



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **3 016 808**

⑮ Int. Cl.:

F28D 20/02 (2006.01)
F01M 5/00 (2006.01)
F28F 13/00 (2006.01)
F28F 27/02 (2006.01)
G06F 1/00 (2006.01)
H05K 7/20 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- ⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2019 PCT/GB2019/052028**
⑦ Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2020 WO20016598**
⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2019 E 19745238 (6)**
⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 3824239**

⑮ Título: **Sistema de gestión térmica**

⑩ Prioridad:

20.07.2018 GB 201811860

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.05.2025

⑮ Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.00%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB**

⑮ Inventor/es:

HOLLAND, GRAHAM ANDREW

⑮ Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 016 808 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 gestión térmica

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de gestión térmica mejorado para una fuente de calor, tal como un dispositivo electrónico de alta potencia.

10 **Antecedentes**

Los dispositivos electrónicos producen un exceso de calor durante el uso y requieren una gestión térmica para mantener sus niveles óptimos de temperatura operativa. El funcionamiento de tal dispositivo a temperaturas superiores (o inferiores) al intervalo de temperatura óptimo afectará negativamente a la fiabilidad, la vida útil operativa y/o la eficiencia del dispositivo. Por lo tanto, los sistemas de gestión térmica funcionan para mantener la temperatura operativa óptima del dispositivo para maximizar la fiabilidad, la vida útil operativa y/o la eficiencia.

20 Los sistemas de gestión térmica están diseñados para regular y/o controlar la temperatura de los dispositivos operativos. Un componente ilustrativo es un intercambiador de calor, que está diseñado para transferir calor lejos de una fuente de calor, p. ej., de un dispositivo electrónico operativo. La energía térmica se puede extraer directamente del dispositivo mediante un intercambiador de calor o mediante el uso de un refrigerante fluido para transferir energía térmica del dispositivo al intercambiador de calor. Típicamente, los refrigerantes tienen una alta capacidad térmica y, por lo tanto, pueden contener grandes cantidades de energía térmica. Un ejemplo de un intercambiador de calor se encuentra en un motor de combustión interna en el que el refrigerante del motor fluye a través de la fuente de calor (el propio motor). El refrigerante transfiere el calor del motor, calentándolo a medida que lo hace y, posteriormente, enfriando el motor. El refrigerante calentado pasa a través de las bobinas del radiador, y a medida que el aire pasa por las bobinas, la energía térmica se transfiere del refrigerante, enfriándolo, al aire entrante. La energía térmica es llevada lejos por el aire caliente.

25 30 La presente invención busca proporcionar un sistema de gestión térmica mejorado para una carga térmica, es decir, una fuente de calor, tal como un dispositivo electrónico. Un sistema de gestión térmica de este tipo que comprende las características del preámbulo de la reivindicación 1 se conoce a partir del documento US-2017/127563.

Resumen

35 Según un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de gestión térmica, para una fuente de calor, que comprende un fluido refrigerante, una bomba, un intercambiador de calor; y una unidad de control de temperatura (TCU - *Temperature Control Unit*), tal como se expone en la reivindicación 1.

40 La TCU está adaptada para calentar el refrigerante fluido a una temperatura predeterminada. Esto garantiza que el refrigerante fluido pueda absorber el calor de una fuente de calor del modo más eficiente y transferirlo, por lo tanto, enfriar la fuente de calor a la temperatura de funcionamiento óptima.

45 En un ejemplo, la TCU comprende un termómetro, una fuente de calor de la TCU y un controlador. El controlador activa la fuente de calor de la TCU y calienta el refrigerante fluido a una temperatura predeterminada si la temperatura del refrigerante, medida por el termómetro, está por debajo de un umbral predeterminado. Por lo tanto, si el refrigerante fluido está demasiado frío, es decir, por debajo de su temperatura óptima, la TCU lo calienta antes de que vuelva a pasar por la fuente de calor.

50 55 Según la invención, el refrigerante fluido comprende un fluido portador y partículas encapsuladas de material de cambio de fase (PCM - *Phase Change Material*) suspendidas en el fluido portador. Esto mejora la eficiencia del refrigerante para transferir energía lejos de la fuente de calor. Preferiblemente, la temperatura predeterminada a la que la TCU está adaptada a calentar el fluido refrigerante está por debajo del punto de fusión del PCM.

60 65 En otro ejemplo, el intercambiador de calor comprende partículas de PCM encapsuladas suspendidas en el flujo de refrigerante fluido y una malla porosa. En este ejemplo, el tamaño de los espacios de la malla porosa es menor que el tamaño de las partículas de PCM, lo que restringe las partículas del PCM en un área de contención, pero a través de la cual puede pasar el refrigerante fluido. Por lo tanto, las partículas de PCM están contenidas dentro del intercambiador de calor y es posible que no se infiltrén en el sistema de refrigeración más amplio, donde pueden causar daños. Preferiblemente, el PCM encapsulado está formado por dos o más partículas de PCM combinadas entre sí.

70 En otro ejemplo, el intercambiador de calor comprende una espuma porosa, una matriz de cavidades tubulares o una malla, cada una de las cuales incorpora partículas de PCM encapsuladas. El fluido refrigerante transferirá energía térmica a las partículas de PCM a medida que fluya a través o más allá de la espuma porosa, la matriz de las cavidades tubulares o malla.

75 En otro ejemplo, donde el sistema comprende PCM encapsulados, se puede utilizar más de un tipo de PCM, teniendo cada tipo diferente de PCM un punto de fusión diferente. Esto permite que el sistema de gestión térmica personalice la respuesta térmica del PCM, es decir, el perfil de capacidad calorífica y el rendimiento del sistema de gestión térmica.

En otro ejemplo, el sistema de gestión térmica está acoplado a un sistema de combustible más amplio u otro dispositivo; y el refrigerante fluido es una fuente de combustible para el otro dispositivo. Esto permite que el sistema más amplio en su conjunto ahorre peso al utilizar combustible como combustible y como refrigerante.

5 Según un aspecto de la invención, se proporciona un método tal como se define en la reivindicación 9, que comprende las etapas de precalentar un refrigerante fluido a una temperatura predeterminada, bombear el refrigerante fluido a una fuente de calor y extraer energía térmica de la fuente de calor al refrigerante fluido. El precalentamiento del refrigerante (a una temperatura predeterminada) mejora la eficiencia del refrigerante para absorber la energía térmica de la fuente de calor.

10 Preferiblemente, el método también comprende bombear el refrigerante fluido desde la fuente de calor a un intercambiador de calor, transferir energía térmica desde el refrigerante fluido a un depósito de calor a través del intercambiador de calor y bombear el refrigerante fluido desde el intercambiador de calor a una unidad de control de temperatura (TCU). La TCU trabaja para garantizar que el refrigerante esté a la temperatura óptima.

15 Preferiblemente, la transferencia de energía térmica desde el refrigerante fluido hace que se enfríe por debajo de la temperatura predeterminada.

20 En un ejemplo, el método comprende además transferir energía térmica desde el refrigerante fluido a un material de cambio de fase (PCM) encapsulado y transferir energía térmica desde el PCM encapsulado al depósito de calor. La incorporación de un PCM ayuda a mejorar la capacidad calorífica del refrigerante.

25 En otro ejemplo, el método comprende además medir la temperatura del fluido refrigerante y, si la temperatura del fluido refrigerante está por debajo de un umbral predeterminado, activar una fuente de calor para calentar el fluido refrigerante a una temperatura predeterminada. Esto garantiza que, si el refrigerante está demasiado frío, se precaliente a una temperatura predeterminada antes de pasar por la fuente de calor.

Figuras

30 La invención puede realizarse de varios modos y ahora se describirán ejemplos específicos con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista esquemática de un ejemplo de sistema de gestión térmica conocido en la técnica;

35 la figura 2 es una vista esquemática de un ejemplo de sistema de gestión térmica;

la figura 3 es una vista esquemática de un ejemplo de unidad de control de temperatura;

40 las figuras 4a y 4b muestran un ejemplo de relación temperatura-energía de dos tipos de refrigerante;

las figuras 5a y 5b muestran una vista esquemática de ejemplos de disposiciones de intercambiadores de calor;

la Figura 6 es una vista esquemática de un refrigerante ilustrativo;

45 la figura 7 muestra una relación temperatura-energía ilustrativa de otro tipo de refrigerante;

la figura 8 muestra un diagrama de flujo de un método ilustrativo;

50 la figura 9 muestra un diagrama de flujo de otro método ilustrativo; y

la figura 10 muestra un diagrama de flujo de un método ilustrativo adicional.

