

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 197**

51 Int. Cl.:

**G01K 17/00** (2006.01)  
**G01K 17/06** (2006.01)  
**F24D 19/10** (2006.01)  
**F28F 27/00** (2006.01)  
**F24H 9/20** (2006.01)  
**F28D 20/00** (2006.01)  
**G05D 23/19** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2012 E 17160676 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 3214420**

54 Título: **Controlador para almacenar energía térmica como regulación**

30 Prioridad:

**03.06.2011 EP 11168672**

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

**30.04.2019**

73 Titular/es:

**VLAAMSE INSTELLING VOOR TECHNOLOGISCH  
ONDERZOEK (VITO) (100.0%)  
Boeretang 200  
2400 Mol, BE**

72 Inventor/es:

**VANTHOURNOUT, KOEN;  
VAN BAELE, JOHAN;  
CLAESSENS, BERT y  
D'HULST, REINHILDE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 711 197 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

Controlador para almacenar energía térmica como regulación

La presente invención se refiere a un controlador para utilizarlo con un sistema acumulador de energía térmica regulador conforme a la reivindicación 1.

5 Los métodos para almacenar energía térmica como regulación y los acumuladores de energía térmica reguladores son ya conocidos para la persona experta en la técnica. Un ejemplo de un acumulador de energía térmica regulador lo constituye, por ejemplo, una unidad calentadora de agua de un sistema doméstico de agua caliente. Este tipo de acumulador de energía térmica regulador contiene un medio de almacenamiento térmico, a menudo agua, contenido en un depósito y un controlador que controla un calentador del acumulador térmico regulador. El calentador puede ser, por ejemplo, un calentador eléctrico dispuesto en el fondo del depósito. Frecuentemente, en tales unidades calentadoras de agua el agua entra en el depósito por el fondo del depósito y sale del depósito por la parte superior. El controlador está configurado para recibir una señal que representa tres señales que representan valores de energía térmica relacionados con el acumulador de energía térmica regulador. Estos valores representan exclusivamente temperaturas, y a menudo son una temperatura mínima, una temperatura máxima y la temperatura del agua del depósito, medida, por ejemplo, mediante un sensor presente en el depósito en una ubicación determinada. Cuando la temperatura medida por el sensor disminuye por debajo de la temperatura mínima, el controlador activa el calentador, por ejemplo hasta que se alcanza la temperatura máxima. En una configuración de este tipo, la temperatura mínima representa la cantidad mínima predeterminada de energía presente en el acumulador de energía térmica regulador.

20 Sin embargo, tales métodos y las unidades calentadoras de agua correspondientes no se pueden implementar fácilmente en una denominada "red inteligente", en donde los agentes determinan el funcionamiento del calentador en función del precio de la energía, la cantidad de energía requerida, la flexibilidad del consumo de energía de la unidad calentadora de agua, la disponibilidad de energía renovable, etc.

25 Por otra parte, se ha encontrado que cuando un único controlador controla, por ejemplo, múltiples unidades calentadoras de agua de sistemas domésticos de agua caliente, utilizando los valores de energía térmica proporcionados al controlador por los distintos acumuladores de energía térmica reguladores, estando los valores de energía térmica expresados en, por ejemplo, grados Celsius, no es fácil controlar las unidades calentadoras de agua de una manera consistente, de forma que se pueda comparar la cantidad de energía de las distintas unidades calentadoras de agua, ya que los diferentes valores de energía térmica se determinan para distintas unidades calentadoras de agua que tienen distintos volúmenes de depósito, tienen distintas posiciones del sensor que detecta la temperatura del agua en la unidad calentadora de agua, etc.

30 Aunque las calderas de agua domésticas de una población entera consumen una gran cantidad de energía y por lo tanto podrían contribuir a mantener valores de red estables si se controlasen adecuadamente, se han realizado pocos avances en la coordinación de la conmutación de estas calderas, aparte de conectarlas por la noche para aprovechar una tarifa nocturna. Cualquier conexión de red en instalaciones domésticas constituye una amenaza potencial para la seguridad, ya que es fácilmente accesible. No resulta obvio cómo se puede mejorar esta situación. Los documentos JP9068369, JP2004218873, WO88/05160, EP2146309 y US2005/019631 son ejemplos de métodos y sistemas conocidos para almacenar energía térmica, como regulación, en un medio de almacenamiento térmico.

