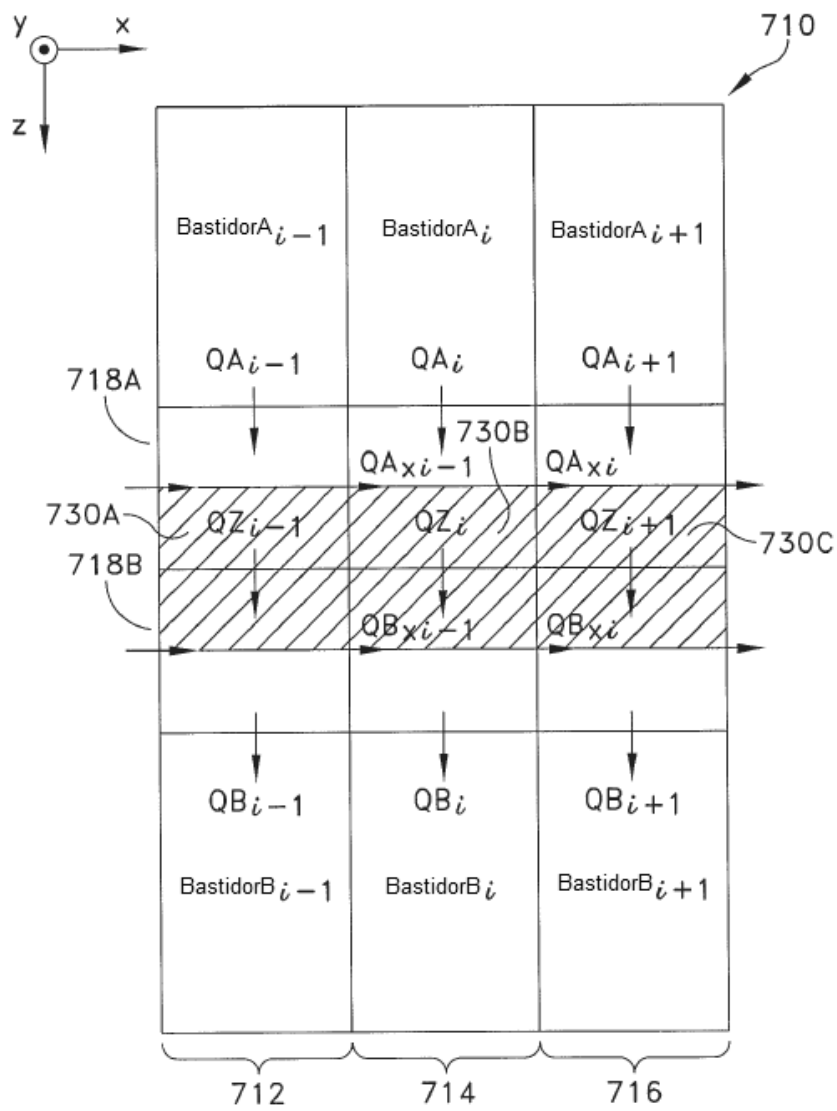


FIG. 9A

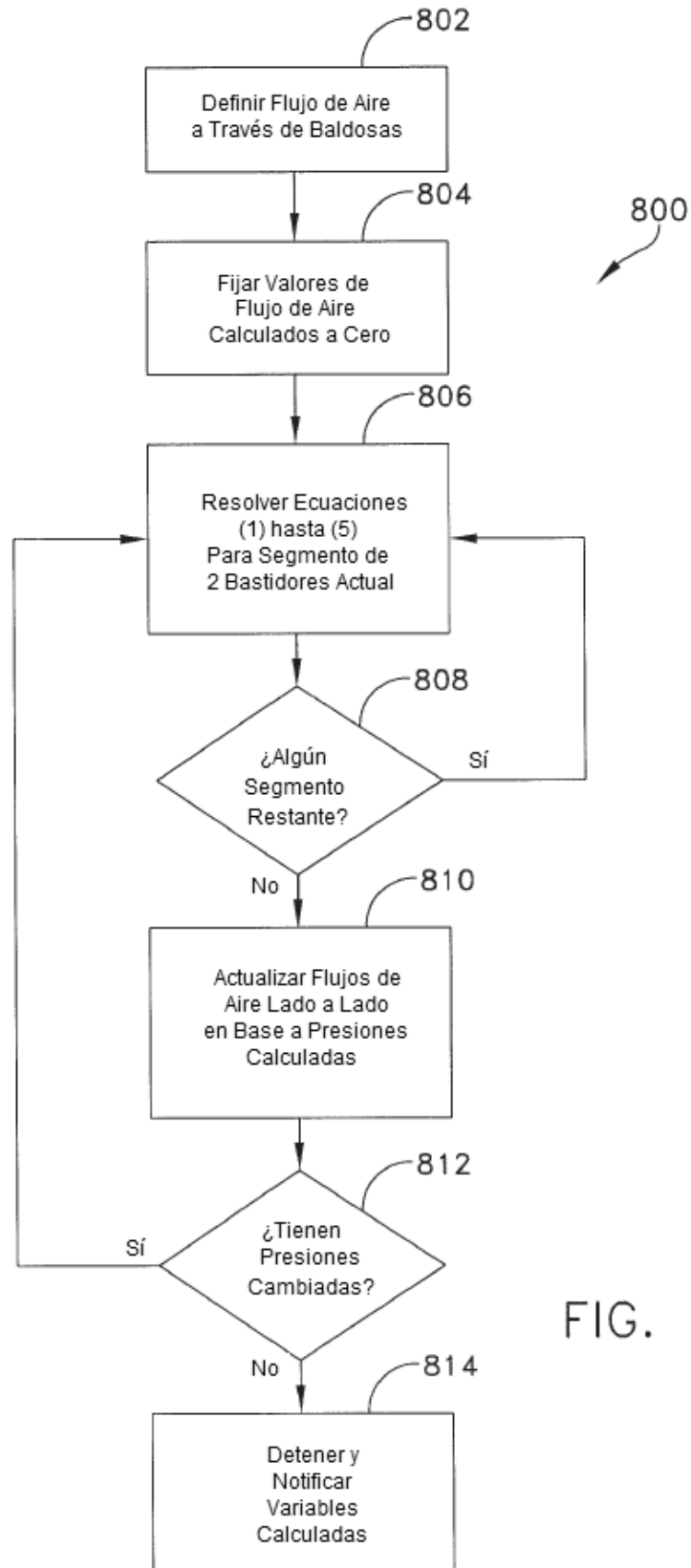


FIG. 10

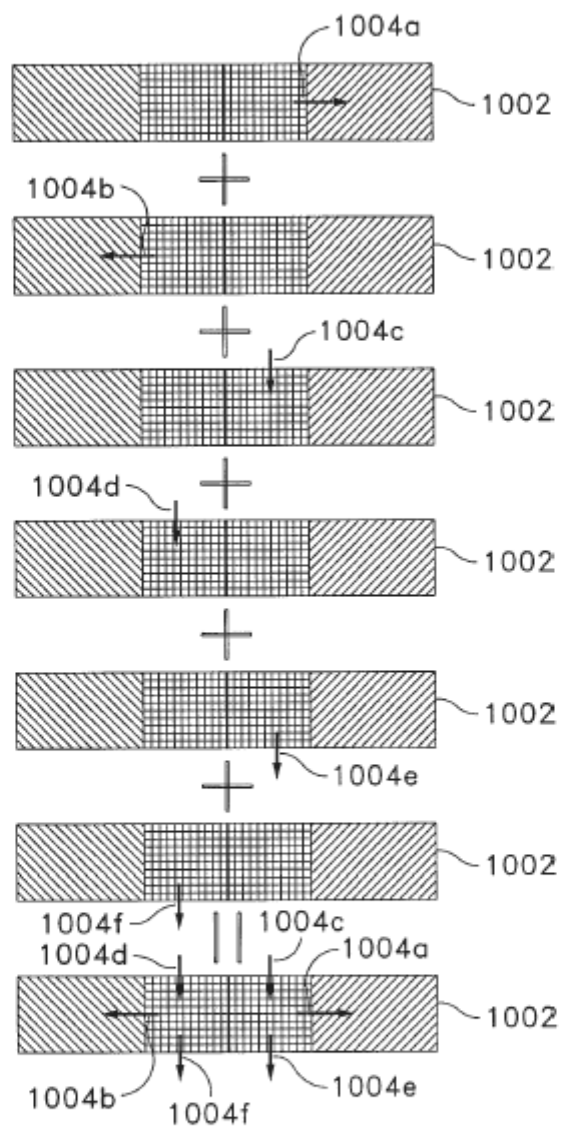


FIG. 11