Descripción detallada

55 La figura 1 muestra una vista esquemática de un ejemplo de sistema 100 de gestión térmica conocido en la técnica. Durante el funcionamiento, una carga térmica o fuente 110 de calor, por ejemplo, un dispositivo electrónico, genera un exceso de calor. El refrigerante, típicamente un fluido, es decir, líquido o gas, se utiliza para reducir o regular la temperatura del sistema 100 y la fuente 110 de calor. Idealmente, el refrigerante utilizado tiene una alta capacidad térmica para poder absorber y transferir grandes cantidades de energía térmica desde la fuente 110 de calor. Un ejemplo común de refrigerante es el agua. Otros ejemplos incluyen agua-glicol y fluidos a base de aceite. Un refrigerante puede mantener su estado de la materia (p. ej., permanecer líquido o gaseoso) durante el proceso de enfriamiento, o el refrigerante puede experimentar una transición de fase, es decir, cambiar de un estado de la materia a otro, con el calor latente que añade la eficiencia de enfriamiento. El calor latente es energía térmica que permite que una sustancia, p. ej., el refrigerante, cambie de estado sin cambiar la temperatura de la sustancia. A diferencia del calor latente, el "calor sensible" implica una transferencia de energía que resulta en un cambio de temperatura del sistema y es la forma más común de

almacenamiento de calor. En un ejemplo donde el refrigerante es agua, transferir calor desde una fuente de calor puede provocar que el refrigerante inicialmente líquido pase a ser un gas, es decir, vapor.

5 Durante el funcionamiento, el refrigerante se transfiere alrededor del sistema 100 de circuito cerrado a lo largo de las tuberías de refrigerante 105 mediante una bomba 130. El refrigerante fluye más allá o a través de la fuente 110 de calor, que en el ejemplo mostrado es un dispositivo electrónico. El refrigerante extrae/absorbe energía térmica del dispositivo 110, enfriando el dispositivo 110 y, posteriormente, el refrigerante lleva la energía térmica lejos del dispositivo 110 al intercambiador 120 de calor. El intercambiador 120 de calor extrae la energía térmica del refrigerante, y el refrigerante sale del intercambiador 120 de calor como fluido enfriado, mientras que la energía térmica se transfiere a un depósito de calor, es decir, se expulsa a través de un escape 125.

10 La figura 2 muestra un ejemplo de un sistema 200 de gestión térmica adaptado para controlar la temperatura de una fuente 210 de calor, tal como un dispositivo electrónico. Durante el funcionamiento del dispositivo 210, se genera un exceso de calor. El refrigerante se bombea alrededor del sistema 200 de circuito cerrado a través de un sistema de tuberías 205 de refrigerante mediante una bomba 230. El refrigerante fluye más allá, alrededor o a través del dispositivo 210 electrónico y extrae/absorbe la energía térmica del dispositivo 210. La energía térmica generada por el dispositivo 210 se transfiere en el refrigerante fluido (calentado) a un intercambiador 220 de calor, por lo tanto, enfriá el dispositivo 210. Las tuberías 205 de refrigeración pueden estar rodeados, apoyados o colocados cerca del intercambiador 220 de calor para permitir que la energía térmica acumulada cuando el refrigerante fluido pasa por la fuente 210 de calor se transfiera lejos del refrigerante fluido (por lo tanto enfriá el refrigerante fluido). El intercambiador 220 de calor expulsa la energía térmica extraída a través de un escape 225. El refrigerante fluido (enfriado) sale del intercambiador 220 de calor listo para ser bombeado de nuevo alrededor del sistema 200 de circuito cerrado al dispositivo 210. En un ejemplo, el refrigerante fluido puede bombarse a un sistema de refrigeración diferente.

15 25 Los dispositivos electrónicos modernos son cada vez más sensibles e incluso ligeras variaciones de temperatura por encima o por debajo del umbral térmico operativo óptimo pueden afectar negativamente al rendimiento del dispositivo. Por lo tanto, es imperativo que tales dispositivos se mantengan dentro de un margen térmico operativo aceptable. Como se mencionó anteriormente, los refrigerantes se pueden utilizar para ayudar a reducir o regular la temperatura de un dispositivo. Sin embargo, la eficacia de un refrigerante, p. ej., su capacidad para absorber/transmitir energía térmica, está influenciada por la temperatura del propio refrigerante y, por lo tanto, también es importante mantener el refrigerante dentro de un intervalo de temperatura óptimo para lograr un enfriamiento eficiente de una fuente de calor. Si el refrigerante está demasiado caliente o demasiado frío, la conductividad térmica se reduce, por lo tanto, disminuye la capacidad del refrigerante para absorber energía térmica de una fuente de calor, y el dispositivo que se está enfriando puede sobrecalentarse.

20 30 35 40 45 50 Según la invención, el sistema 200 de gestión térmica también comprende una unidad 250 de control de temperatura (TCU). La TCU 250 está ubicada en el circuito cerrado en una posición después del intercambiador 220 de calor y antes de la fuente 210 de calor, p. ej., un dispositivo eléctrico. Como se muestra en la figura 3, la TCU 250 comprende un dispositivo 252 de monitorización de temperatura (p. ej., un termómetro), un controlador 256 y una fuente 254 de calor de la TCU. Durante el funcionamiento del sistema 200 de gestión térmica, después de extraer energía térmica de la fuente 210 de calor, el refrigerante se enfriá por el intercambiador 220 de calor a una temperatura deliberadamente inferior a la temperatura óptima para el refrigerante. El refrigerante se bombea alrededor del sistema 200 a través de las tuberías 205 de refrigerante, y el refrigerante entra en la TCU 250, la TCU mide la temperatura del refrigerante con el dispositivo 252 de monitorización de temperatura. Si la temperatura del refrigerante está por debajo de la temperatura operativa óptima para el refrigerante, el controlador 256 activa la fuente 254 de calor de la TCU para calentar el refrigerante a la temperatura deseada, es decir, la temperatura óptima para enfriar el dispositivo 210 electrónico. Es más fácil calentar el refrigerante a una temperatura deseada, es decir, la temperatura óptima para enfriar el dispositivo 210 electrónico, que enfriarlo a la temperatura deseada. Por lo tanto, la temperatura del refrigerante se puede controlar más finamente y se mejora la eficiencia del sistema 200 de gestión térmica. El control preciso de la temperatura del refrigerante también es importante cuando el refrigerante incorpora materiales de cambio de fase, como se describe con más detalle a continuación.

55 60 Además, según la invención, el sistema de gestión térmica incorpora un material de cambio de fase (PCM). Los PCM se funden y solidifican (es decir, cambian de estado) a una temperatura determinada y son capaces de: almacenar energía térmica a medida que el PCM se transforma de un estado sólido a uno líquido; y liberar energía a medida que el PCM se transforma de un estado líquido a uno sólido. Los PCM almacenan el calor latente, es decir, la energía térmica liberada o absorbida durante un proceso de temperatura constante, p. ej., tal como una transición de fase de primer orden. El calor latente es la energía térmica que permite el cambio de estado de una sustancia sin cambiar su temperatura. A diferencia del calor latente, el “calor sensible” implica una transferencia de energía térmica que resulta en un cambio de temperatura del sistema y es la forma más común de almacenamiento de calor. Los ejemplos de tales PCM incluyen hielo/agua (que se funde/solidifica a 0 °C), cera (p. ej., cera de parafina) e hidruros de sal (también conocidos como hidruros iónicos o salinos). Las ceras se pueden formular con un intervalo de puntos de fusión (aproximadamente entre -10 °C y +90 °C).

65 La figura 4a es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura de un material sensible de almacenamiento de calor y la energía térmica que se le suministra. Cualquier energía térmica transferida al medio de almacenamiento de calor sensible resulta en un aumento de temperatura del medio de almacenamiento. Un ejemplo de un medio de almacenamiento de calor sensible es el agua, en donde transferir energía térmica al agua resulta en el aumento de la temperatura del agua. Transferir energía térmica lejos del agua resulta en el enfriamiento del agua.