40 Por lo tanto, es un objeto de la actual invención proveer una alternativa conforme a la reivindicación 1 para utilizarlo con un sistema acumulador de energía térmica regulador. Para lograr ciertas mejoras, las realizaciones de la presente invención pueden proporcionar una o más ventajas:

45 al menos un acumulador de energía térmica regulador se puede controlar más fácilmente mediante un controlador, con independencia de los detalles específicos del acumulador de energía térmica regulador, se pueden utilizar controladores locales que no requieren acceso a redes de área amplia, con las amenazas para la seguridad que conllevan, pero siguen proporcionando mayor flexibilidad en el control local de la energía de calentamiento,

en el caso de sistemas jerárquicos de control basados en el mercado, se puede controlar eficazmente la curva de demanda/oferta si se proporciona una variable de control adecuada,

50 en el caso de un sistema de respuesta a la demanda por tiempo de uso (ToU, por sus siglas en inglés), por ejemplo basado en precios variables, con un día de antelación, para múltiples bloques temporales fijos al día, la programación del acumulador de energía regulador se puede basar en la asignación más barata de un primer parámetro, con un horizonte de planificación proporcional a un segundo parámetro, y/o

55 con un sistema de capacidad de conexión variable, en el cual se establecen límites en tiempo real a nivel doméstico tanto para el consumo como para la producción, la programación del acumulador de energía regulador se puede basar también en la asignación más barata de un primer parámetro con un horizonte de planificación proporcional a un segundo parámetro.

Tales beneficios se pueden conseguir conforme al controlador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

El controlador calcula valores que representan cantidades de energía térmica, que comprenden una cantidad mínima de energía de calentamiento ( $E_{\min}$ ) que representa la cantidad de energía necesaria para calentar, utilizando el calentador, todo el medio de almacenamiento térmico hasta una temperatura mínima predeterminada, partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador. La temperatura mínima predeterminada es, preferiblemente, la temperatura mínima preferida a la cual sale el agua del acumulador de energía térmica regulador.

Conforme a la invención, los valores de energía térmica comprenden también una cantidad máxima de energía de calentamiento ( $E_{\max}$ ) que representa la cantidad de energía necesaria para calentar, utilizando el calentador, todo el medio de almacenamiento térmico hasta una temperatura máxima predeterminada, partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador.

Se ha encontrado que estas cantidades mínima y/o máxima de energía de calentamiento permiten utilizar más fácilmente el método o sistema junto con otros dispositivos en un sistema de control de red inteligente.

Conforme a realizaciones preferidas de la actual invención, el controlador calcula la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador por el valor que representa la cantidad máxima de energía térmica almacenada en el acumulador de energía térmica regulador. Este valor es el denominado "estado de carga" (SoC, por sus siglas en inglés). En una realización específica, el controlador calcula el SoC, es decir, la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador por el volumen total de medio de almacenamiento térmico, multiplicado por la diferencia entre las temperaturas mínima y máxima predeterminadas.

Conforme a la invención, otro valor calculado por el controlador es la cantidad total de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, siendo dicho valor la suma de valores que representan cada uno la energía térmica medida para una parte distinta del medio de almacenamiento térmico y calculándose en cada caso multiplicando la temperatura medida por el sensor de al menos una parte del medio de almacenamiento térmico por el volumen de la parte de medio de almacenamiento térmico, con el fin de obtener al menos un valor que representa la energía térmica parcial contenida en la al menos una parte por el medio de almacenamiento térmico.

Este valor calculado de energía térmica, además de tener en cuenta la temperatura del volumen de medio de almacenamiento térmico, por ejemplo agua, tiene en cuenta también el propio volumen del medio de almacenamiento térmico, de forma que se obtiene una mejor representación del contenido de energía del medio de almacenamiento térmico. Este contenido de energía se puede utilizar después para representar los valores de energía térmica, y se ha encontrado que, por ejemplo, se pueden utilizar satisfactoriamente valores de energía térmica representados de esta manera para controlar, con un único controlador, acumuladores de energía térmica reguladores completamente distintos.

