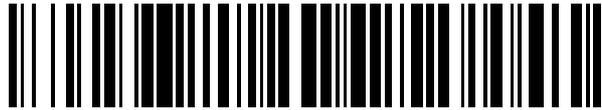


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 774**

51 Int. Cl.:

**G06F 1/20** (2006.01)

**H05K 7/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2013 PCT/US2013/075126**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2014 WO14109869**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2013 E 13870761 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2932349**

54 Título: **Sistema de refrigeración por inmersión de aparato**

30 Prioridad:

**14.12.2012 US 201261737200 P**  
**07.06.2013 US 201361832211 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.11.2017**

73 Titular/es:

**Midas Green Technology, LLC (100.0%)**  
**1905 E 6th Street, Suite 150**  
**Austin, TX 78702, US**

72 Inventor/es:

**BOYD, CHRISTOPHER, L.;**  
**KOEN, JAMES, P.;**  
**LAGUNA, DAVID, CHRISTOPHER;**  
**TURNER, THOMAS, R.;**  
**SWINDEN, KENNETH, D.;**  
**GARCIA, MARIO, CONTI y**  
**TRIBOU, JOHN, CHARLES**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

**ES 2 642 774 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema de refrigeración por inmersión de aparato

5 **[0001]** Esta solicitud está relacionada con las siguientes solicitudes provisionales de EE.UU.

1. Número de serie de EE.UU. 61/737.200, presentada el 14 de diciembre de 2012 (“Primera Principal Provisional”); y

10 2. Número de serie de EE.UU. 61/832.211, presentada el 7 de junio de 2013 (“Segunda Principal Provisional”), (conjuntamente, “Provisionales principales”).

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 1. Campo de la invención.

**[0002]** La presente invención se refiere en general a sistemas de refrigeración de aparatos eléctricos, y, en particular, a un sistema de refrigeración por inmersión de aparato mejorado y procedimiento de funcionamiento.

20 2. Descripción de la técnica relacionada

**[0003]** En general, en las descripciones que vienen a continuación, se pone en *cursiva* la primera aparición de cada término especial de la técnica con la que deberían estar familiarizados los expertos en la materia de los sistemas de *refrigeración por inmersión*. Además, cuando se introduce por primera vez un término que se cree que es nuevo o que se usará en un contexto que se cree que es nuevo, se pondrá en **negrita** el término y se proporcionará la definición que se pretende aplicar a ese término.

**[0004]** El documento US4.590.538, “Immersion Cooled High Density Electronic Assembly”, Cray (presentado el 18 de noviembre de 1982 y concedido el 20 de mayo de 1986) (“Cray”), es un primer ejemplo de un sistema de inmersión para refrigerar componentes electrónicos durante un funcionamiento normal. En base a la información y de acuerdo a nuestro leal saber y entender, la máquina descrita en el mismo era el superordenador Cray-2 (“Cray-2”) fabricado por Cray Research, Inc. (“Cray Research”), de Chippewa Falls, Wisconsin. Resulta de interés particular para la presente solicitud la descripción de las ventajas significativas que resultan de la utilización de un *fluido eléctricamente no conductor o dieléctrico* para extraer calor de los conjuntos de circuitos electrónicos durante el funcionamiento normal (véase, por ejemplo, col. 1, línea 66 – col. 2, línea 29).

**[0005]** On information and belief, Cray Research publicó, en 1985, un folleto publicitario titulado “The CRAY-2 Computer System” que describe el Cray-2. Resulta de particular interés en este folleto la descripción existente en el mismo de las ventajas significativas que resultan de la utilización de un fluido dieléctrico para extraer calor de conjuntos de circuitos electrónicos durante el funcionamiento normal (véanse las páginas 10 y 13).

**[0006]** El documento US5.167.511, “High Density Interconnect Apparatus”, Krajewski y col. (concedido el 27 de noviembre de 1992) (“Krajewski”), describe otro ejemplo de un sistema de inmersión para refrigerar componentes electrónicos durante el funcionamiento normal (véase, por ejemplo, col. 2, líneas 43-51). En base a la información y de acuerdo a nuestro leal saber y entender, una máquina que implementa el sistema de Krajewski también fue comercializada por Cray Research como un superordenador ulterior al Cray-2.

**[0007]** Un problema particular en los sistemas de tipo de apilamiento vertical descritos en la bibliografía anterior es la necesidad de drenar el fluido refrigerante siempre que se requería acceso físico a los módulos electrónicos. En general, tal operación, además de llevar mucho tiempo, requiere que se desconecte el sistema entero, especialmente si el componente que requiere atención es un elemento esencial en la arquitectura del sistema, tal como la unidad de procesamiento central (“CPU”). Una posible solución a este problema es sumergir los conjuntos de circuitos verticalmente dentro de un tanque que contiene el fluido refrigerante de modo que cada uno de los diversos conjuntos pueda extraerse independientemente del tanque para mantenimiento, sustitución, actualización, etc. Un ejemplo interesante de tal sistema se describe en una presentación web titulada “Puget Custom Computer’s mineral-oil-cooled PC”, por Nilay Patel (“Puget”) (publicada el 12 de mayo de 2007 a las 11:57 AM). Tal como indica el autor, la falta de un aparato suplementario en el sistema de Puget para extraer el calor residual del aceite limitaba inherentemente sus capacidades operativas.

**[0008]** Otro problema con los sistemas de Cray Research en particular es la naturaleza y el coste del fluido refrigerante elegido: líquidos de *fluorocarbono*. Como se sabe, otros fluidos dieléctricos, tales como *aceite mineral*, tienen mejores características de transferencia de calor; por supuesto, siendo un aceite, el uso del mismo representa un mayor problema de residuos en los módulos que pueden ser reparables. No obstante, el sistema de Puget  
5 implementaba precisamente esta elección de diseño.

**[0009]** La publicación de solicitud de patente de EE.UU. 2011/0132579, "Liquid Submerged, Horizontal Computer Appliance Rack and Systems and Method of Cooling such a Appliance Rack", Best, y *col.* ("Best"), describe un sistema de tanque de inmersión de aparato, incluye un aparato de soporte para extraer el calor residual  
10 del fluido refrigerante del tanque y disipar al entorno el calor así extraído. Aunque una mejora en varios sentidos respecto a la técnica anterior analizada anteriormente, este sistema presenta, entre otras cosas, los siguientes problemas: patrones de flujo generalmente no uniforme a través de varias ranuras de aparato dentro del tanque, que resultan potencialmente en refrigeración irregular a través de todos las ranuras; suministro de fluido dieléctrico restringido y puertos de retorno que resultan en velocidades de flujo de fluido innecesariamente elevadas en los  
15 puntos de conexión respectivos al tanque; escasa *escalabilidad*; y atención inadecuada al funcionamiento *tolerante al fallo*.

**[0010]** La publicación de solicitud de patente de EE.UU. 2006/0126292 describe un sistema electrónico que utiliza aire para refrigerar una primera y segunda agrupaciones orientadas ortogonalmente de placas de circuitos  
20 paralelas. Se introduce aire en la parte delantera del sistema, pasa junto a las placas de circuito de la primera agrupación, gira 90 grados, continúa sobre las placas de circuito de la segunda agrupación, y gira otros 90 grados para salir a través de la parte trasera del sistema.

**[0011]** Se sostiene que lo que se necesita es un sistema de inmersión en tanque de aparato mejorado y un  
25 procedimiento de funcionamiento. En particular, se sostiene que tal sistema debería proporcionar rendimiento comparable en general a las mejores técnicas de la técnica anterior pero de manera más eficiente y eficaz que las implementaciones conocidas de tales técnicas de la técnica anterior.

### BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

30

**[0012]** De acuerdo con una realización preferente de nuestra invención, se describe un módulo de tanque y un sistema de refrigeración por inmersión de aparato tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

### 35 BREVE DESCRIPCION DE LAS VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

**[0013]** Nuestra invención puede comprenderse más plenamente mediante una descripción de ciertas realizaciones preferentes de la invención conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

40 la Fig. 1 ilustra, en forma de sección parcial, una perspectiva frontal de un módulo de tanque de un sistema de refrigeración por inmersión de aparato construido de acuerdo con nuestra invención;

la Fig. 2 ilustra una perspectiva desde atrás del módulo de tanque mostrado en la Fig. 1;

45 la Fig. 3 ilustra una perspectiva en primer plano de un detalle A de la Fig 2;

la Fig. 4 ilustra una perspectiva en primer plano de un detalle B de la Fig. 2;

50 la Fig. 5 ilustra, en vista en perspectiva, varios detalles del tanque mostrado en la Fig. 1, con especial énfasis en el rebosadero de recuperación de fluido dieléctrico integrado en la pared posterior larga del tanque;

la Fig. 6 ilustra, en vista en sección transversal, la sección C-C de la Fig. 5;

55 la Fig. 7 ilustra, en vista en perspectiva, la instalación impelente mostrada en la Fig. 1;

la Fig. 8 ilustra, en vista en planta desde arriba, la porción de placa de orificios de la instalación impelente mostrada en la Fig. 7;

la Fig. 9 ilustra, en vista en perspectiva, la porción de cámara de la instalación impelente mostrada en la Fig. 7;

la Fig. 10 ilustra, en vista en planta desde arriba, una pluralidad de ranuras de aparato distribuidas verticalmente a lo largo, y extendiéndose transversales a, un eje largo del tanque de la Fig. 1;

5 la Fig. 11 ilustra, en vista en sección transversal longitudinal, la pluralidad de ranuras de aparato distribuidas verticalmente a lo largo, y extendiéndose transversales al eje largo del tanque de la Fig. 1;

la Fig. 12 ilustra, en forma esquemática de flujo, una implementación de una disposición de flujo para implementar nuestra invención; y

10

la Fig. 13 ilustra, en forma esquemática de control, una ejemplificación de una instalación de control de flujo adecuada para implementar nuestra invención.

15 **[0014]** En los dibujos, los elementos similares estarán numerados de manera similar siempre que sea posible. Sin embargo, esta práctica es simplemente por comodidad de referencia y para evitar la proliferación innecesaria de números, y su intención no es implicar o sugerir que nuestra invención requiere la identidad, ya sea de función o estructura, en las varias realizaciones.

## 20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

**[0015]** En la Fig. 1 (vista frontal) y la Fig. 2 (vista desde atrás) se muestra un módulo de tanque 10 adaptado para uso en un sistema de refrigeración por inmersión de aparato construido de acuerdo con una realización preferente de nuestra invención. Por comodidad de referencia, en la Fig. 1 se ha ilustrado la instalación de tanque 12 del módulo de inmersión 10 en sección parcial para poner de relieve varias instalaciones internas importantes; se ha mostrado la instalación de tanque 12 aislado en la Fig. 5: En general, la instalación de tanque 12 comprende: un tanque 14 adaptado para sumergir en un fluido dieléctrico una pluralidad de aparatos eléctricos 16, por ejemplo, *servidores* informáticos contemporáneos (véase, por ejemplo, la Fig. 11), cada uno en una ranura de aparato respectiva 18a distribuida verticalmente a lo largo, y extendiéndose transversal a un eje largo del tanque 14 (véase, en general, la Fig. 10); una instalación de bastidor de aparatos 20 de diseño convencional adaptada para suspender los aparatos 16 (véase, por ejemplo, la Fig. 11) en ranuras de aparato respectivas 18 (véase la Fig. 10); un rebosadero 22 (como mejor se ve es aislado en la Fig. 5 y la Fig. 6), integrado horizontalmente en una pared larga del tanque 14 adyacente a todos las ranuras de aparato 18, y adaptado para facilitar la recuperación sustancialmente uniforme del fluido dieléctrico que fluye a través de cada uno de las ranuras de aparato 18; una instalación de panel de interconexión 24 acoplada al borde posterior superior del tanque 14 y adaptada para montar diversos equipos de *distribución de fuerza*, paneles de interconexión de cables y similares (no se muestra ninguno); y una cubierta 26 adaptada para abrirse y cerrarse desde la parte delantera del tanque 14 (y que puede incluir una porción translúcida para permitir la visión del interior del tanque 14 cuando está en la posición cerrada). Además de la instalación de tanque 12, el módulo de inmersión 10 comprende: una instalación de circulación primaria 28 (de la cual se muestran porciones en la Fig. 1 y la Fig. 2); una instalación de circulación de fluido secundaria 30 (de la cual se muestran sólo los intercambiadores de calor redundantes 32a y 32b en la Fig. 2); y armarios de equipos de control 34a y 34b, cada una adaptada para alojar el equipo de estado y control del módulo asociado con una respectiva de las instalaciones de circulación primarias 28a y 28b (véase la Fig. 13).

45 **[0016]** Como puede apreciarse de la mejor manera en la Fig. 2, la instalación de circulación primaria 28 (que comprende subinstalaciones redundantes 28a y 28b) comprende componentes tanto pasivos (*conductos, acopladores, etc.*) como activos (*válvulas, bombas, sensores, etc.*); un subconjunto de los componentes pasivos son compartidos, mientras que, en general, los componentes activos están duplicados y adaptados para cooperar en funcionamiento como subinstalaciones separadas y redundantes. Excluyendo el tanque 14, el componente compartido primario es la instalación impelente 36 (véanse la Fig. 1 y la Fig. 7) que comprende una placa de orificios 36a (véase la Fig. 8) y una cámara impelente 36b (véase la Fig. 9). Como puede apreciarse en la Fig. 1, se bombea fluido dieléctrico refrigerado a ambos extremos de la instalación impelente 36 por un colector de distribución compartido 38 (véase la Fig. 2 y la Fig. 3). En general, la placa impelente 36a comprende al menos una fila de orificios alineados verticalmente con cada ranura de aparato 18a, con las dimensiones y los caudales de cada conjunto adaptados para proporcionar un flujo sustancialmente igual del fluido dieléctrico hacia arriba dentro de cada ranura de aparato 18a. Preferentemente, cada ranura de aparato 18a es alimentada por varias filas de orificios, tendiendo así en general a reducir el volumen del fluido dieléctrico que sale de cada orificio y a hacer el flujo de fluido dieléctrico más uniforme hacia arriba a través de las ranuras de aparato 18. Un componente compartido adicional es la instalación de recuperación de fluido dieléctrico 40 (Fig. 2) que comprende un depósito de

recuperación de fluido dieléctrico 42 (véanse la Fig. 3, la Fig. 4 y la Fig. 13) colocado verticalmente bajo el labio de rebose del rebosadero 22 y adaptado suavemente para recibir el fluido dieléctrico a medida que fluye sobre el rebosadero 22; el depósito de recuperación de fluido dieléctrico 42 está adaptado además para permitir que el fluido recuperado sea retirado del depósito 42 por aberturas de recuperación redundantes 44a y 44b (en la Fig. 2 sólo puede apreciarse la abertura 44a ya que la abertura 44b está oculto por el intercambiador de calor 32a; pero véase la Fig. 12). Como puede apreciarse tanto en la Fig. 3 como en la Fig. 4, se considera deseable proporcionar un dispositivo antirremolinos en la entrada de cada una de las aberturas de recuperación 44. También se proporciona una cubierta de depósito de recuperación desmontable 46 adaptada para cubrir también una porción significativa del colector de distribución 38; obsérvese que, tanto en la Fig. 2 como en la Fig. 3, se ha ilustrado la cubierta de depósito 46 en una orientación parcialmente levantada para representar mejor los detalles que, si no, estarían ocultos. Obsérvese que se ha construido el depósito 42 de modo que la altura media del fluido dieléctrico por encima de las aberturas de recuperación 44 desarrolla suficiente *columna hidrostática* para cumplir los requisitos de las bombas 48, en tanto que tendiendo también a minimizar la probabilidad de succión de rotura durante el funcionamiento normal.