La figura 4b es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura de un material de almacenamiento de calor latente, tal como un PCM, y la energía térmica que se le suministra. A medida que se transfiere energía térmica al PCM, la temperatura del PCM aumenta hasta que el PCM alcanza su temperatura de fusión/congelación (MP) (punto LH1). En este punto, el PCM experimenta un cambio de estado de sólido a líquido. En algunos ejemplos, el MP del PCM es de aproximadamente 10 °C a 40 °C. Durante la transición de fase de sólido a líquido (entre los puntos LH1 y LH2), calor latente (es decir, energía térmica) se almacena por el PCM, pero la temperatura del PCM no aumenta y permanece en el punto de fusión (MP, por sus siglas en inglés). Una vez que el PCM ha cambiado completamente de estado sólido a líquido (punto LH2), no se almacena más calor latente y el almacenamiento de calor sensible comienza de nuevo, es decir, el aumento de la temperatura del PCM se reanuda a medida que se suministra energía térmica al PCM.

Según la invención, los PCM se incorporan al refrigerante fluido, en donde el refrigerante comprende un fluido portador. El fluido portador puede ser a base de agua (p. ej., agua o agua glicol (etileno o propileno)) o a base de aceite (p. ej., polialfaolefina (PAO) o ésteres de silicato). Las partículas o cápsulas de PCM están suspendidas en el fluido portador. En algunos ejemplos, cada una de las partículas tiene un diámetro de aproximadamente 1 - 50 µm. El intervalo de tamaño preferible puede estar limitado debido a los umbrales de estabilidad encontrados durante el proceso de producción estándar. El fluido portador trabaja con los PCM para proporcionar capacidades de transferencia de calor mejoradas del refrigerante resultante en comparación con un fluido simple por sí solo, ya que el almacenamiento de calor latente del PCM permite que el refrigerante extraiga, almacene y obtenga más energía térmica de una fuente de calor.

En un ejemplo, el PCM puede estar encapsulado en una resina o cubierta exterior para garantizar que el PCM mantenga su forma y/o ubicación durante su cambio de estado. Los ejemplos de tales materiales de encapsulación incluyen plásticos termoendurecibles, tal como el formaldehído de melamina (MF, por sus siglas en inglés) o el poliuretano (PU, por sus siglas en inglés).

Además, según la invención, los PCM encapsulados están suspendidos en un fluido portador y son libres de fluir sin confinamiento a través de las tuberías de refrigerante 205 de un sistema de gestión térmica, tal como el que se muestra en la Figura 2. Tanto el PCM suspendido como el fluido portador absorben energía térmica directamente de la fuente 210 de calor, lo que aumenta el efecto de enfriamiento en comparación con un refrigerante fluido simple por sí solo. Al igual que los refrigerantes fluidos estándar, la eficacia de un PCM para absorber/transmitir energía térmica está influenciada por la temperatura del PCM. Para maximizar la eficiencia térmica del PCM para absorber energía térmica, es importante mantener el PCM dentro de un intervalo de temperatura óptimo, preferiblemente justo por debajo del punto de fusión del PCM (p. ej., MP en la figura 4b), por ejemplo, dentro de 5 °C del MP, y preferiblemente dentro de 2 °C del MP, para lograr un enfriamiento eficiente de una fuente de calor. Si el PCM está demasiado frío, la conductividad térmica se reduce, por lo tanto, disminuye la capacidad del PCM para absorber energía térmica de una fuente de calor. En un ejemplo, el refrigerante mezclado con PCM puede enfriarse mediante un intercambiador 220 de calor por debajo de la temperatura operativa óptima para la absorción térmica (p. ej., muy por debajo de la MP del PCM). A continuación, el refrigerante mezclado con PCM puede volver a alcanzar una temperatura óptima mediante una TCU 250 para proporcionar una extracción térmica óptima de una fuente 210 de calor.

La figura 5a muestra un ejemplo de un PCM 310 encapsulado suspendido en un fluido 330 portador dentro de una tubería 305 de refrigerante. En algunos ejemplos, la tubería 305 de refrigerante podría ser un tanque de enfriamiento u otro recipiente o conducto de almacenamiento adecuado para la transferencia de energía térmica. En este ejemplo, el PCM 310 encapsulado está confinado por al menos una malla o membrana porosa 320 que permite que el fluido 330 pase a través o a lo largo de la tubería 305 de refrigerante, pero retiene las partículas 310 en una "zona de contención del PCM". En otras palabras, las partículas de PCM no pueden atravesar la membrana/malla, pero el refrigerante fluido 330 sí. En la figura 4a, el fluido 300 entra en la zona de contención del PCM transportando energía térmica. La energía térmica se transfiere a las partículas 310 de PCM encapsuladas a medida que el fluido 330 pasa y el refrigerante enfriado sale de la zona de contención de PCM. La membrana o malla 320 asegura que las partículas 310 de PCM estén contenidas dentro de un espacio predeterminado dentro de la tubería 305 de refrigerante, y el fluido 330 pueda fluir libremente a través de ellas. Las partículas 310 de PCM absorben la energía térmica contenida en el fluido 330 al cambiar el estado de sólido a líquido, dentro de la carcasa de encapsulación. A continuación, la energía térmica se expulsa del intercambiador de calor a un escape.

La figura 5b muestra otro ejemplo de una disposición 350 de intercambiador de calor, en donde al menos un PCM encapsulado se incorpora en un material poroso de malla, membrana, matriz de cavidades o espuma 360. En algunos ejemplos, la malla porosa, la membrana, la matriz de cavidades o la espuma 360 es un polímero, tal como poliéster, poliéster o poliuretano, o un metal, tal como aluminio, una aleación de aluminio, titanio o acero. El refrigerante 380 se canaliza a través de la tubería 355 a través de la malla porosa del PCM, la membrana, la matriz de cavidades o la espuma 360, que transfiere energía térmica al PCM suspendido en el material, que a continuación es expulsado del intercambiador de calor a un escape. A continuación, el refrigerante 380 enfriado sale del intercambiador 350 de calor.

En algunos ejemplos, el sistema de gestión térmica está acoplado a un sistema de combustible más amplio para otro dispositivo, y el refrigerante fluido bombeado alrededor del sistema puede ser un combustible para el otro dispositivo. En este ejemplo, es importante que todas las partículas de PCM suspendidas estén restringidas dentro de una zona de contención de PCM y no se les permita fluir hacia el motor del dispositivo o al sistema más amplio fuera del sistema de gestión térmica, ya que esto podría causar daños al sistema más amplio y/o al dispositivo.

En otro ejemplo, y como se muestra en la figura 6, las partículas 410 de PCM encapsuladas pueden combinarse o incorporarse en una PCM polinuclear o “molécula” 420 de PCM. La molécula 420 de PCM resultante es más grande que una partícula estándar (única), lo que permite utilizar una malla o membrana 320 más gruesa para restringir el PCM dentro del flujo portador. En algunos ejemplos, las partículas polinucleares tienen un diámetro en el intervalo de 0,5 - 5 mm de diámetro, lo que permite una malla con un tamaño de espacio ilustrativo de hasta 0,4 - 4 mm de tamaño (dependiendo del tamaño de la partícula polinuclear). La malla o membrana 320 más gruesa proporciona menos resistencia al flujo de refrigerante y se requiere una bomba más pequeña para lograr la misma velocidad de flujo. En un ejemplo, la PCM polinuclear se forma a través de floculación. En otro ejemplo, las partículas de PCM individuales pueden unirse entre sí formándolas en matrices.

En algunos ejemplos, los diferentes tipos de intercambiadores de calor descritos anteriormente pueden combinarse, p. ej., que comprenden tanto una malla porosa 320 o membrana para restringir las partículas 310 de PCM encapsuladas suspendidas, y una malla, membrana, matriz de cavidades o espuma 360 porosa que comprende PCM encapsulado, a través de la cual puede fluir el refrigerante fluido 300. En un ejemplo, el refrigerante fluido 300 puede comprender partículas de PCM suspendidas lo suficientemente pequeñas como para pasar a través de la membrana o malla, etc. dentro del intercambiador de calor, en donde están contenidas partículas de PCM más grandes (p. ej., un PCM polinuclear) incorporadas dentro del intercambiador de calor.