Por otra parte, se ha encontrado que se puede utilizar un acumulador de energía térmica regulador, de este tipo, en un sistema de control de red inteligente tal como, por ejemplo, el método descrito en la solicitud de patente europea EP11162735.2. Realizaciones de la presente invención pueden proporcionar una o más soluciones técnicas ventajosas:

se puede controlar más fácilmente mediante un controlador al menos un acumulador de energía térmica regulador, con independencia de los detalles específicos del acumulador de energía térmica regulador, mediante el uso de una interfaz que proporcione ciertos valores de energía que se pueden utilizar con fines de control.

Estos valores pueden incluir cualquiera, cualquier combinación, o todos los  $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$ , estado de carga (SoC) y opcionalmente, por ejemplo,  $SoC_{\min}$ , que es el SoC mínimo que cualquier sistema de control por respuesta a demanda debe mantener para asegurar que esté disponible agua caliente para satisfacer las demandas inmediatas de los usuarios y/o P, el consumo de energía eléctrica del acumulador regulador;

se pueden utilizar controladores locales, que no requieren acceso a redes de área amplia, con las amenazas para la seguridad que conllevan, pero siguen proporcionando mayor flexibilidad en el control local de energía de calentamiento,

en el caso de sistemas jerárquicos de control basados en el mercado, se puede controlar eficazmente la curva de demanda/oferta si se proporciona una variable de control adecuada, tal como una pendiente o prioridad inversamente proporcional a  $SoC - SoC_{\min}$ , ponderada proporcionalmente a  $E_{\min}$ ;

en el caso de un sistema de respuesta a la demanda por tiempo de uso (ToU), por ejemplo basado en precios variables, con un día de antelación, para múltiples bloques temporales fijos al día, la programación del acumulador de energía regulador se puede basar en la asignación más barata de un primer parámetro, por ejemplo  $t_{\max}$ , con un horizonte de planificación proporcional a un segundo parámetro, por ejemplo  $SoC - SoC_{\min}$ , y/o con un sistema de