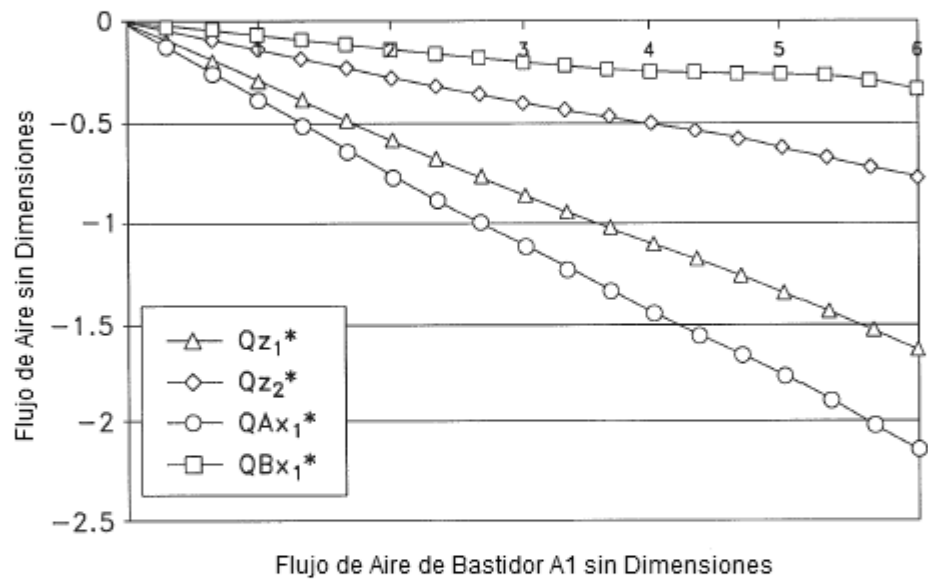


FIG. 12

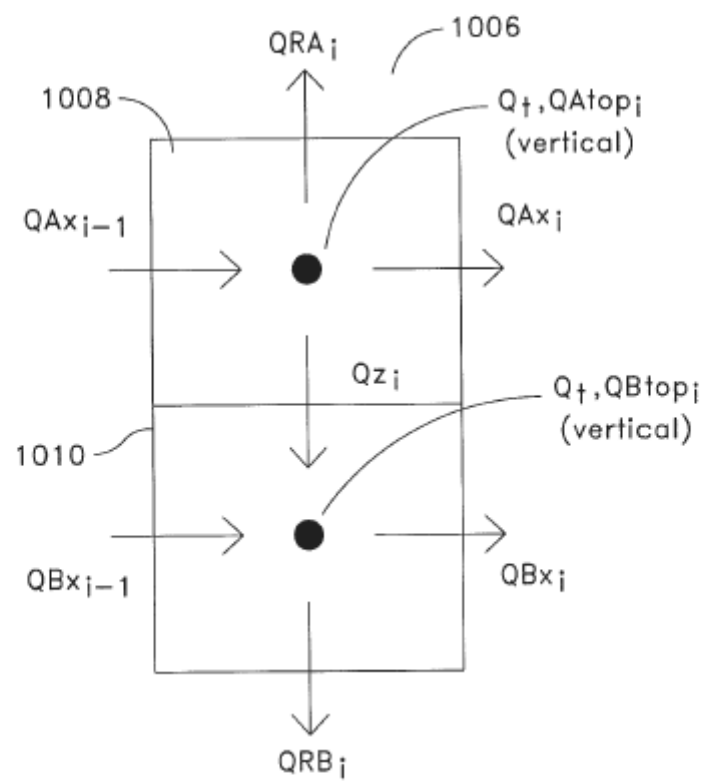


FIG. 13

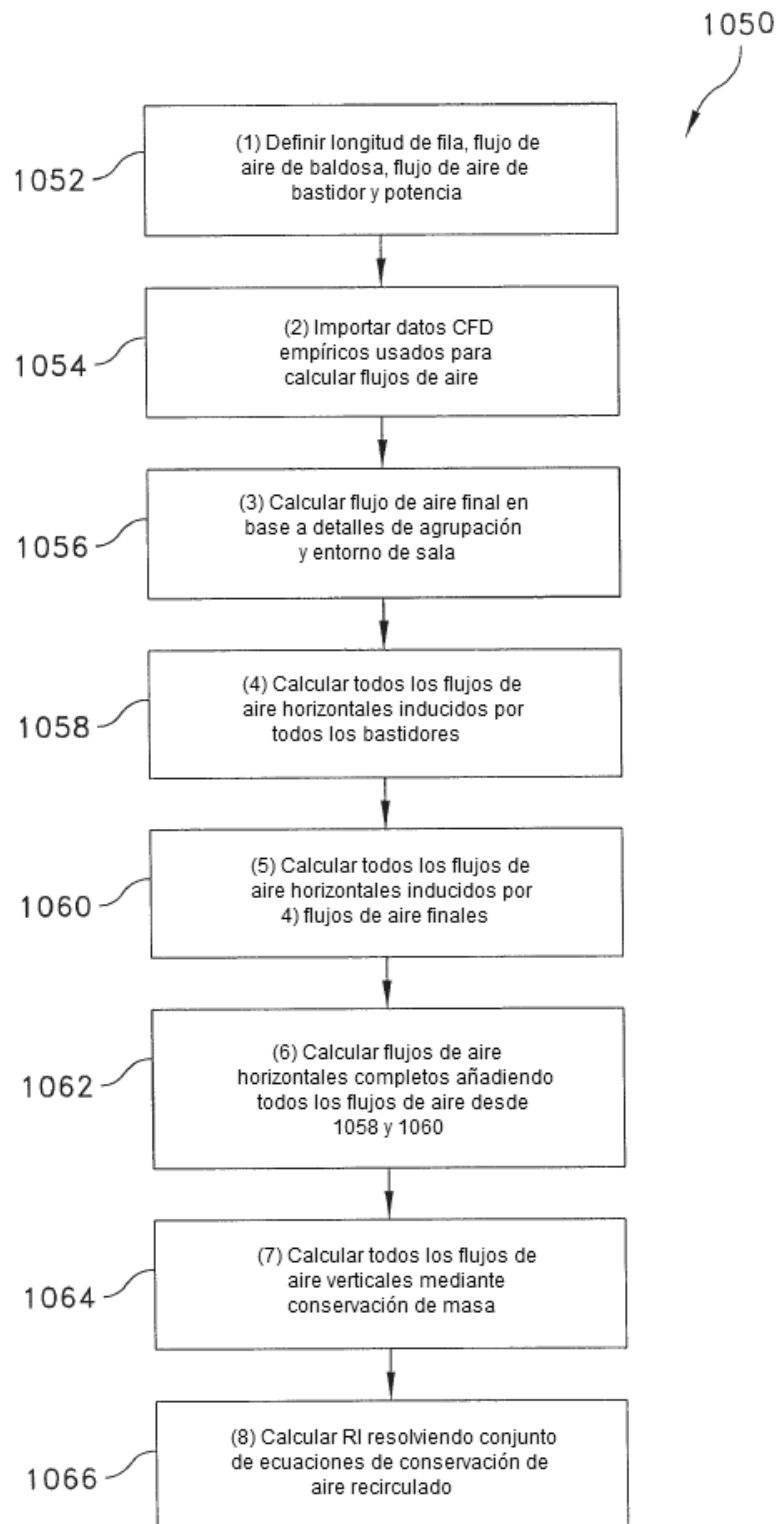


FIG. 14

	1082	1086	1082	1082	1082	1082	1086	1082	
	A1		A2	A3	A4	A5		A6	
Fila A	R 2kW	C	R 2kW	R 2kW	R 2kW	R 2kW	C	R 2kW	
	100%	100%	100%	84%	84%	100%	100%	100%	
Aot Aio6									
OBC									
	95%	98%	64%	50%	64%	98%	95%		
Fila B	R 2kW	R 2kW	R 2kW	R 2kW	R 2kW	R 2kW	R 2kW	R 2kW	
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7		