En otro ejemplo, el PCM encapsulado incorporado en el intercambiador de calor o dentro del fluido portador como partículas suspendidas, puede comprender una mezcla o intervalo de diferentes PCM con puntos de fusión variables. En un ejemplo, una única partícula encapsulada comprende un único PCM que tiene un MP establecido. Las diferentes partículas dentro de las partículas suspendidas o incorporadas en el intercambiador de calor pueden tener diferentes MP que otros PCM encapsulados. Alternativamente, en otro ejemplo, una única partícula encapsulada PCM puede comprender una mezcla de PCM dentro de una única partícula. En cualquier ejemplo, una mezcla o intervalo de PCM incorporados en el intercambiador de calor o suspendidos en el fluido portador proporciona la oportunidad de personalizar la respuesta térmica del PCM, es decir, el perfil de capacidad calorífica. Los diferentes PCM (que tienen diferentes MP) pueden incorporarse en una molécula 420 de PCM polinuclear, o individualmente en cualquiera de los ejemplos descritos anteriormente, p. ej., partículas suspendidas que fluyen libremente, o incorporarse en una malla, membrana o matriz. La combinación de PCM proporciona una respuesta personalizada a la transferencia de energía térmica y se puede utilizar para proporcionar retroalimentación sobre la cantidad de capacidad térmica latente que queda, p. ej., proporcionando niveles de advertencia.

La figura 7 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura de un material PCM mezclado ilustrativos y la energía térmica que se le suministra. A medida que la energía térmica se transfiere al PCM mezclado, la temperatura aumenta hasta que el PCM mezclado alcanza su primera temperatura de fusión/congelación (MP1). En este punto, el volumen del PCM con el punto de fusión más bajo experimenta un cambio de estado de sólido a líquido, durante el cual la temperatura del PCM mezclado no aumenta y permanece en el primer punto de fusión (MP1), entre los puntos LH1 y LH2. Una vez que el primer volumen de PCM ha cambiado completamente de estado sólido a líquido, no se almacena más calor latente y el almacenamiento de calor sensible comienza de nuevo, después del LH2, es decir, la temperatura de la mezcla de PCM sigue aumentando a medida que se le suministra energía térmica. Cuando la temperatura del PCM mezclado alcanza el segundo punto de fusión (MP2), el almacenamiento de calor latente comienza de nuevo, en el punto LH3, cuando el segundo volumen de PCM con el punto de fusión más alto que el primer volumen, comienza a cambiar de sólido a líquido. Durante este tiempo, la segunda temperatura (MP2) se mantiene hasta que el segundo volumen de PCM cambie completamente de sólido a líquido, en el punto LH4, después de lo cual comienza de nuevo el almacenamiento de calor sensible. La temperatura del PCM mezclado aumenta de nuevo a medida que se le suministra energía térmica, hasta que se alcanza el punto de fusión superior (MP3), momento en el que (LH5) el PCM restante comienza a fundirse, durante el cual se mantiene la temperatura (MP3). Una vez que todo el PCM se ha fundido, en el punto LH6, comienza de nuevo el calentamiento sensible.

La figura 8 muestra un diagrama de flujo de un método ilustrativo 500 que se realizará junto con el sistema 200 de control de temperatura tal como se describió anteriormente. Como se discutió anteriormente, si un refrigerante está demasiado caliente o demasiado frío, la conductividad térmica se reduce, por lo tanto, disminuye la capacidad del refrigerante para absorber energía térmica de una fuente de calor. Es más fácil calentar un refrigerante a la temperatura deseada que enfriarlo a la temperatura deseada. Por lo tanto, en un ejemplo, un refrigerante puede enfriarse mediante un intercambiador de calor por debajo de la temperatura operativa óptima para la absorción térmica (p. ej., muy por debajo del MP de un PCM en un refrigerante mezclado con PCM). En el paso 501 del método ilustrativo, el refrigerante fluido se (pre)calienta (por debajo de una temperatura deseada) a una temperatura predeterminada, es decir, la temperatura deseada para una transferencia óptima de energía térmica desde una fuente de calor. En el paso 501, el refrigerante fluido se bombea a una fuente de calor, y en el paso 503 el refrigerante fluido extrae/transfiere energía térmica desde la fuente de calor.

La figura 9 muestra un diagrama de flujo de otro método ilustrativo 550, que incorpora los pasos del método 500 mostrado en la figura 8. Después de extraer energía térmica de la fuente de calor en el paso 503, el método 550 comprende además bombear el refrigerante fluido desde la fuente de calor a un intercambiador de calor en el paso 554. La energía térmica se transfiere del refrigerante fluido a un depósito de calor (es decir, un escape) en el paso 555 y, cuando sea posible, es deseable reducir el calor del refrigerante fluido por debajo del nivel deseado, es decir, la temperatura óptima para el enfriamiento. A continuación, el refrigerante fluido se bombea desde el intercambiador de calor a una unidad de control de temperatura en el paso 557. Si el refrigerante fluido se recalienta posteriormente

a una temperatura predeterminada deseada por la unidad de control de temperatura, o si se bombea directamente a la fuente de calor, se determina en el paso 600, como se muestra en la figura 10.

- 5 En el paso 601 del paso 600 del método, el dispositivo de monitorización de temperatura mide la temperatura del refrigerante fluido. A continuación, el controlador determina si la temperatura del refrigerante fluido está por encima o por debajo de una temperatura umbral predeterminada en el paso 602. Si el refrigerante fluido está por encima de una temperatura umbral predeterminada, es decir, a la temperatura óptima o superior, a continuación, el refrigerante fluido se bombea a la fuente de calor. Si el refrigerante fluido está por debajo de la temperatura óptima, a continuación, en el paso 603, el controlador activa una fuente de calor en la TCU para calentar el refrigerante fluido hasta la deseada (es decir, la temperatura óptima). Teniendo en cuenta que el refrigerante fluido comprende un PCM, como partículas encapsuladas suspendidas en un fluido portador, entonces la temperatura deseada para el refrigerante fluido está justo por debajo del punto de fusión del PCM. Si hay una mezcla de varios PCM en el refrigerante fluido, a continuación, la temperatura deseada está justo por debajo del punto de fusión más bajo de la mezcla de PCM
- 10 15 En un ejemplo, la temperatura umbral por debajo de la cual la TCU activa la fuente de calor de la TCU para calentar el refrigerante fluido es un valor diferente a la temperatura deseada del refrigerante fluido. En otro ejemplo, el refrigerante fluido, que tiene verde bombeado desde una fuente de calor a un intercambiador de calor y una TCU, puede bomverse a través de una fuente de calor diferente posteriormente.
- 20 25 En una implementación de la invención, la fuente de calor es un dispositivo eléctrico de alta carga que solo funciona durante ráfagas cortas y requiere un tiempo de inactividad entre los ciclos de funcionamiento. En este ejemplo, el dispositivo eléctrico requiere una refrigeración eficiente para contrarrestar la generación de una gran cantidad de energía térmica en un período de tiempo muy corto. El sistema de gestión térmica debe mantener el dispositivo eléctrico frío durante su breve ráfaga operativa, y la energía térmica puede expulsarse en los períodos entre las ráfagas operativas del dispositivo eléctrico.
- 30 Aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a uno o más ejemplos preferidos, se apreciará que se pueden elaborar varios cambios o modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Además, aunque los ejemplos de esta descripción se refieren a dispositivos electrónicos, se reconoce explícitamente que el presente sistema de gestión térmica se puede emplear para varios otros usos, por ejemplo, para enfriar fuentes de calor mecánicas de alta energía, es decir, motores de combustión interna. Los ejemplos descritos anteriormente pueden combinarse en cualquier orden para mantener los beneficios técnicos de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (200) de gestión térmica para una fuente (210) de calor, comprendiendo el sistema un circuito cerrado:

5 un refrigerante fluido para extraer energía térmica de la fuente de calor, una bomba (230) para bombear el fluido refrigerante alrededor del sistema; un intercambiador (220) de calor para extraer energía térmica del fluido refrigerante; y una unidad (250) de control de temperatura (TCU) en el circuito cerrado, la TCU ubicada después del intercambiador de calor y antes de la fuente de calor, en donde la TCU está adaptada para calentar el refrigerante fluido a una temperatura predeterminada, **caracterizada porque** el refrigerante fluido comprende: un fluido portador (330); y partículas de material (310) de cambio de fase (PCM) encapsulado suspendidas en el fluido portador.

15 2. El sistema de gestión térmica según la reivindicación 1, comprendiendo la TCU:

15 un termómetro (252); una fuente (254) de calor de la TCU; y un controlador (256),

20 en donde el controlador activa la fuente de calor de la TCU y calienta el refrigerante fluido a una temperatura predeterminada si la temperatura del refrigerante medida por el termómetro está por debajo de un umbral predeterminado.

25 3. El sistema de gestión térmica según la reivindicación 1, en donde: la temperatura predeterminada a la que la TCU está adaptada para calentar el fluido refrigerante está por debajo del punto de fusión del PCM.