- 5 conexión de capacidad variable (VCC), en el cual se establecen límites en tiempo real a nivel doméstico tanto para el consumo como para la producción, la programación del acumulador de energía regulador se puede basar también en la asignación más barata de un primer parámetro  $t_{max}$  con un horizonte de planificación proporcional a un segundo parámetro, tal como SoC - SoC<sub>min</sub>,  $t_{max}$  no se explica.  $t_{max}$  es el tiempo necesario para cargar por completo el acumulador regulador.
- Conforme a realizaciones preferidas de la invención actual, el acumulador de energía térmica regulador es una unidad calentadora de agua de un sistema doméstico de agua caliente.
- Conforme a realizaciones preferidas de la invención actual, el medio de almacenamiento térmico es agua.
- 10 Conforme a la invención actual, el controlador calcula la cantidad mínima de energía de calentamiento multiplicando la diferencia entre la temperatura mínima predeterminada y la temperatura medida por los uno o más sensores de temperatura de las una o más partes que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por sus sensores respectivos, que es inferior a la temperatura mínima predeterminada, por los volúmenes respectivos de las partes que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por sus sensores respectivos, que es inferior a la temperatura mínima predeterminada, y sumando entre sí los valores resultantes.
- 15 Conforme a la invención actual, el controlador calcula la cantidad máxima de energía de calentamiento al menos multiplicando la diferencia entre la temperatura máxima predeterminada y la temperatura medida por los uno o más sensores de temperatura, por el volumen respectivo de la parte correspondiente al sensor de temperatura, y sumando entre sí los valores resultantes.
- 20 Tales valores mínimo y/o máximo calculados de energía térmica, además de tener en cuenta la temperatura del volumen de medio de almacenamiento térmico, por ejemplo agua, tiene en cuenta también el propio volumen del medio de almacenamiento térmico considerado. Tal contenido de energía se puede utilizar fácilmente para representar los valores de energía térmica y se ha encontrado que, por ejemplo, los valores de energía térmica representados de esta manera se pueden utilizar satisfactoriamente para controlar, con un único controlador, acumuladores de energía térmica reguladores completamente distintos. Por ejemplo, se ha encontrado que se puede utilizar un acumulador de energía térmica regulador, de este tipo, en el método descrito en la solicitud de patente europea EP11162735.2.
- 25 Conforme a la invención actual, el controlador utiliza la temperatura medida por los uno o más sensores de temperatura, con relación a la temperatura mínima predeterminada.
- 30 Esto permite calcular la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, con respecto a la cantidad total máxima de energía que puede estar presente en el acumulador de energía térmica regulador, definida por el producto de la temperatura máxima predeterminada y el volumen total de medio de almacenamiento térmico, y con respecto a la temperatura mínima predeterminada.
- 35 Conforme a realizaciones preferidas de la invención actual, el controlador calcula además la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador utilizando únicamente las partes que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por su sensor respectivo, que es mayor que o igual a la temperatura mínima predeterminada. Conforme a tales realizaciones, la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, calculada por el controlador, varía de 0 a 1, por ejemplo, de forma que el controlador puede proporcionar una indicación del estado de carga del acumulador de energía térmica regulador que se puede interpretar con independencia de otros parámetros y que, por lo tanto, se puede incorporar más fácilmente en una red inteligente. En caso necesario, la indicación del estado de carga se puede representar como porcentaje multiplicándola por 100.
- 40 Conforme a realizaciones preferidas de la invención actual, las una o más partes en que se subdivide el volumen del medio de energía térmica se configuran una sobre otra a lo largo de una dirección vertical, formando una pila de partes. Se ha encontrado que una subdivisión semejante del volumen del medio de almacenamiento térmico da como resultado representaciones satisfactorias de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador. De hecho, en tales acumuladores térmicos reguladores, por ejemplo unidades calentadoras de agua de sistemas domésticos de agua caliente, existe una distribución vertical de temperaturas del medio de almacenamiento térmico, que se puede aproximar de manera relativamente satisfactoria mediante una pila de partes de este tipo.
- 45 Conforme a realizaciones preferidas de la invención actual, el calentador está situado por debajo del sensor de temperatura más bajo. Se ha encontrado que esta situación permite una mejor representación de la energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador.
- 50 Conforme a realizaciones preferidas de la invención actual, sustancialmente en las ubicaciones respectivas de los sensores de temperatura se guían hacia el exterior del acumulador de energía térmica regulador cables que interconectan los diferentes sensores de temperatura con el controlador. Tal interconexión de los distintos cables que interconectan los sensores de temperatura con el controlador evita que sensores de temperatura cercanos a
- 55

5 cables que salen del acumulador de energía térmica regulador en el mismo sitio se vean afectados, de manera no deseada, por una fuga de calor a lo largo de estos cables que dé lugar a una perturbación indeseada de la medida de temperatura por el sensor de temperatura, como sucede, por ejemplo, cuando se reúnen dentro del acumulador de energía térmica regulador los distintos cables procedentes de los distintos sensores de temperatura, y salen del acumulador de energía térmica regulador sustancialmente en el mismo sitio, ocurriendo a menudo que los distintos cables están hechos de material que tiene buenas propiedades de conducción térmica, con lo que forman en ese caso un puente de calor o de frío hacia el exterior, conllevando un riesgo acrecentado de que el calor salga del acumulador de energía térmica regulador a través del mismo.

10 La presente invención provee también un controlador almacenar energía térmica como regulación de un acumulador de energía térmica regulador, estando el controlador adaptado para realizar un método conforme a la presente invención o implementar un sistema conforme a la presente invención. El controlador se puede implementar como un microcontrolador, y puede incluir un procesador, por ejemplo un microprocesador o un FPGA, y una o más memorias. El procesador puede estar adaptado para ejecutar cualquier *software* de la presente invención.

15 En la descripción detallada que sigue, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una profunda comprensión de la invención y de cómo se puede poner en práctica en realizaciones particulares. Sin embargo, se entenderá que la presente invención se puede poner en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se han descrito con detalle métodos, procedimientos y técnicas bien conocidos, para no oscurecer la presente invención.