15

**[0017]** En este punto en la instalación de circulación primaria 28, se proporcionan subinstalaciones totalmente redundantes 28a y 28b, que comprenden cada una una bomba de circulación primaria (48a y 48b) y componentes pasivos y activos asociados que, en conjunto, proporcionan la fuerza motriz para hacer circular el fluido dieléctrico a través de los componentes compartidos y el tanque 14. Como puede observarse en general, cada una de estas subinstalaciones 28a y 28b está adaptada para recuperar el fluido dieléctrico que sale del tanque 14 por el rebosadero 22, volver a presurizar el fluido recuperado, hacer pasar el fluido represurizado a través de uno respectivo de los intercambiadores de calor 32a y 32b, y después de vuelta a la instalación impelente 36 por el colector 38.

**[0018]** En la Fig. 12 se muestra una instalación de flujo adecuada para integrar nuestro módulo de tanque 10 en un sistema de refrigeración por inmersión de aparato totalmente redundante, que comprende la instalación de circulación primaria 28 y la instalación de circulación de fluido secundaria 30. En general, la instalación de circulación de fluido secundaria 30 comprende subinstalaciones de circulación secundarias redundantes 30a y 30b, cada una de las cuales está adaptada para hacer circular un fluido refrigerante, por ejemplo, agua tratada, a través del intercambiador de calor respectivo 32a y 32b para extraer calor del fluido dieléctrico que circula al revés a través del mismo y para disipar al entorno el calor así extraído. En la realización ilustrada, cada una de las subinstalaciones de fluido secundarias 30a y 30b comprende torres de refrigeración convencionales 50a (incluyendo la instalación de ventilador 52a) y 50b (incluyendo la instalación de ventilador 52b), y bombas de circulación secundarias 54a y 54b. Para facilitar un funcionamiento flexible en instalaciones que incluyen múltiples módulos de inmersión 10 en combinación con una pluralidad de subinstalaciones de circulación secundarias 30, puede implementarse una instalación de colector común tal como se ilustra en el circuito de circulación de fluido secundario, con válvulas de control de flujo situadas en puntos clave de control de flujo como se sabe.

**[0019]** En la Fig. 13 se muestra una instalación de control 56 adaptada para monitorizar y controlar el funcionamiento tanto del módulo de inmersión 10 (incluyendo todos los componentes activos de la instalación de circulación primaria 28) como la instalación de circulación de fluido secundaria 30. Como resultará evidente para los expertos en esta materia, un funcionamiento eficiente de nuestro módulo de inmersión 10 requiere continua monitorización y control de varios parámetros de funcionamiento esenciales, incluyendo temperaturas de fluido, presiones, conductividad y *pH* en varios puntos en los circuitos de circulación primario y secundario. Aunque las varias funciones sensoriales y de control pueden implementarse utilizando componentes de hardware dedicados tradicionales, se prefiere emplear al menos un *controlador lógico programable ("PLC")*, comercializado por cualquiera de varios vendedores reputados, por ejemplo, la marca *Allen-Bradley* de PLC de Rockwell Automation, Inc. En la ejemplificación ilustrada en la Fig. 3, se ha representado: un controlador primario 58a adaptado para monitorizar y controlar el funcionamiento de la subinstalación de circulación primaria 28a como una función de la temperatura del fluido dieléctrico en el tanque 14; un controlador secundario 60a adaptado para monitorizar y controlar el funcionamiento de la subinstalación de circulación de fluido secundaria 30a como una función de la temperatura del fluido dieléctrico que fluye a través del intercambiador de calor 32a; y un controlador maestro 62 adaptado para coordinar las actividades del controlador primario 58a y el controlador secundario 60a. Como puede apreciarse, se ha incorporado en la subinstalación de circulación primaria 28a: *sensores* de suministro y retorno, incluyendo una sonda de temperatura T, insertada en un *pozo termométrico* (no mostrado) instalado en el fondo del depósito 42 adyacente a una abertura de retorno respectiva 44a (obsérvese que, en la Fig. 4, sólo se ilustra uno de los agujeros que reciben los pozos termométricos, pero en la Fig. 12 se ilustra los dos agujeros); un par de instalaciones de detección, S, que pueden detectar la temperatura, la presión y la conductividad, según se considere deseable); y *válvulas de control de flujo de retorno* (y, si se desea, de suministro) y controles para la bomba de circulación

55

primaria 48a; por supuesto, existe un conjunto redundante de estos componentes para la subinstalación de circulación primaria 28b. En general, el objetivo es mantener la temperatura del fluido dieléctrico en el depósito 14 entre una temperatura mínima predeterminada y una temperatura máxima predeterminada.

5 **[0020]** Como se indicó anteriormente, se proporcionan armarios de equipos de control separadas 34a y 34b, cada una adaptada para alojar los varios componentes que comprenden uno respectivo de los controladores primarios 58a y 58b. Por comodidad de acceso, se prefiere ubicar en la misma posición con cada una de las torres de refrigeración 50 una carcasa protectora (no mostrada) para el controlador secundario respectivo 60. Por supuesto, la instalación de control 56 puede ejemplificarse como una sola instalación de PLC de módulos múltiples,  
10 con combinaciones similares o distintas de dispositivos de monitorización según se considere lo más apropiado para una instalación particular. Alternativamente, una o más, o quizá todas las funciones realizadas por los controladores 58, 60 y 62 pueden implementarse en forma de *software de aplicación específica* dedicado que se ejecuta en una plataforma informática convencional que tiene los recursos apropiados; en efecto, sería completamente factible implementar la instalación de control entera 56 en un servidor 16 instalado en un tanque 14.

15 **[0021]** Una mejora deseable que se recomienda es una instalación de control remoto, implementada, por ejemplo, mediante un controlador maestro 62 (o por medio de una *interfaz directa* por controlador), adaptado para facilitar la monitorización remota del estado del sistema (por ejemplo, temperaturas, presiones, etc.) y el control sobre parámetros de control del sistema (por ejemplo, límites de temperatura y presión, etc.) a los controladores primarios 58 y los controladores secundarios 60. Por ejemplo, utilizando un módulo de hardware de comunicación de datos convencional 64, por ejemplo, una tarjeta *ethernet* que implementa el protocolo TCP/IP, un *navegador web* moderno puede adaptarse para proporcionar una *interfaz gráfica de usuario* ("GUI") con funcionalidad suficiente para facilitar la monitorización y el control de una instalación entera desde una ubicación remota. Tal GUI puede implementarse usando cualquiera de varios paradigmas de programación, por ejemplo, *PHP*, *.NET* y similares.

20 **[0022]** El control operacional de sistemas de flujo redundantes de flujo continuo es bien conocido en general. Preferiblemente, cada una de las varias subinstalaciones redundantes se activan de manera rutinaria para garantizar la funcionalidad actual, y para permitir que se realice el mantenimiento de la subinstalación inactiva según un programa establecido. Se cree que esta rotación continua de recursos del sistema es tan importante que se recomienda conmutar las subinstalaciones al menos una vez, y preferentemente varias veces al día; aunque esto es posible de implementar manualmente, se prefiere permitir que el controlador maestro 62 controle la secuencia de las varias operaciones de conmutación. Un aspecto adicional de esta sofisticación de control es la posibilidad de realizar *pruebas de estrés* de los varios subsistemas bajo condiciones controladas para garantizar una respuesta apropiada a emergencias en tiempo real.