30 4. El sistema de gestión térmica según cualquier reivindicación anterior, en donde el intercambiador de calor comprende:

30 partículas de PCM encapsuladas suspendidas en el flujo de refrigerante fluido; y una malla porosa (320),

35 en donde el tamaño de los espacios de la malla porosa es menor que el tamaño de las partículas de PCM, lo que restringe las partículas de PCM en un área de contención, pero a través de la cual puede pasar el refrigerante fluido.

40 5. El sistema de gestión térmica según la reivindicación 4, en donde: el PCM encapsulado está formado por dos o más partículas (420) de PCM combinadas entre sí.

45 6. El sistema de gestión térmica según cualquier reivindicación anterior, en donde el intercambiador de calor comprende:

45 una espuma porosa (360), una matriz de cavidades tubulares o una malla que incorpora partículas de PCM encapsuladas.

50 7. El sistema de gestión térmica según cualquier reivindicación anterior, en donde: se puede utilizar más de un tipo de PCM, teniendo cada tipo diferente de PCM un punto de fusión diferente.

50 8. El sistema de gestión térmica según cualquier reivindicación anterior, en donde:

50 el sistema de gestión térmica está acoplado a un sistema de combustible más amplio para otro dispositivo; y el refrigerante fluido es una fuente de combustible para el otro dispositivo.

55 9. Un método para la gestión térmica de una fuente de calor en un sistema que comprende un circuito cerrado, comprendiendo el método:

55 precalentar un refrigerante fluido a una temperatura predeterminada, en donde el refrigerante fluido comprende:

60 un fluido portador (330); y partículas (310) de material de cambio de fase (PCM) encapsuladas suspendidas en el fluido portador;

60 bombear refrigerante fluido a una fuente de calor;

60 extraer energía térmica de la fuente de calor al refrigerante fluido;

65 bombear el refrigerante fluido desde la fuente de calor a un intercambiador de calor;

65 transferir energía térmica del refrigerante fluido a un depósito de calor a través del intercambiador de calor; y

bombar el refrigerante fluido desde el intercambiador de calor a una unidad de control de temperatura (TCU), en donde la TCU está ubicada después del intercambiador de calor y antes de la fuente de calor en el circuito cerrado.

- 5 10. El método según la reivindicación 9, en donde:
la transferencia de energía térmica desde el refrigerante fluido hace que se enfríe por debajo de la
temperatura predeterminada

10 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en donde el método comprende además:
medir la temperatura del refrigerante fluido; y
si la temperatura del fluido refrigerante está por debajo de un umbral predeterminado, entonces
activar una fuente de calor para calentar el refrigerante fluido a una temperatura predeterminada.