FIG. 15

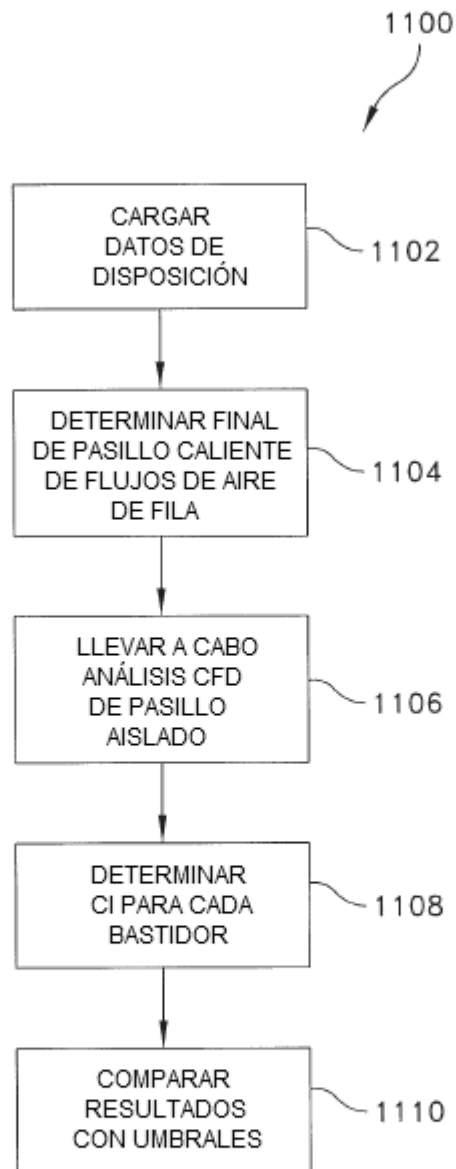


FIG. 16

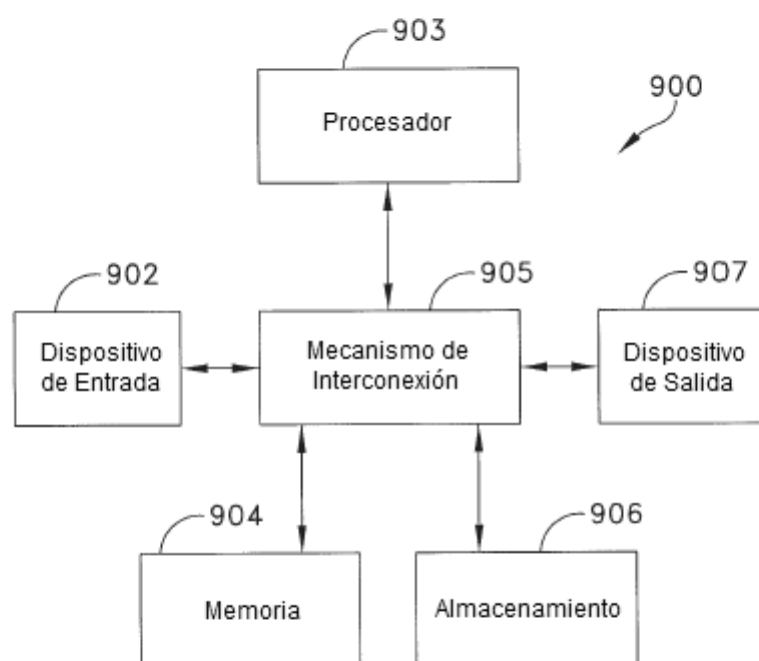


FIG. 17