20 Se describirá la presente invención con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, pero la invención no está limitada a los mismos, sino solamente por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son meramente esquemáticos, y no son limitantes. Con fines ilustrativos, en los dibujos el tamaño de algunos elementos puede ser exagerado y no estar dibujado a escala. Las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden necesariamente a las reducciones reales para la práctica de la invención.

25 Además, los términos "primero", "segundo", "tercero" y similares, en la descripción y en las reivindicaciones, se utilizan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Los términos son intercambiables en circunstancias apropiadas y las realizaciones de la invención pueden funcionar con secuencias distintas de las descritas o ilustradas en la presente memoria.

30 Por otra parte, los términos "superior", "inferior", "sobre", "bajo" y similares, en la descripción y en las reivindicaciones, se emplean con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Se entenderá que los términos así usados son intercambiables en circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en la presente memoria pueden funcionar en orientaciones distintas de las descritas o ilustradas en la presente memoria.

35 La expresión "que comprende", empleada en las reivindicaciones, no debe interpretarse como restringida a los medios que se enumeran después de la misma; no excluye otros elementos o etapas. Debe interpretarse en el sentido de que especifica la presencia de las características, números enteros, pasos o componentes citados a los que se refiere, pero no excluye la presencia o adición de una o más características, números enteros, pasos o componentes distintos, o grupos de los mismos. Así, el alcance de la expresión "un dispositivo que comprende medios A y B" no debe limitarse a dispositivos que consistan únicamente en componentes A y B.

40 La Figura 1 muestra una vista general de un sistema acumulador de energía térmica regulador, conforme a la invención.

45 La Figura 2a muestra una simulación de la temperatura detectada por los diferentes sensores a lo largo de la dirección vertical del acumulador 10 de energía térmica regulador, en este caso una unidad 18 calentadora de agua, en función del tiempo transcurrido después haber utilizado inicialmente toda el agua caliente contenida en el acumulador 10 de energía térmica regulador y posteriormente calentar el agua agregada de nuevo que inicialmente ha entrado en la unidad calefactora a aproximadamente 15°C.

La Figura 2b muestra diferentes valores de energía térmica tales como el estado 28 de carga, la  $E_{\max}$  29 y la  $E_{\min}$  30.

Las Figuras 3a y 3b muestran los resultados de una simulación distinta de la mostrada en las Figuras 2a y 2b.

50 Se provee el sistema 1 de energía térmica para realizar el método conforme a la invención, y para ello comprende un acumulador 10 de energía térmica regulador y un controlador 3 configurado para realizar el método conforme a la invención.

55 La Figura 1 muestra que el acumulador 10 de energía térmica regulador y el controlador 3 están incorporados en un único dispositivo, en este caso un sistema doméstico, más específicamente un sistema doméstico de agua caliente, aún más específicamente una unidad 18 calentadora de agua de un sistema doméstico de agua caliente. Tal configuración permite, por ejemplo, sustituir una unidad calentadora de agua antigua por una unidad 18 calentadora de agua nueva dotada de un controlador, sin tener que adaptar los contactos a, por ejemplo, la red eléctrica, etc. Sin embargo, esto no es crítico para la invención, y el controlador 3 y el acumulador 10 de energía térmica regulador

pueden ser dispositivos físicamente distintos, por ejemplo cuando están conectados varios acumuladores 10 de energía térmica reguladores a un único controlador 3, lo que permite reducir el número de controladores 3 necesarios.

5 El acumulador 10 de energía térmica regulador contiene medio 2 de almacenamiento térmico que preferiblemente es un medio de almacenamiento térmico líquido. El medio 2 de almacenamiento térmico puede ser cualquier medio conocido por la persona experta en la técnica que permita almacenar energía térmica en el mismo, pero preferiblemente es agua, ya que se sabe que el agua tiene buenas propiedades de acumulación térmica, es segura y está ampliamente disponible. Además, pero sin estar limitado a ello, en este caso también se puede utilizar el acumulador de energía térmica regulador para proporcionar agua caliente a un domicilio, haciendo que sea una  
10 unidad 18 calentadora de agua de un sistema doméstico de agua caliente. Sin embargo, esto no es crítico para la invención, y también se puede utilizar el acumulador 10 de energía térmica regulador en combinación con una bomba de calor tal que el calor recuperado por la bomba de calor pueda almacenarse temporalmente en el acumulador 10 de energía térmica regulador.