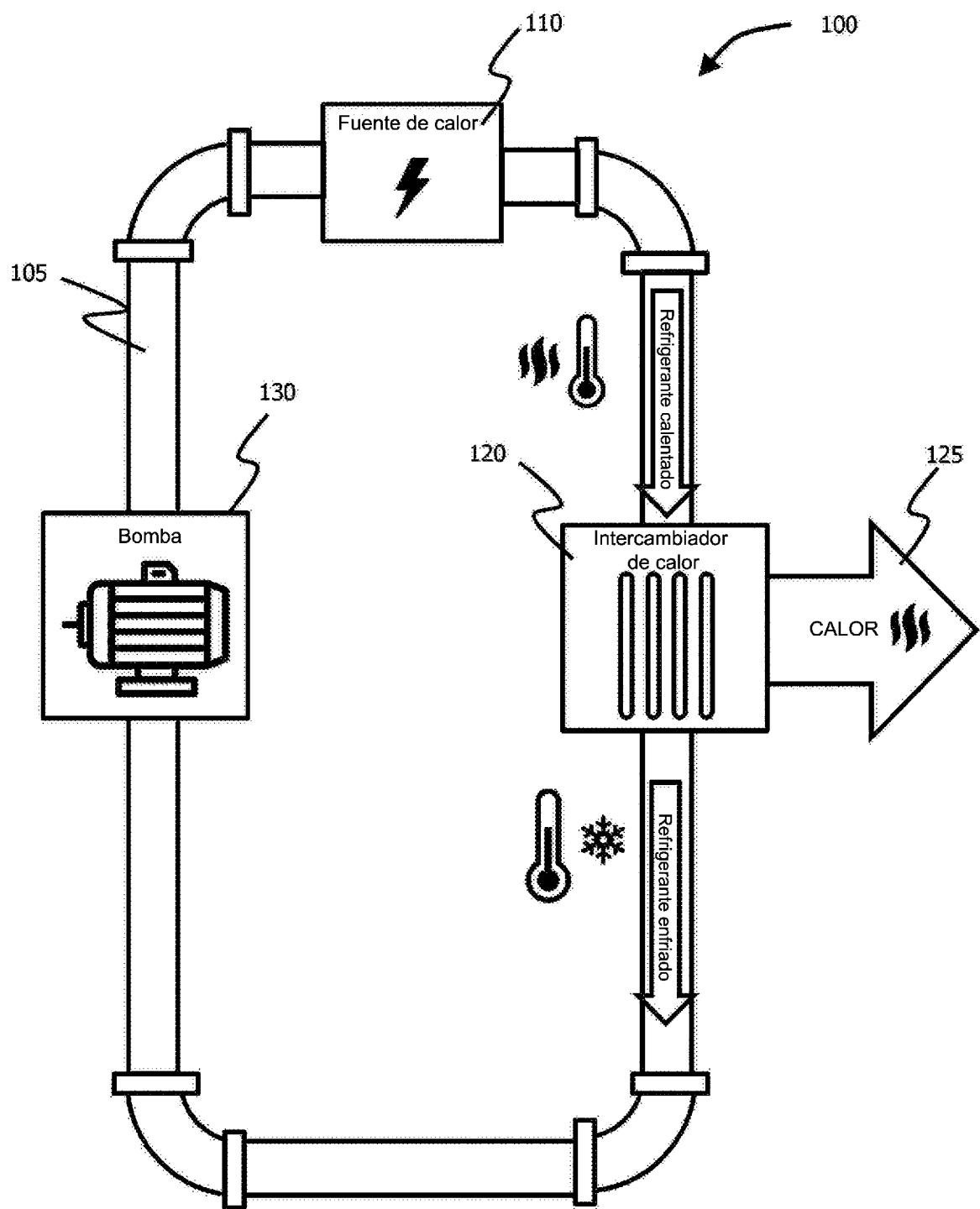


Figura 1

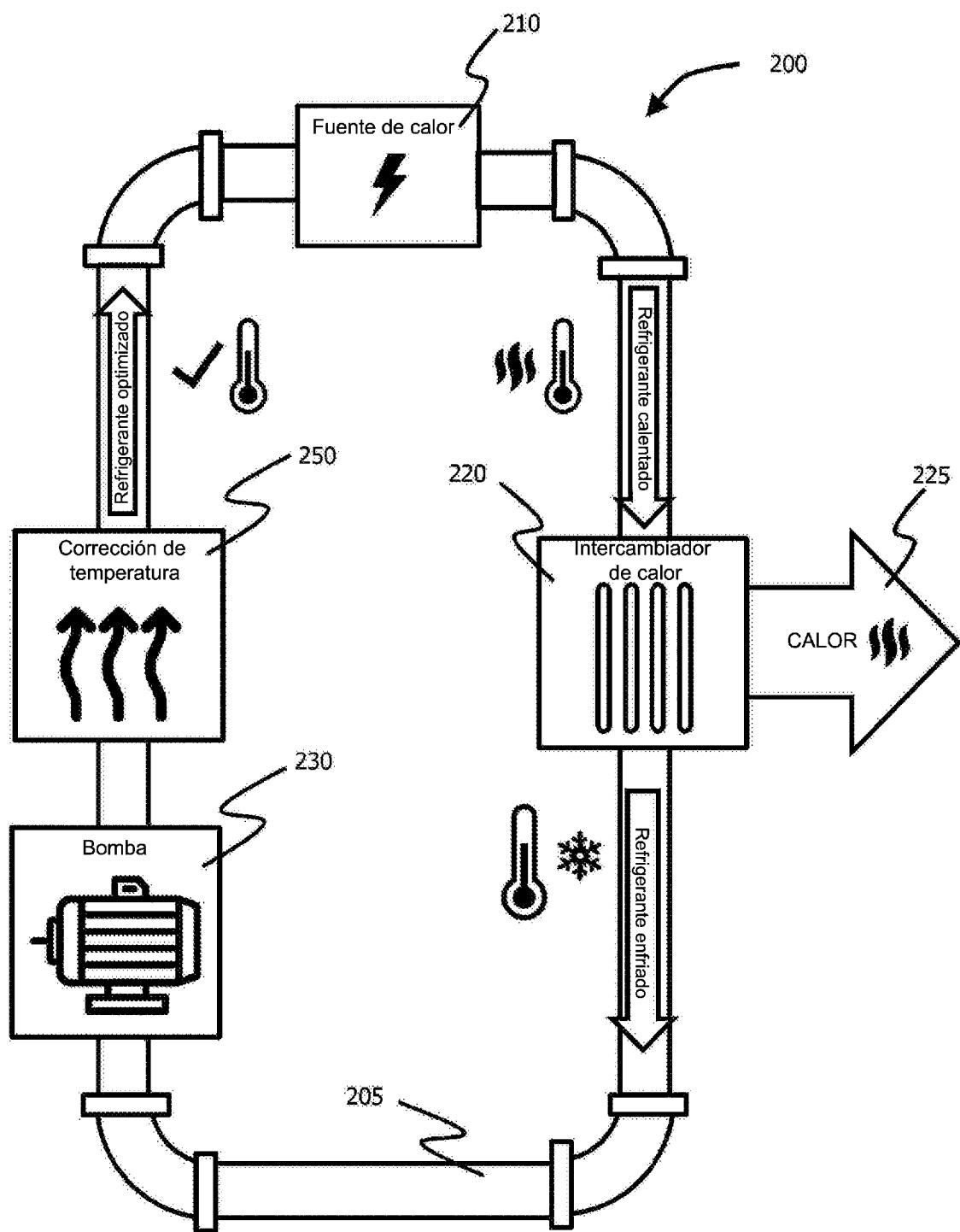


Figura 2

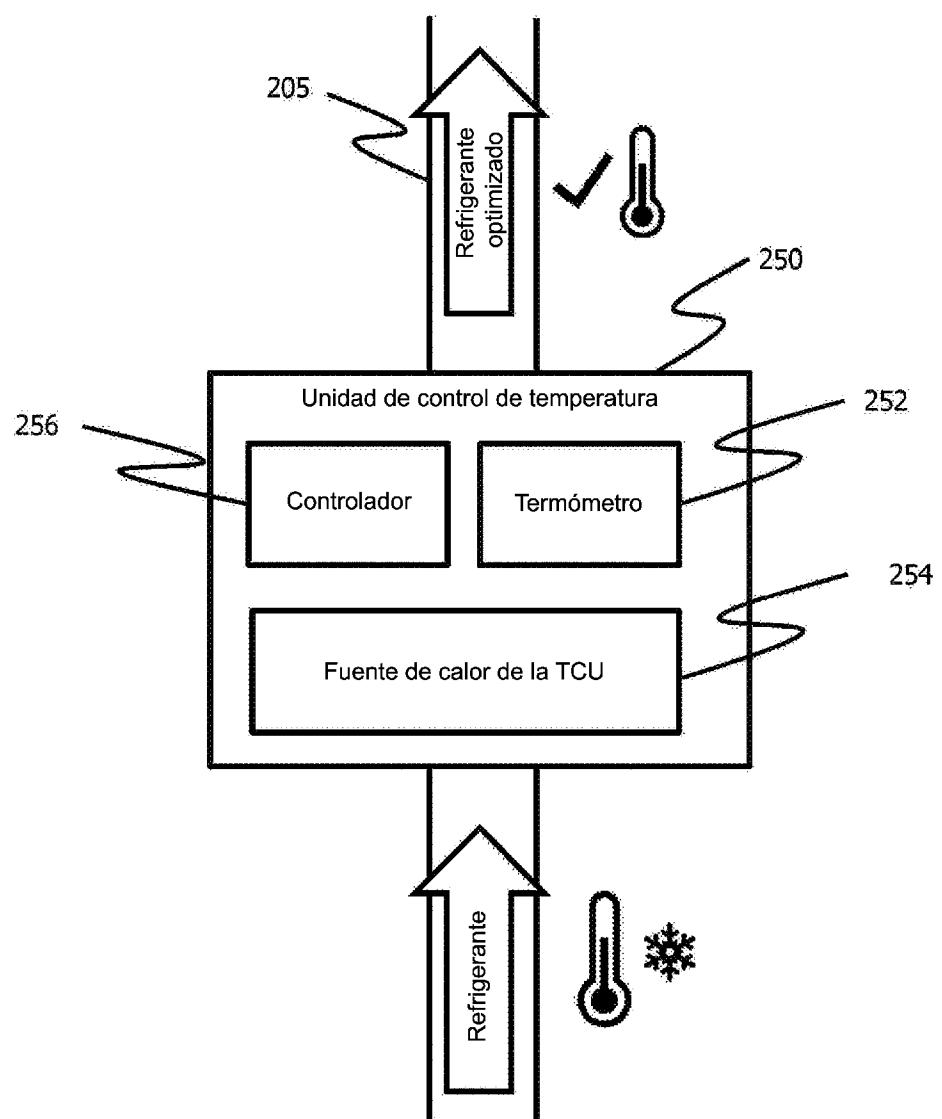


Figura 3

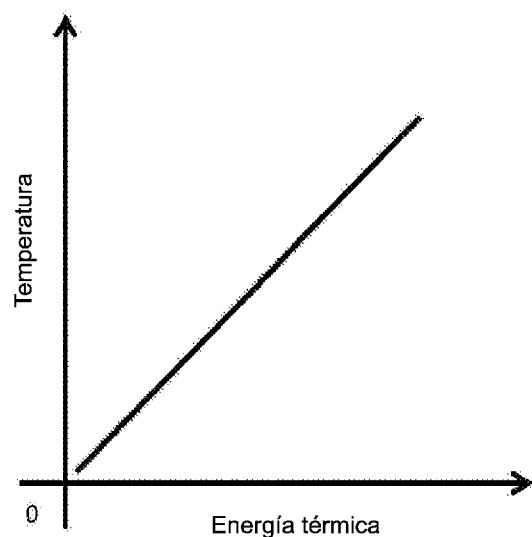


Figura 4a