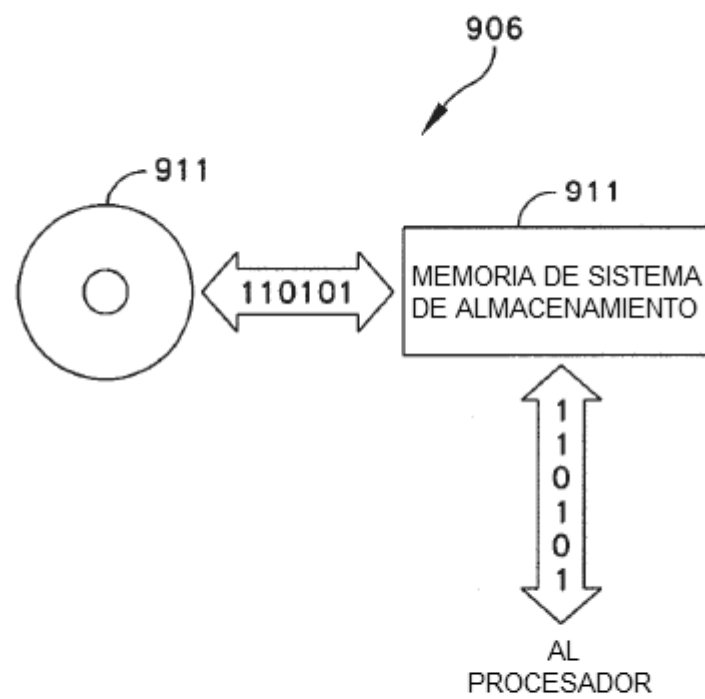


FIG. 18

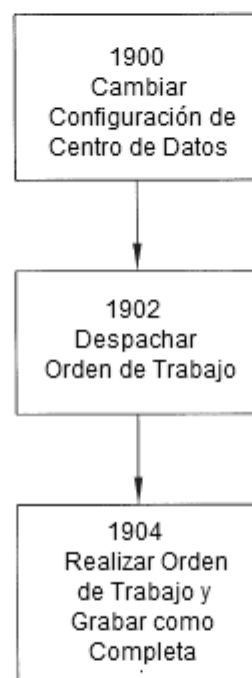
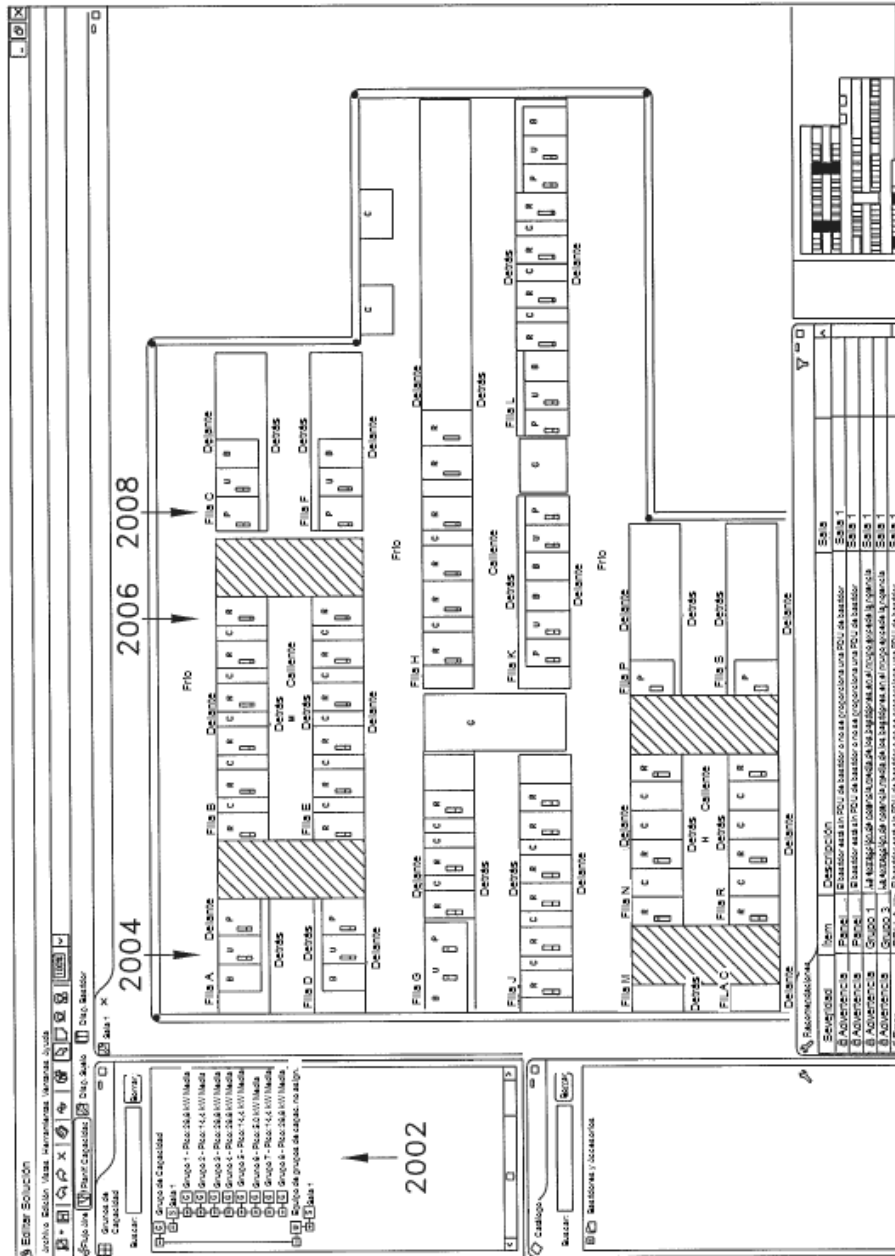