15 No obstante, también son posibles otros medios de almacenamiento como regulación, por ejemplo geles que tengan buenas propiedades de almacenamiento térmico.

El controlador 3 está configurado para controlar un calentador 4 del acumulador térmico 10 regulador. El calentador 4 mostrado en la Figura 1 es un calentador eléctrico y está situado en el fondo de un depósito dentro del acumulador 10 de energía térmica regulador. Sin embargo, tal configuración no es crítica para la invención. Por ejemplo, es posible proveer un calentador 4 que no sea eléctrico, sino que, por ejemplo, utilice gas, gasolina, combustible diésel, etc. Además, la posición del calentador 4 no es crítica para la invención, y puede estar en la parte inferior, cerca del centro, en la parte superior, etc. Sin embargo, si se dispone el calentador 4 cerca del fondo, se ha encontrado que la convección térmica natural del medio 2 de almacenamiento térmico, cuando el calentador 4 lo calienta, permite que el medio 2 de almacenamiento térmico se caliente homogéneamente, como se representa por ejemplo en la Figura 2a, que se explicará con mayor detalle más adelante.

25 El acumulador 10 de energía térmica regulador mostrado en la Figura 1 comprende una entrada 5 y una salida 6. La entrada 5 está situada de manera que el medio 2 de almacenamiento térmico entra en el acumulador de energía térmica regulador por el fondo, y la salida 6 está situada de manera que el medio 2 de almacenamiento térmico sale del acumulador 10 de energía térmica regulador por la parte superior. Esto tiene como consecuencia que el medio 2 de almacenamiento térmico, que sube hasta la parte superior debido a la convección, se acerca a la salida 6. Dado que el calentador 4 está situado preferiblemente cerca del fondo, el calentador 4 calienta el medio 2 de almacenamiento térmico frío que entra cerca del fondo a través de la de entrada 5, y que después sube hacia la parte superior, donde se encuentra la salida 6. Se ha encontrado que esta configuración mejora aún más el calentamiento homogéneo del medio 2 de almacenamiento térmico.

35 La configuración exacta de la entrada 5 y de la salida 6 no es crítica para la invención. Aunque se muestran aquí como tubos que entran y salen del acumulador 10 de energía térmica regulador por el fondo y por la parte superior, respectivamente, esto no es crítico para la invención. Por ejemplo, el tubo 5 de entrada podría, por ejemplo, entrar en el acumulador de energía térmica regulador por la parte superior del acumulador de energía térmica regulador, y bajar a través del acumulador 10 de energía térmica regulador de manera que el medio 2 de almacenamiento térmico salga por la entrada 5 cercana al fondo del acumulador 10 de energía térmica regulador.

40 Preferiblemente, la entrada 5 y la salida 6 están configuradas de manera que el acumulador 10 de energía térmica regulador, preferiblemente el depósito dispuesto en el mismo, está sustancialmente siempre, con preferencia siempre, lleno de medio de almacenamiento térmico. Preferiblemente, esto se consigue configurando la entrada 5 y la salida 6 de manera que, cuando se extrae medio 2 de almacenamiento térmico del acumulador 10 de energía térmica regulador a través de la salida 6, se deja entrar nuevo medio 2 de almacenamiento térmico al acumulador de energía térmica regulador a través de la entrada 5, hasta que el acumulador 2 de energía térmica regulador, preferiblemente su depósito, se llena nuevamente con medio 2 de almacenamiento térmico, de forma que el depósito permanece sustancialmente lleno, con preferencia lleno.