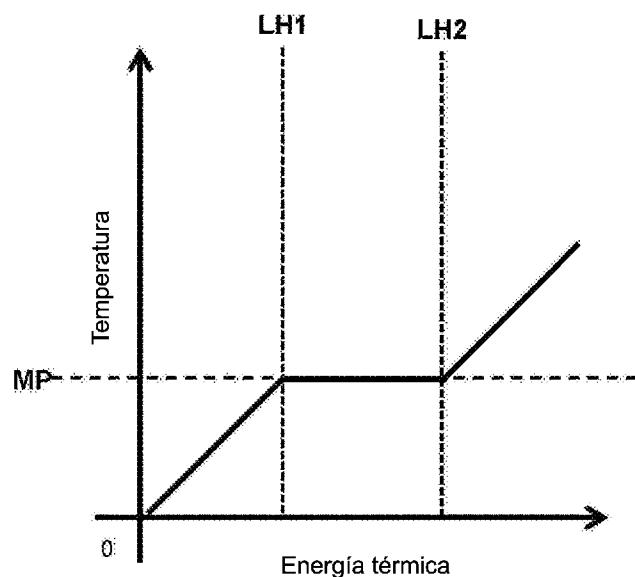


Figura 4b

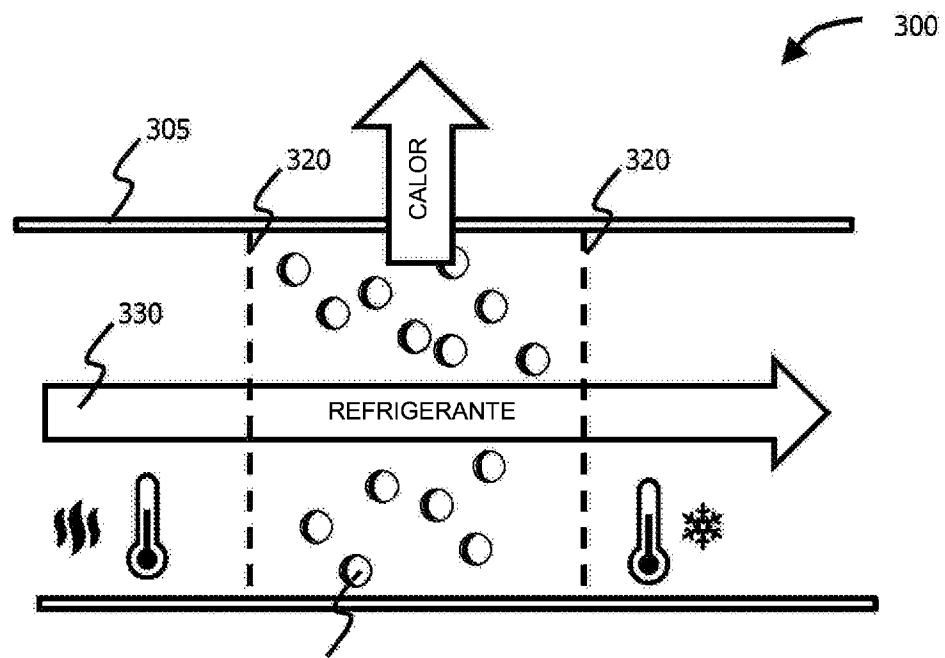


Figura 5a

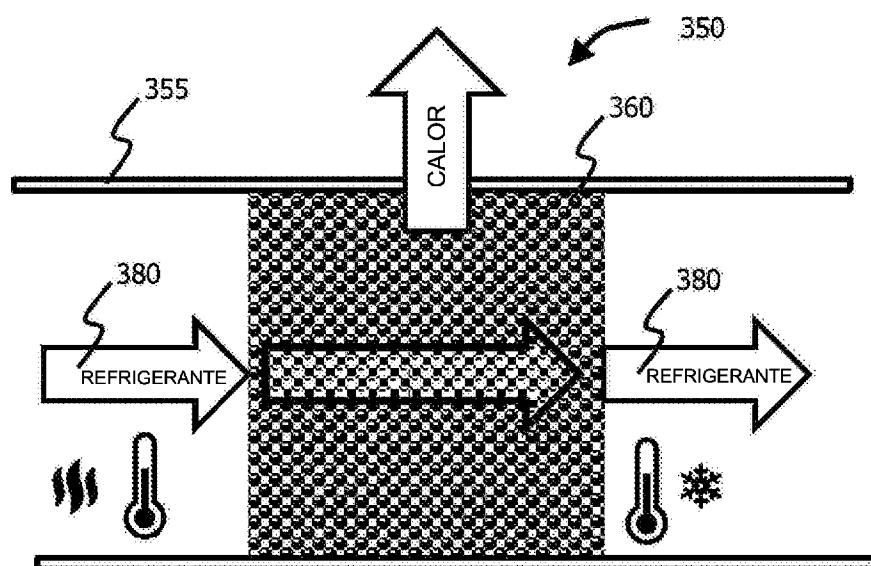


Figura 5b

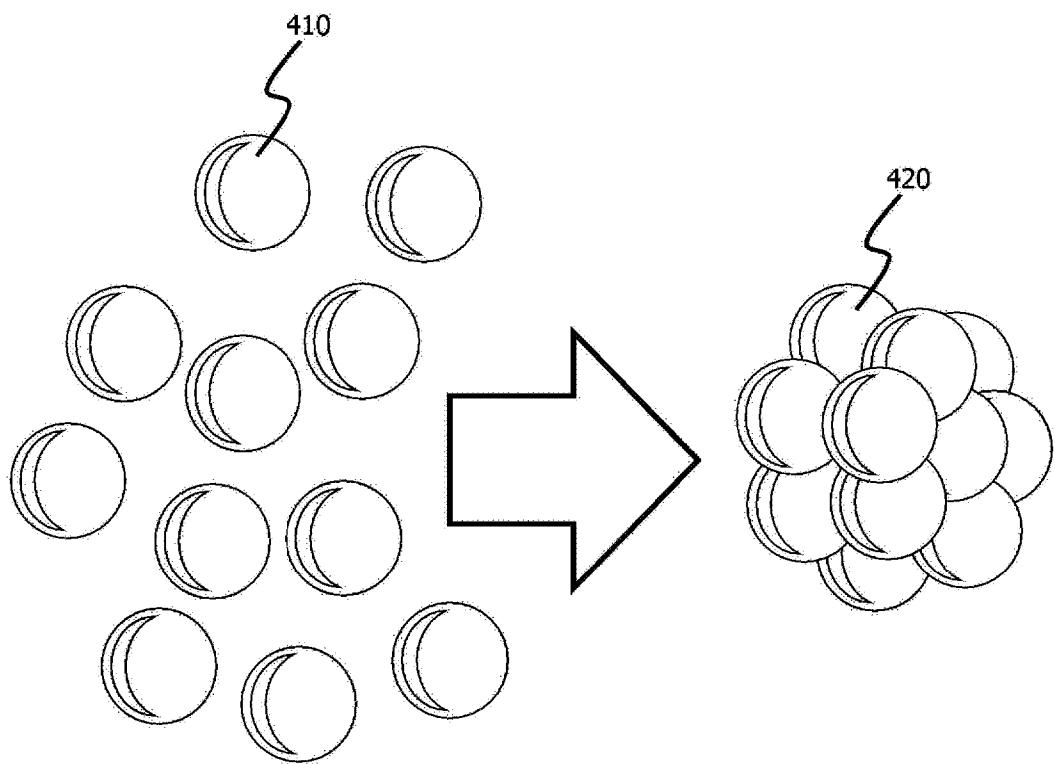


Figura 6