35 **[0023]** En nuestra Primera Principal Provisional, se describe una realización alternativa que comprende una instalación de tanque de inmersión de aparato en la que la función de la instalación impelente 36 se realiza mediante una instalación distribuidora que comprende una disposición de escalera de barras rociadoras tubulares, cada una de las cuales suministra fluido dieléctrico a una ranura de aparato respectiva. Como se observa, una ventaja particular de esta disposición es que las barras rociadoras individuales pueden apagarse si la ranura de aparato respectiva no está ocupada y, de este modo, ahorrar energía. Para aumentar más la eficiencia energética, se han proporcionado barreras de flujo verticales optativas adaptadas para separar el tanque en una porción activa, que tiene aparatos activos, y una porción paralizada, que no tiene aparatos activos. Una mejora adicional que se describe es la provisión de sensores de temperatura por ranura de aparato, de modo que el caudal a través de cada  
40 barra rociadora pueda variarse dinámicamente como una función de la temperatura del fluido dieléctrico que sale de la ranura respectiva. Otras configuraciones operativas serán percibidas fácilmente por los expertos en la materia.

**[0024]** De manera análoga a la realización descrita en nuestra Primera Principal Provisional, resultaría ventajoso, desde un punto de vista energético, proporcionar una pluralidad de placas de barrera de flujo  
50 (mostradas a título de ejemplo sólo en la Fig. 11), cada una adaptada para acoplarse a la parte superior de la instalación impelente 36 para bloquear sustancialmente el flujo del fluido dieléctrico a través de la fila (o las filas) de orificios en la placa impelente 36a que corresponde a al menos una respectiva de las ranuras de aparato 18a; una capa elastomérica (no mostrada) podría estar provista en la superficie de interfaz de la placa (o las placas) 66 para mejorar el efecto de sellado. Tal disposición permitiría que el flujo total a través de la instalación impelente 36 se ajustara, in situ, como una función del número real de aparatos activos 16 en el tanque 14. Además, esta disposición  
55 puede incorporar una placa deflectora vertical 68 (véase la Fig. 11) adaptada sustancialmente para dividir el tanque 14 en una porción activa 14a que contiene los aparatos activos 16 y una porción inactiva 14b que no contiene aparatos (o al menos ningún aparato activo 16); preferentemente, la placa deflectora 68 está adaptada para montarse en la instalación de bastidor de aparatos 28 de manera similar a un aparato real 16 (la placa deflectora 68

no necesita bloquear totalmente el flujo de fluido dieléctrico entre la porción activa 14a y la porción inactiva 14b, sino sólo impedir significativamente el flujo entre estas porciones). Obsérvese que, en el escenario de ejemplo ilustrado en la Fig. 11, se ha mostrado una posible disposición de un total de 8 aparatos activos 16 distribuidos por 16 ranuras de aparato 18a para difundir la carga térmica total por las ranuras vacías adyacentes 18a. Una disposición tan  
 5 óptima sólo es posible si menos que una mayoría de las ranuras de aparato disponibles 18a están ocupadas por un aparato activo 16. Claramente, tales instalaciones contiguas opcionales aumentan la flexibilidad de funcionamiento, adaptando el ajuste dinámico de los caudales en las subinstalaciones de circulación primarias 28a y 28b bajo cargas térmicas variables, en tanto que proporcionando oportunidades de conservar energía que de otro modo podría gastarse desplazando el fluido dieléctrico a través de la porción inactiva 14b del tanque 14. Otras configuraciones  
 10 operativas se percibirán fácilmente por parte de los expertos en la materia.

**[0025]** En nuestra Segunda Principal Provisional, se ha descrito otra realización que comprende una ejemplificación más convencional, menos modularizada con instalaciones de flujo y control apropiadas. En esta realización, se escoge implementar agrupaciones de tanques, que comprenden, por ejemplo, 4 instalaciones de  
 15 tanques de inmersión de aparatos, sustancialmente con todos los demás equipos construidos a partir de componentes independientes disponibles comercialmente. Tal disposición ofrece mayores oportunidades de seleccionar e instalar componentes mejorados, o añadir ampliaciones a la instalación, según se considere deseable después de la instalación inicial. Otras configuraciones operativas se percibirán fácilmente por parte de los expertos en la materia.

**[0026]** Como se indicó anteriormente con referencia a la realización ilustrada en la Fig. 12, la instalación de colector de flujo secundario está bien adaptada para permitir que cualquier subinstalación de circulación secundaria 30 se conecte a cualquier intercambiador de calor activo 32. Tal instalación proporciona mayor flexibilidad al ocuparse de condiciones inusuales del sistema, especialmente en instalaciones en las que las subinstalaciones de  
 25 circulación secundarias 30a y 30b están dimensionadas cada una para sostener una agrupación de módulos de tanque 10. Imaginemos, por ejemplo, que, mientras se está realizando el mantenimiento de una de las instalaciones de circulación secundarias 30, digamos la subinstalación 30a, las actividades del conjunto de aparatos 16 de un tanque 14 de la agrupación son más elevadas de lo normal, con el resultado de una subida de temperatura en ese tanque 14 por encima del máximo deseado. En respuesta, el controlador maestro 62 puede ordenar a los  
 30 Controladores Primarios 58a y 58b asignados al tanque 14 que accionen a las dos subinstalaciones de circulación primarias 28a y 28b simultáneamente, es decir, en paralelo. Utilizando la instalación de colector de flujo secundario, el calor que se extrae por los dos intercambiadores de calor 32a y 32b puede disiparse utilizando los recursos de la única subestación de circulación secundaria en línea 30b. Así, una ventaja clara de esta realización alternativa es la capacidad de realizar dinámicamente *equilibrado de carga* a través de todos los recursos del sistema. Otras  
 35 configuraciones operativas para soportar equilibrado de carga del subsistema se percibirán fácilmente por parte de los expertos en la materia.

**[0027]** Preferentemente, uno o más filtros (no mostrados) están incluidos en el recorrido de flujo a través de cada una de las subinstalaciones de circulación primarias 28a y 28b para eliminar cualquier partícula u otra materia  
 40 extraña no deseable que pueda haber sido recogida por el fluido dieléctrico en su paso a través de toda la instalación de circulación primaria 28; también pueden estar provistos sensores químicos para detectar la presencia de sustancias químicas inesperadas que puedan indicar un fallo de los subcomponentes dentro de uno de los aparatos 16. Componentes similares, tales como sensores de pH, también pueden estar incluidos en la instalación de circulación de fluido secundaria 30.

**[0028]** Como puede apreciarse en general en la Fig. 1, se proporciona un par de sensores de nivel bajo de fluido dieléctrico 70a y 70b adaptados para disparar una señal de alarma en caso de que, por la razón que sea, el nivel del fluido dieléctrico en el tanque 14 caiga por debajo de un nivel mínimo predeterminado. Además, el controlador primario receptivo 58 puede iniciar otras acciones para ocuparse del problema detectado, incluyendo  
 50 activar alarmas sonoras, transmitir señales de alerta electrónicas y similares.