El volumen del medio 2 de almacenamiento térmico y, por consiguiente, del depósito del acumulador de energía térmica regulador en el que está contenido, está subdividido en al menos una parte 21 y, convenientemente, en varias partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27. Preferiblemente, se prevén al menos dos partes, más preferiblemente un número mayor, por ejemplo al menos tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, etc. El número de partes no está limitado, y una persona experta en la técnica lo puede determinar. Como puede verse en la Figura 1, las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 en que se subdivide el volumen del medio de almacenamiento térmico están dispuestas una sobre otra a lo largo de una dirección vertical, formando una pila de partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27.

55 Como se puede ver en la Figura 1, las diferentes partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 del volumen del medio 2 de almacenamiento térmico forman juntas forman el total de medio 2 de almacenamiento térmico presente en el acumulador 10 de energía térmica regulador, y el acumulador 10 de energía térmica regulador comprende una serie de, respectivamente, uno o más sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura para cada parte 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, a fin de detectar una temperatura del medio 2 de almacenamiento térmico contenido en la parte 21, 22,

- 23, 24, 25, 26, 27 correspondiente. En combinación con la pila preferida de partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, se ha encontrado que una configuración de este tipo permite una manera mejorada de detectar el perfil de temperatura del medio 2 de almacenamiento térmico, ya que la temperatura varía sustancialmente solo en dirección vertical. En cuanto a las partes, el número de sensores de temperatura no está limitado, y una persona experta en la técnica lo puede determinar.
- Aunque en la Figura 1 se indican como tales las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, se entenderá que las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 solo subdividen imaginariamente, y no físicamente, el volumen del medio 2 de almacenamiento térmico.
- Preferiblemente, los sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 están colocados a lo largo del acumulador 10 de energía térmica regulador de manera que la posición de cada uno de estos sensores corresponda a la posición de cada una de las correspondientes partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 en que se subdivide el volumen total de medio 2 de almacenamiento térmico. Para ello, preferiblemente los sensores de temperatura están distribuidos equidistantemente a lo largo de la altura del acumulador 10 de energía térmica regulador, o bien a lo largo de la altura del depósito 18 comprendido en el acumulador 10 de energía térmica regulador y que contiene el medio 2 de almacenamiento térmico.
- Al controlador 3 se le proporciona al menos una señal que representa al menos un valor térmico relacionado con el acumulador de energía térmica, en donde el al menos un valor de energía térmica comprende una cantidad mínima predeterminada de energía presente en el acumulador de energía térmica regulador y una cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador.
- El controlador 3 para almacenar energía térmica como regulación, de un acumulador de energía térmica regulador, está adaptado para realizar un método conforme a la presente invención o para implementar un sistema conforme a la presente invención. Se puede implementar el controlador como un microcontrolador, y puede incluir un procesador tal como un microprocesador o un FPGA, y una o más memorias. El procesador puede estar adaptado para ejecutar cualquier *software* de la presente invención.
- Preferiblemente, un usuario puede establecer la cantidad mínima predeterminada de energía a través de una interfaz que está conectada al controlador. La interfaz puede estar dispuesta, por ejemplo, en el acumulador 10 de energía térmica regulador en forma de una pantalla, eventualmente con botones añadidos a la pantalla, que refleje la información del acumulador 10 de energía térmica regulador. Sin embargo, esto no es crítico para la invención, y la interfaz puede ser también un ordenador 8 que esté conectado al controlador 3, por ejemplo a través de una red informática 7. La red informática 7 puede ser, por ejemplo, una LAN o el internet, y puede ser una red de cable físico o bien, por ejemplo, una red inalámbrica tal como, por ejemplo, wifi. El controlador 3 está dotado, por ejemplo, de una aplicación de servidor, por ejemplo una aplicación de servidor web, que permite al equipo 8 iniciar sesión en el sitio web para establecer, por ejemplo, los valores predeterminados de los valores de energía térmica.
- El controlador 3 está configurado para calcular un valor que representa la cantidad total de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, multiplicando la temperatura medida por cada sensor 11, 12, 13, 14, 15, 16 o 17, respectivamente correspondiente a las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 del medio 2 de almacenamiento térmico, por el volumen de la parte correspondiente de medio 2 de almacenamiento térmico, con el fin de obtener un valor que representa la energía térmica parcial contenida en la parte correspondiente del medio 2 de almacenamiento térmico, y sumando entre sí los valores parciales de energía térmica resultantes.
- El controlador 3 mostrado en la Figura 1 interconecta directamente el calentador 4 a la red eléctrica a través de las líneas eléctricas 19, 20. Sin embargo, esto no es crítico para la invención, y el controlador 3 podría controlar también un interruptor separado que conectase y desconectase el calentador 4 a la red eléctrica. Naturalmente, en lugar de una red eléctrica, dependiendo del tipo de calentador 4, se puede utilizar una fuente de calor distinta, por ejemplo combustible diésel, gas, etc.
- Preferiblemente, el controlador 3 calcula además la cantidad de energía térmica presente en el acumulador 10 de energía térmica regulador utilizando sólo las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 que contienen medio 2 de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por su sensor respectivo, que es mayor que o igual a una temperatura mínima predeterminada, que puede ser parte de los valores de energía térmica. Por ejemplo, cuando ha entrado medio 2 de almacenamiento térmico nuevo en el acumulador 10 de energía térmica regulador por el fondo del acumulador 10 de energía térmica regulador, los sensores de temperatura del fondo registrarán una temperatura que puede ser inferior a la temperatura mínima predeterminada, de forma que estas partes no se tienen en cuenta cuando se calcula la energía térmica presente en el acumulador 10 de energía térmica regulador.
- Preferiblemente, el controlador 3 utiliza la temperatura medida por los sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura con respecto a la temperatura mínima predeterminada. Esto se realiza preferiblemente restando a la temperatura medida la temperatura mínima predeterminada.
- Preferiblemente, los valores de energía térmica comprenden también una temperatura máxima predeterminada, que el usuario puede ajustar preferiblemente conforme a sus preferencias, por ejemplo su nivel de confort deseado. Preferiblemente, la temperatura máxima predeterminada se determina de manera que el medio de almacenamiento