FIG. 19



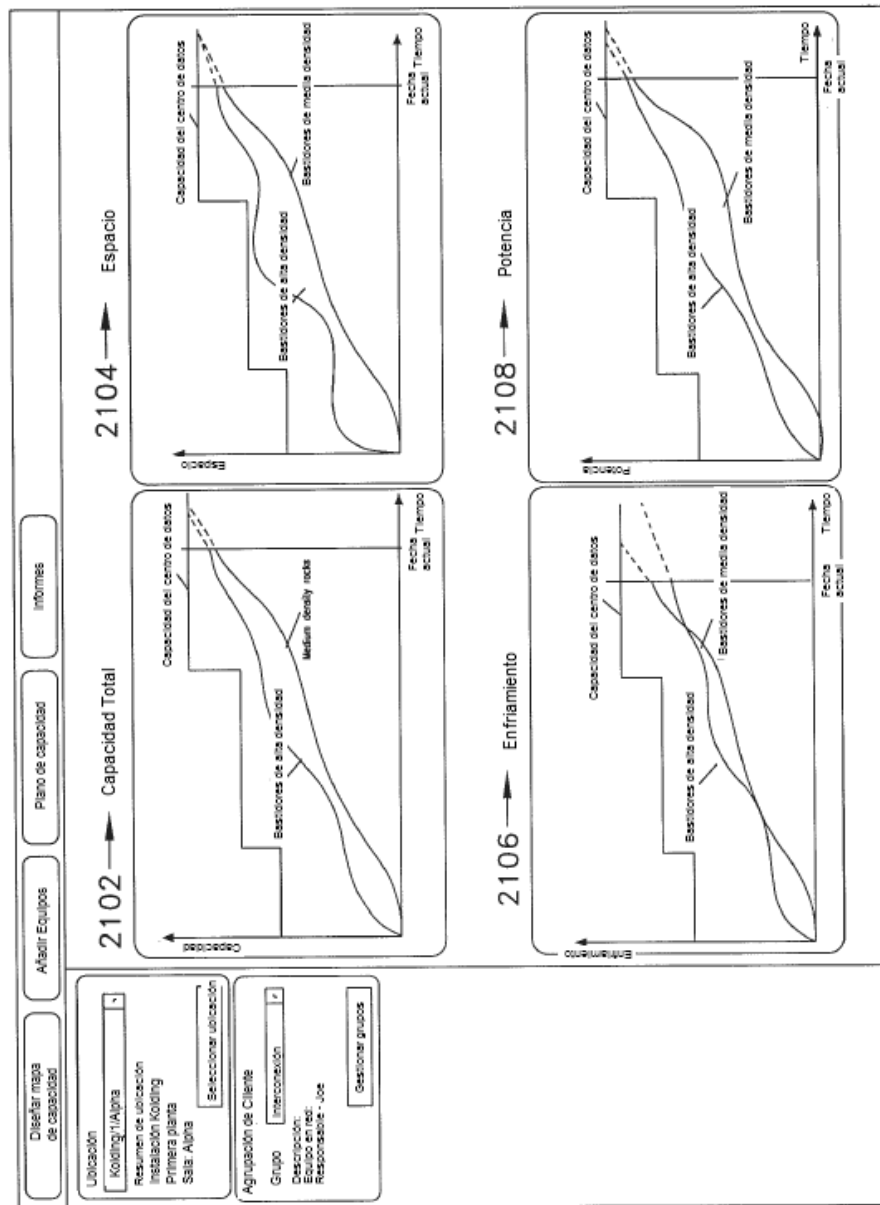


FIG. 21

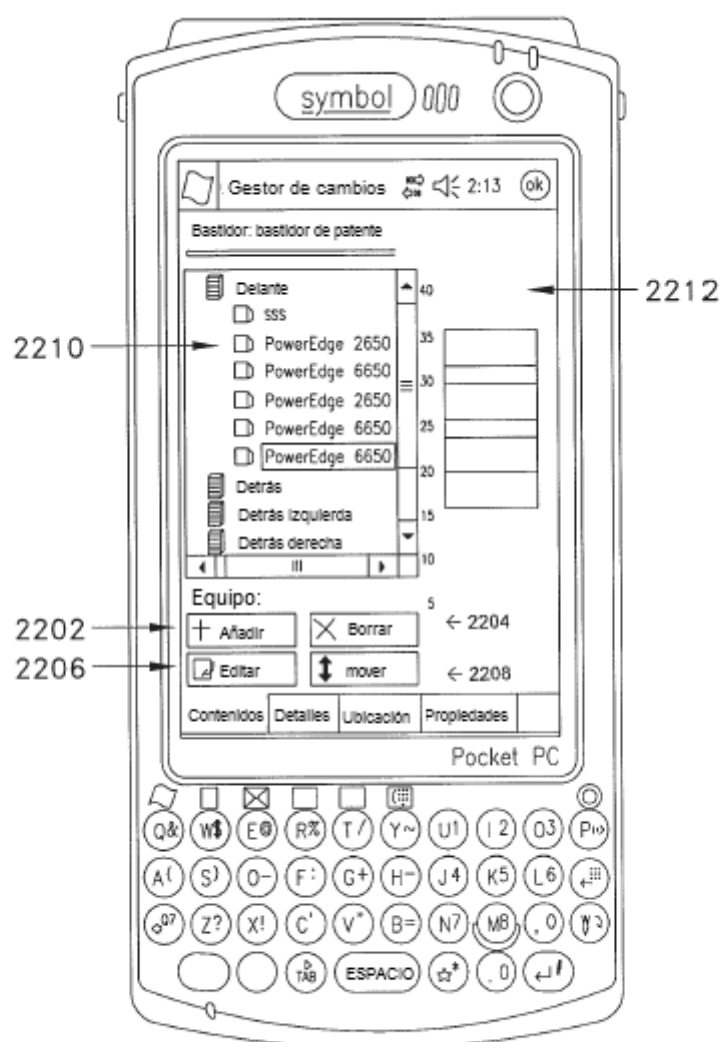


FIG. 22

2304

Informe 2302

2306

Efectos de Situación de Inmovilizado	Causas de Situación de Inmovilizado			Salidas de PDU de bastidor	Espacio de Suelo	Puertos de Panel de Parcheo	Capacidad de Soportar Peso	Total
	Potencia	Enfriamiento	Espacio en U de Bastidor					
Potencia	N/A	0%	10%	15%	0%	5%	0%	30%
Enfriamiento	20%	N/A	0%	5%	5%	0%	0%	30%
Espacio en U de Bastidor	0%	10%	N/A	10%	0%	0%	0%	20%
Salidas de PDU de bastidor	10%	5%	10%	N/A	0%	10%	0%	35%
Espacio de Suelo	10%	10%	10%	5%	N/A	5%	0%	40%
Puertos de Panel de Parcheo	5%	5%	10%	10%	0%	N/A	0%	30%
Capacidad de Soportar Peso	20%	20%	10%	0%	0%	0%	N/A	50%

2308

FIG. 23