**[0029]** Para solucionar un problema recíproco, concretamente un escape procedente de una porción externa del circuito de circulación primario 28 que tiene como resultado que se produce *contrasifonaje* del fluido dieléctrico del tanque 14 a través de la instalación impelente 36, se recomienda incorporar un *anulador de sifón* 72 (véase la  
 55 Fig. 1) en la tubería de suministro en una ubicación predeterminada bien por encima de la instalación impelente 36 pero algo por debajo del nivel del rebosadero 24. Tal anulador de sifón puede ser tan simple como un agujero de diámetro relativamente pequeño 72 taladrado a través de la tubería de suministro en la ubicación seleccionada; debido a la viscosidad relativamente elevada del fluido dieléctrico, incluso cuando se calienta, cualquier escape resultante durante el funcionamiento normal será relativamente insignificante. Otras respuestas operativas para

ocuparse de estas y otras condiciones de fluido inusuales se percibirán claramente por parte de los expertos en la materia.

**[0030]** Como se sabe, (véase, por ejemplo, Best), muchos aparatos eléctricos/electrónicos convencionales disponibles comercialmente incluyen componentes que no funcionarán correctamente si se sumergen en un fluido dieléctrico, especialmente uno tan viscoso como el aceite mineral: los ventiladores de refrigeración y las unidades de disco rotativo de medios. En general, todos los ventiladores de refrigeración son innecesarios en un sistema de refrigeración por inmersión y simplemente pueden sacarse. Las unidades de medios, sin embargo, habitualmente son necesarias para el funcionamiento normal del aparato. Una opción es sacar cada unidad, sellar totalmente la unidad contra la entrada de fluido, y reinstalar la unidad ahora sellada (también se dispone de unidades preselladas). Otra opción es sacar la unidad y montarla en la instalación de panel de interconexión 24; típicamente, será necesario cableado especial para volver a acoplar la unidad al zócalo de aparato interno. Otra opción más es sustituir la unidad de medios rotatoria con una *unidad de estado sólido* que no tiene componentes móviles. Otras configuraciones operativas se percibirán fácilmente por parte de los expertos en la materia.

**[0031]** Se reconocerá que, en todas las realizaciones descritas en este documento, se puso énfasis en minimizar el volumen total del fluido dieléctrico que circula a través de cada módulo de inmersión 10. Se sostiene que el concepto clave aquí es mover el fluido secundario al punto de intercambio de calor con el fluido primario, en lugar de mover el fluido primario al punto de intercambio de calor con el fluido secundario. Así, en nuestra realización preferente de la invención, todos los componentes esenciales de la instalación de circulación primaria 28 están ubicados estrechamente en la misma posición con el tanque 14 para formar un módulo altamente integrado. Además, nuestra colocación del depósito 42 fuera del (pero inmediatamente adyacente al) tanque 14 tiende a reducir el volumen total del fluido dieléctrico (en contraposición a la disposición alternativa que se propuso en nuestra Primera Provisional, en la que una cubeta de recuperación estaba dispuesta dentro del tanque 14); entonces, se colocaron los componentes que comprenden las subinstalaciones de circulación primarias 28 para que estuvieran verticalmente bajo la *superficie ocupada* del depósito 42. Además de conservar espacio de suelo valioso en una instalación de *centro de datos* típica, la configuración modular resultante facilita tanta una fácil instalación inicial como la actualización subsiguiente para satisfacer de manera eficiente las crecientes cargas de trabajo de los centros de datos. En efecto, nuestra invención aumenta en gran medida la *escalabilidad* del sistema, un asunto clave para los operadores de centros de datos. Por último, nuestra redundancia en todo el sistema garantiza sustancialmente un funcionamiento tolerante a fallos durante periodos de condiciones medioambientales inusuales, inestabilidad de infraestructuras o inquietud política.

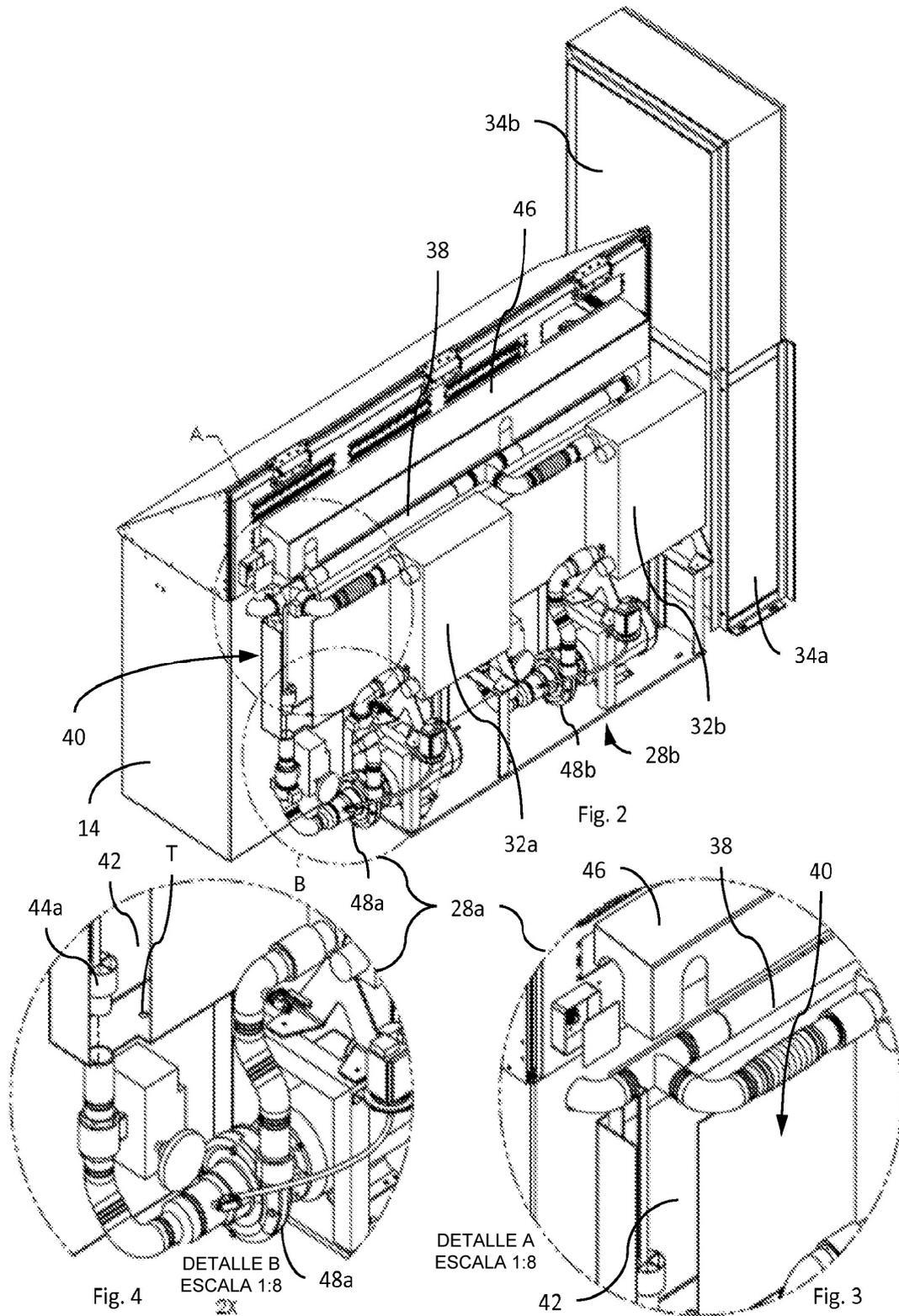
**[0032]** Aunque se ha descrito nuestra invención en el contexto de realizaciones particulares, un experto en esta materia se dará cuenta fácilmente de que pueden realizarse muchas modificaciones en tales realizaciones para adaptar cualquiera a implementaciones específicas. A título de ejemplo, no costará más que poco esfuerzo adaptar nuestra invención para uso con aparatos electrónicos distintos de servidores contemporáneos; y ajustar las dimensiones de las ranuras de alojamiento de aparatos en consecuencia. Igualmente, los profesionales de la materia reconocerán fácilmente que pueden emplearse eficazmente otras instalaciones de circulación secundarias conocidas, incluyendo aire forzado, sistemas de *compresión de vapor*, *circuitos de sumidero de agua terrestre*, *sistemas de recuperación y reciclaje de calor residual*, y similares (véanse, por ejemplo, las varias alternativas analizadas en Best). Además, los varios elementos descritos anteriormente pueden implementarse utilizando cualquiera de las diversas metodologías de fabricación conocidas, y, en general, adaptarse para que sean utilizables bajo cualquier control de hardware o software o alguna combinación de los mismos, como se sabe en esta técnica.