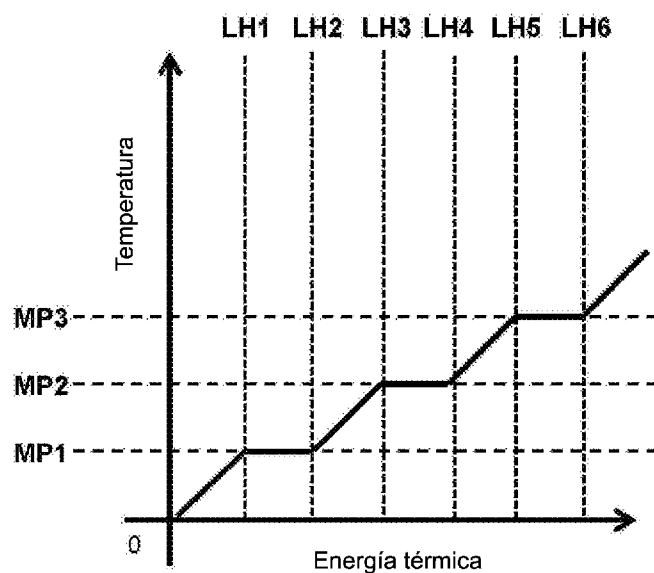


Figura 7

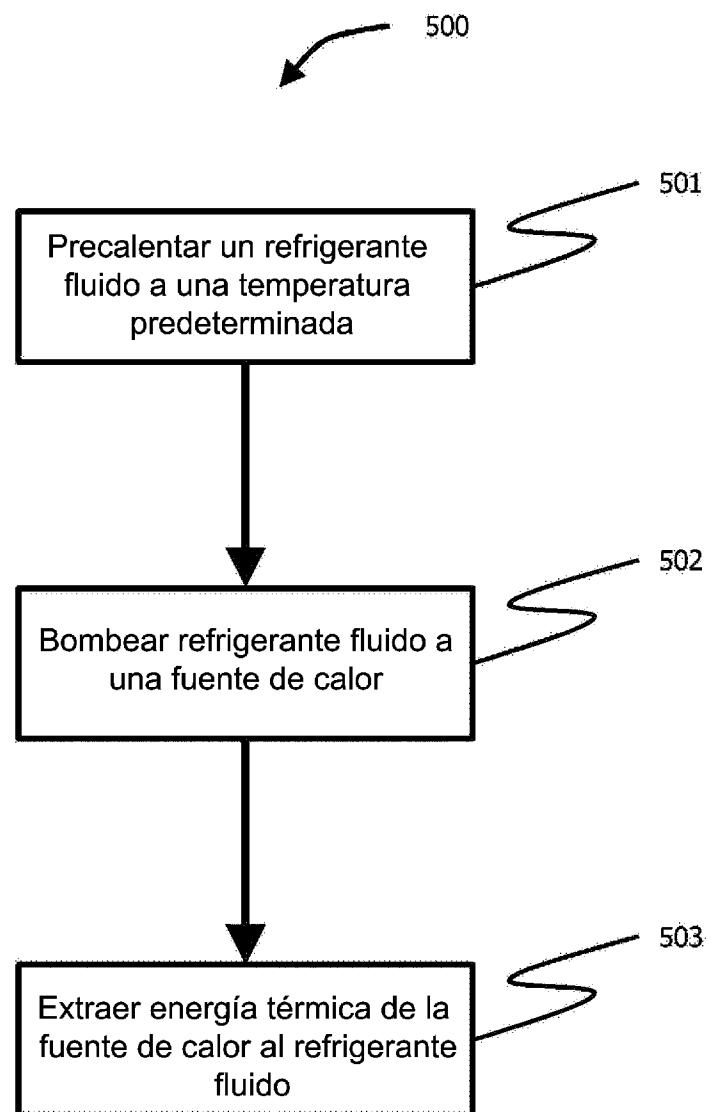


Figura 8

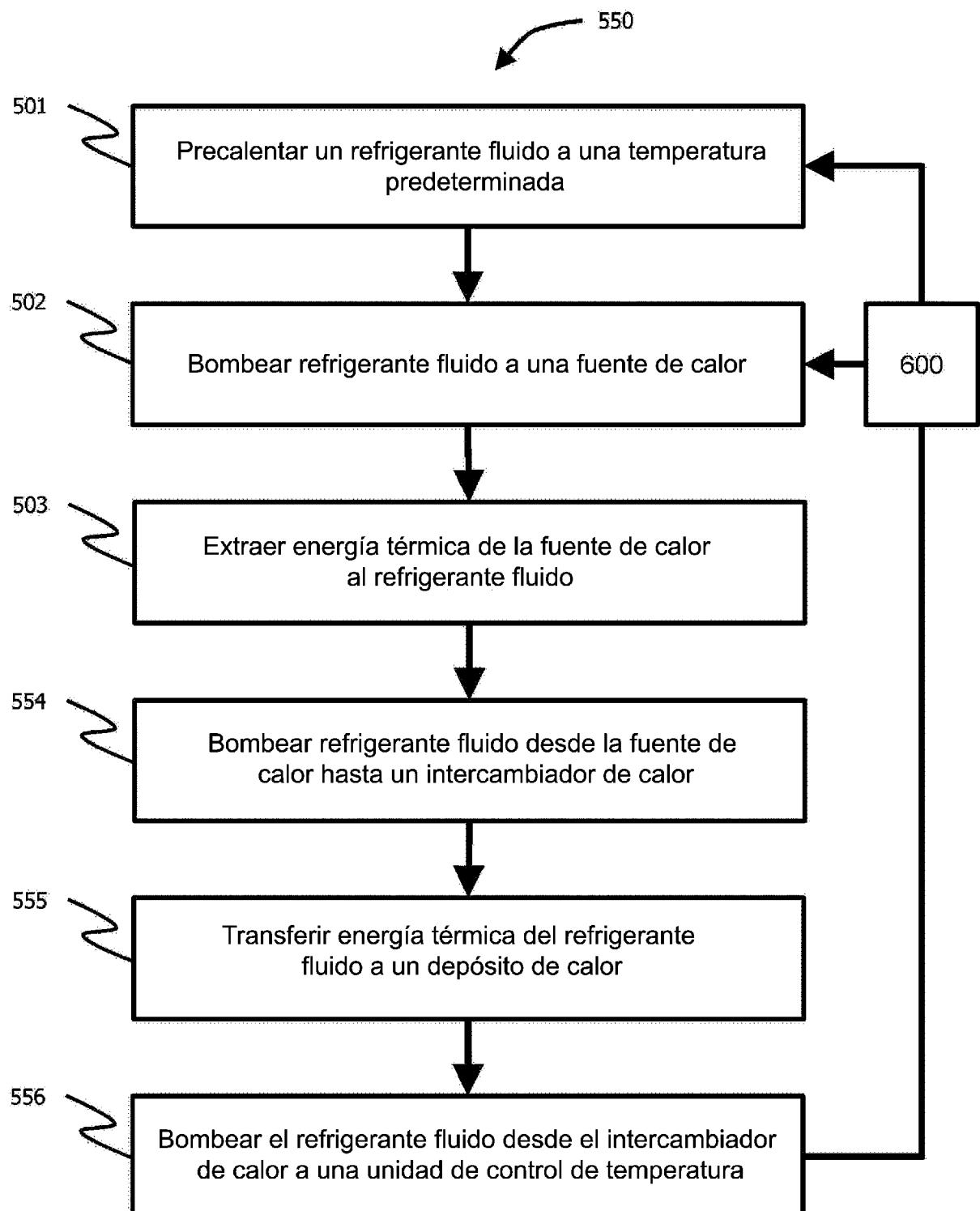


Figura 9

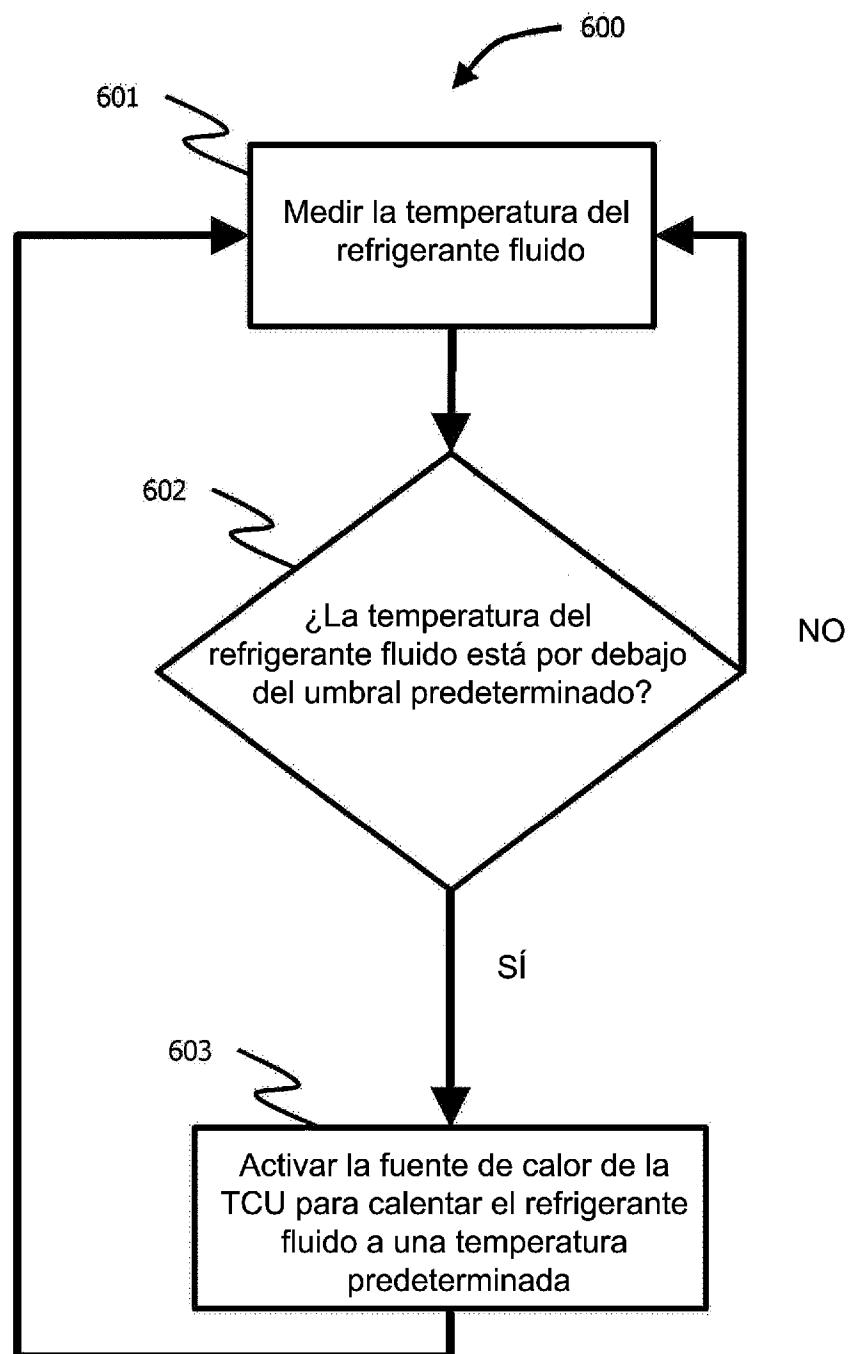


Figura 10