**[0033]** Así, resulta evidente que se ha proporcionado un sistema y procedimiento mejorado de funcionamiento para refrigeración por inmersión de aparatos y similares. En particular, se sostiene que tal procedimiento y aparato proporciona un rendimiento comparable en general a las mejores técnicas de la técnica anterior pero de manera más eficiente y eficaz que las implementaciones conocidas de tales técnicas de la técnica anterior.

**REIVINDICACIONES**

1. Un módulo de tanque (10) adaptado para uso en un sistema de refrigeración por inmersión de aparato, comprendiendo el módulo de tanque:
- 5 un tanque (12) adaptado para sumergir en un fluido dieléctrico una pluralidad de aparatos eléctricos (16), cada uno en una ranura de aparato respectiva (18) distribuida verticalmente a lo largo, y extendiéndose transversal a, una pared larga del tanque (10), comprendiendo el tanque (10):
- 10 un rebosadero (22) integrado horizontalmente en la pared larga del tanque (10) adyacente a todas las ranuras de aparato (18), adaptado para facilitar la recuperación sustancialmente uniforme del fluido dieléctrico que fluye a través de cada ranura de aparato (18);
- una instalación de circulación primaria (28) adaptada para hacer circular el fluido dieléctrico a través del tanque (10),
- 15 que comprende:
- un impelente (36), colocado adyacente al fondo del tanque (10), adaptado para distribuir el fluido dieléctrico de manera sustancialmente uniforme hacia arriba a través de cada ranura de aparato (18); y
- 20 una instalación de control (58) adaptada para controlar el funcionamiento de la instalación de circulación de fluido primaria (28) como una función de la temperatura del fluido dieléctrico en el tanque (10).
2. El módulo de tanque de la reivindicación 1, en el que el módulo de tanque comprende además:
- 25 una instalación de panel de interconexión (24) adaptada para montar un equipo de soporte de aparato.
3. El módulo de tanque de la reivindicación 1, en el que la instalación de circulación primaria comprende además:
- 30 al menos primeras y segundas subinstalaciones de circulación primarias (28a, 28b), cada una adaptada para funcionar independientemente para hacer circular el fluido dieléctrico a través del tanque;
- en el que la instalación de control está adaptada además para coordinar el funcionamiento de la primera y segunda subinstalaciones de circulación primarias para mantener la temperatura del fluido dieléctrico en el tanque
- 35 sustancialmente entre una temperatura mínima predeterminada y una temperatura máxima predeterminada.
4. El módulo de la reivindicación 1, en el que la instalación de control comprende además una instalación de comunicación (62, 64) adaptada para facilitar la monitorización y control de la instalación de control desde una ubicación remota.
- 40
5. Un sistema de refrigeración por inmersión de aparato que comprende un módulo de tanque según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
6. Un sistema de refrigeración por inmersión de aparato según la reivindicación 5, que comprende
- 45 además:
- una instalación de circulación de fluido secundaria adaptada para extraer calor del fluido dieléctrico que circula en la instalación de circulación primaria, y para disipar al entorno el calor así extraído.





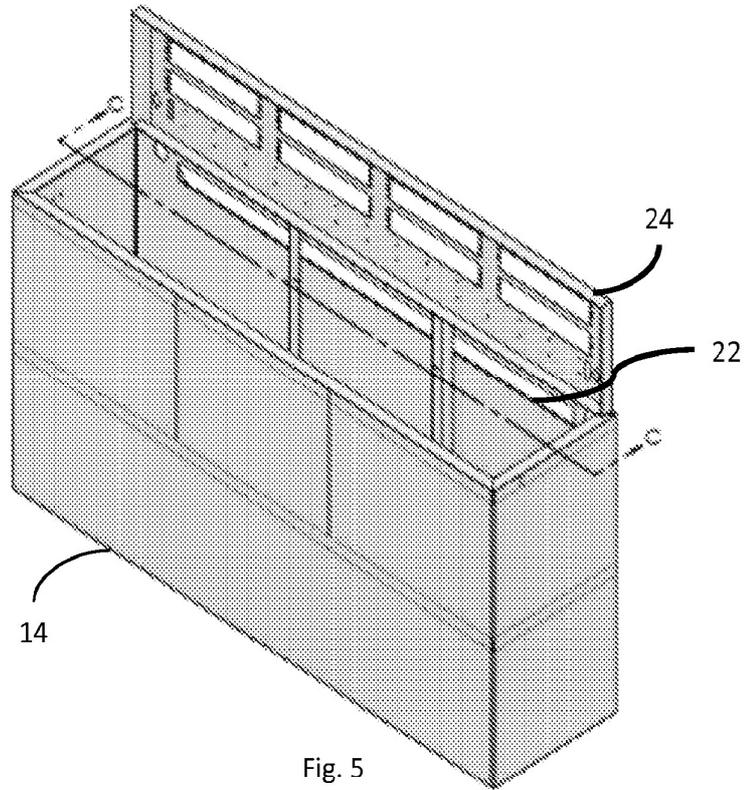
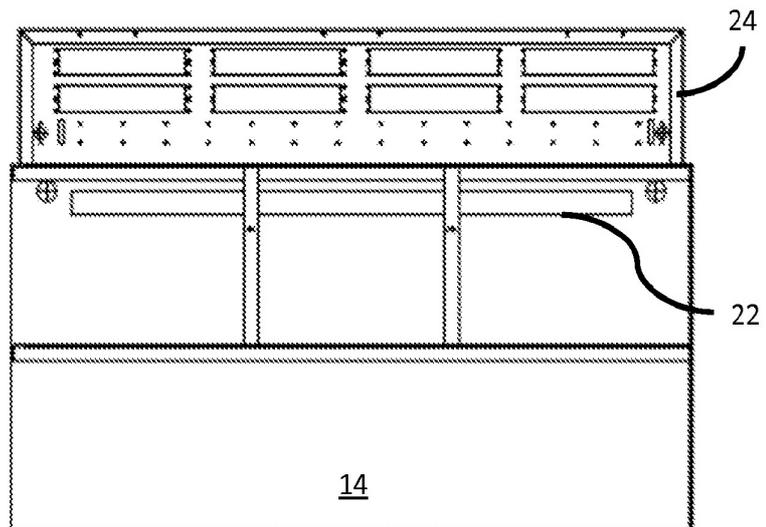


Fig. 5



Sección C-C

Fig. 6

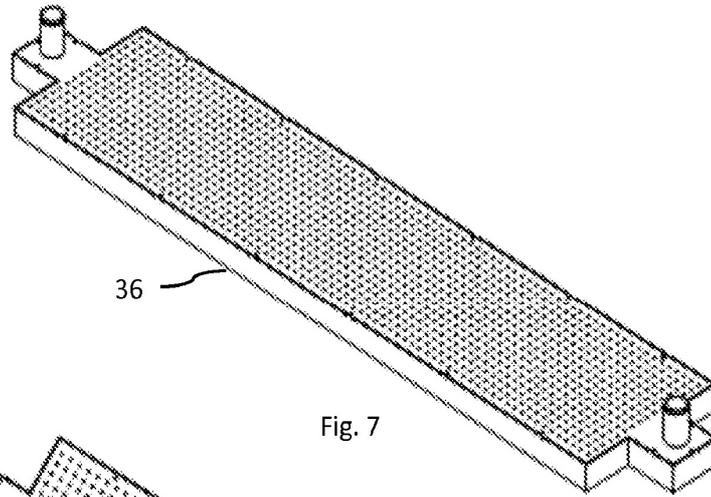


Fig. 7

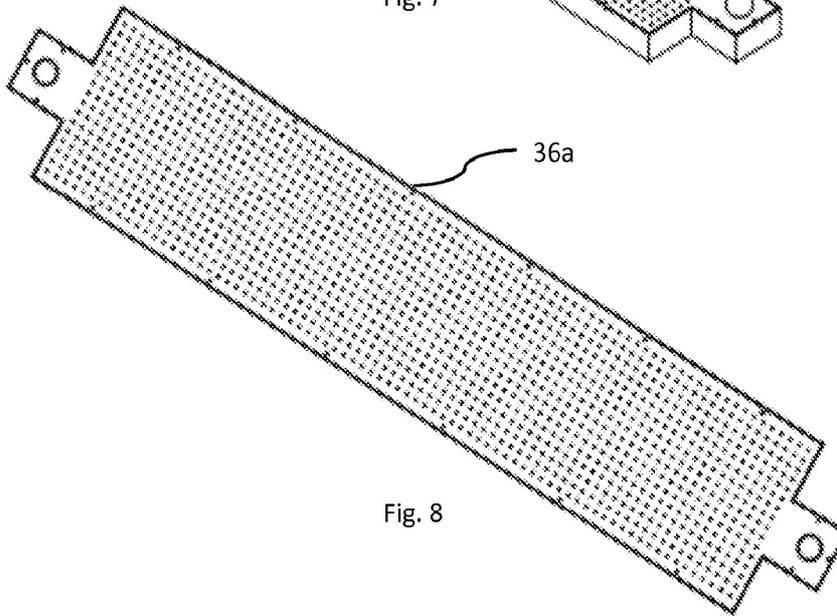


Fig. 8

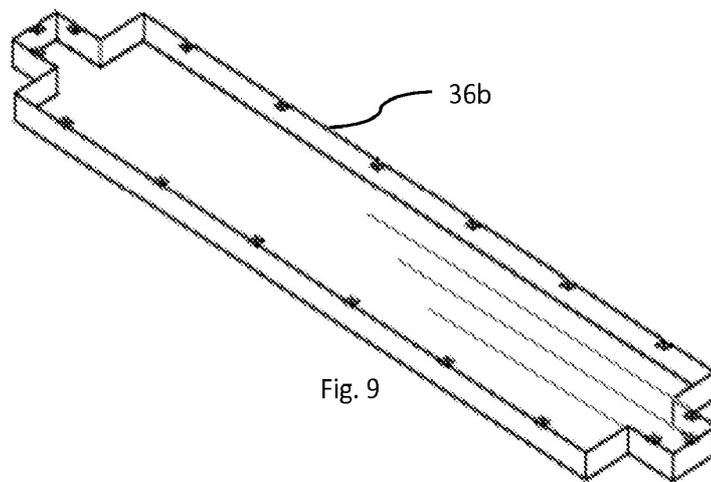
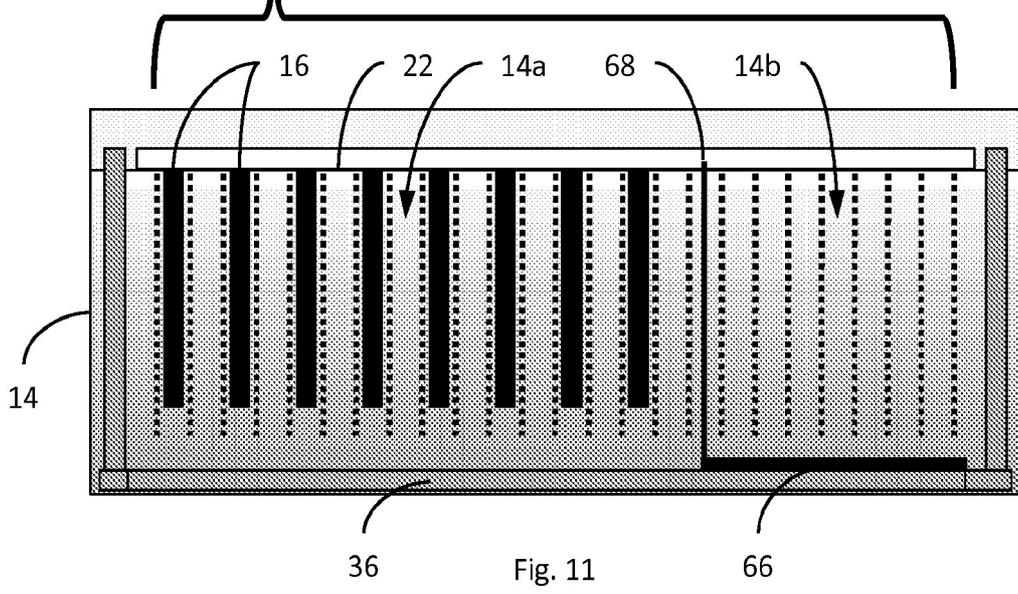
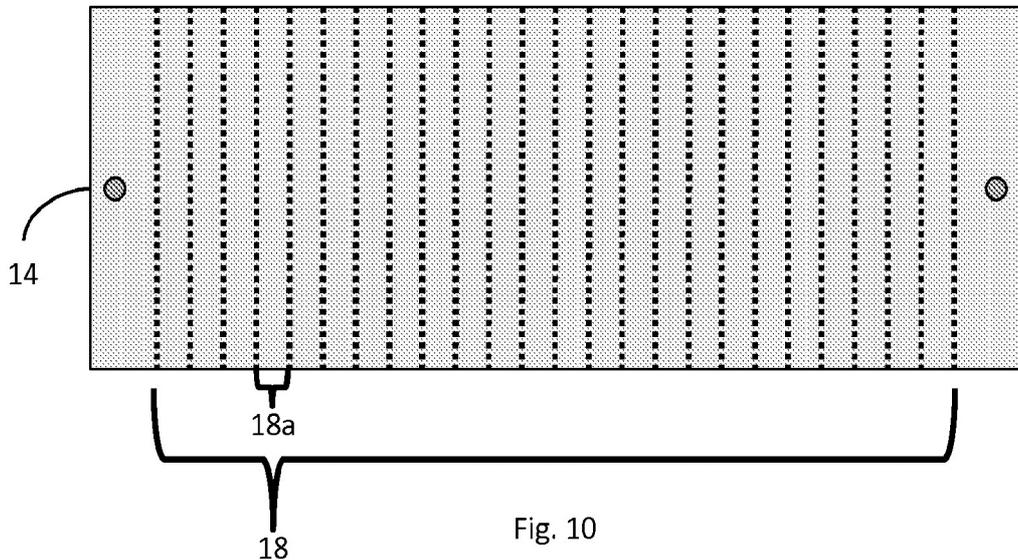


Fig. 9



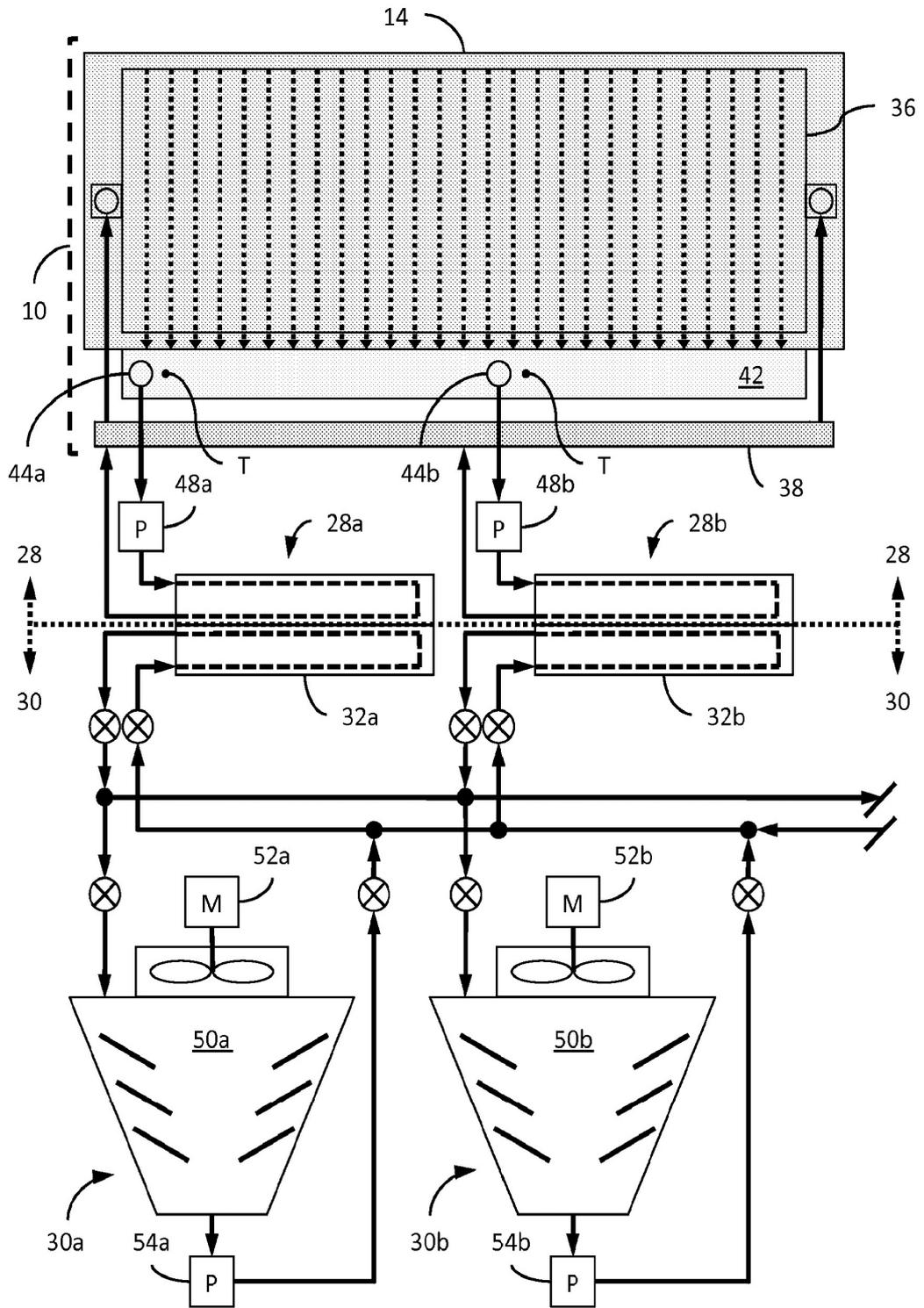


Fig. 12

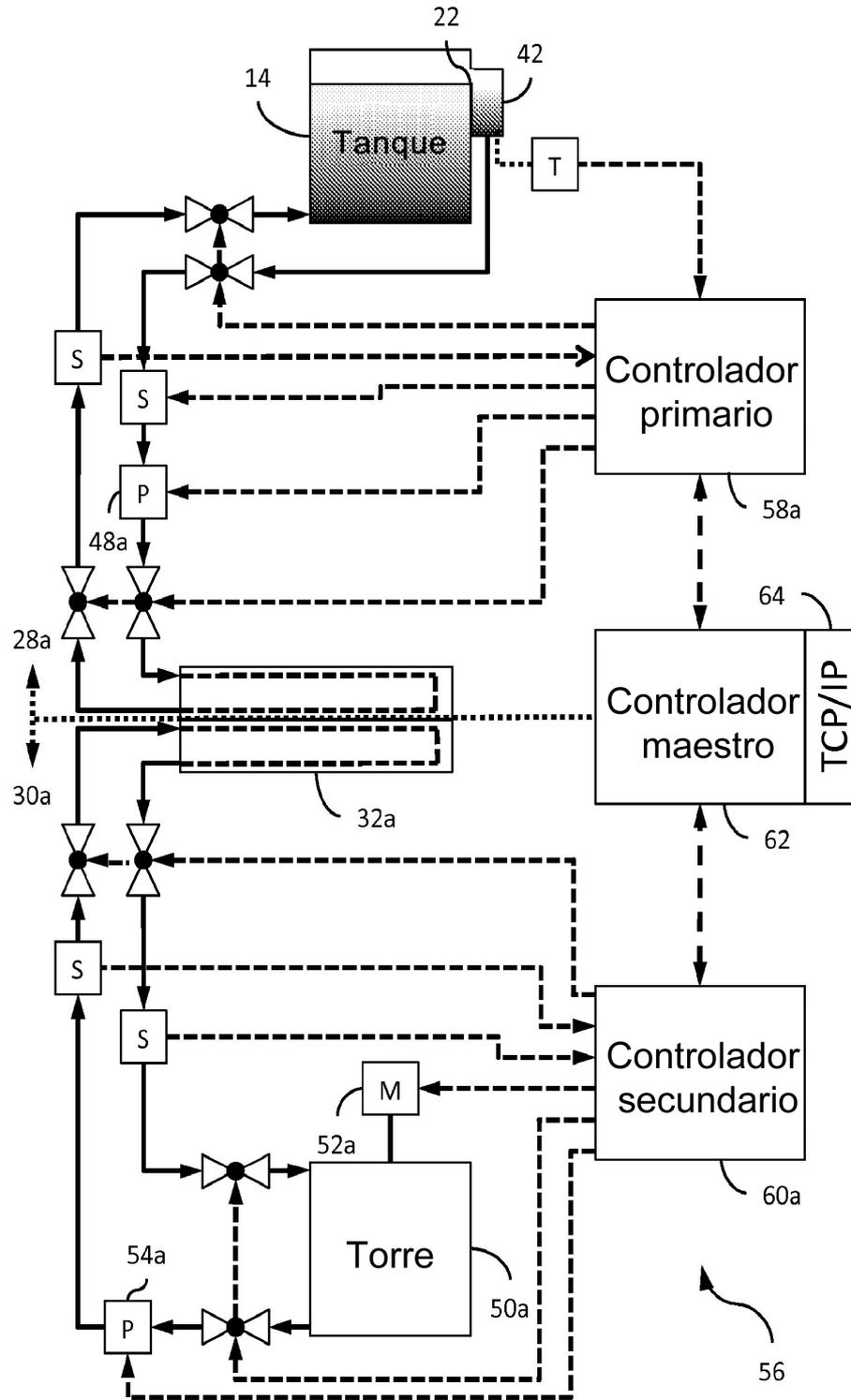


Fig. 13