térmico, que preferiblemente es líquido o semilíquido, no comienza a hervir, ya que en tal caso la presión dentro del depósito preferido del acumulador de energía térmica regulador empezaría a elevarse de forma que aumentaría el riesgo de que se produjeran explosiones.

5 El controlador 3 calcula además la cantidad de energía térmica presente en el acumulador 10 de energía térmica regulador dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador por el valor que representa la cantidad máxima de energía térmica almacenada en el acumulador de energía térmica regulador. Este valor es el estado de carga (SoC). En una realización específica, el controlador calcula el SoC, es decir, la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, por el volumen total de medio 2 de almacenamiento térmico, multiplicado por la diferencia entre las temperaturas mínima y máxima predeterminadas.

15 Los valores de energía térmica comprenden una cantidad mínima de energía de calentamiento que representa la cantidad de energía necesaria para calentar todo el medio 2 de almacenamiento térmico hasta una temperatura mínima predeterminada, utilizando el calentador 4, partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador 10 de energía térmica regulador.

20 El controlador 3 calcula la cantidad mínima de energía de calentamiento multiplicando la diferencia entre la temperatura mínima predeterminada y la temperatura medida por los sensores de temperatura que detectan la temperatura de las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por sus sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 respectivos, que es inferior a la temperatura mínima predeterminada dentro de los volúmenes respectivos de las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 que contienen medio 2 de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por sus sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 respectivos, que es inferior a la temperatura mínima predeterminada, y sumando entre sí los valores resultantes. Por ejemplo, esto se representa matemáticamente, cuando el medio de almacenamiento térmico es agua, con una capacidad calorífica de 4.186 J/(kg·K):

$$25 \quad E_{min} = \sum_{j: 0 \rightarrow n, T_j < T_{min}} \left[ \frac{4.186 V_j (T_{min} - T_j)}{3600} \right]$$

en donde

- $T_{min}$  es una temperatura mínima predefinida
- $n$  es el número de partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 + 1
- $T_j$  es la temperatura medida por los sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura respectivos
- 30 -  $V_j$  es el volumen de las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 respectivas

Preferiblemente, los valores de energía térmica comprenden una cantidad máxima de energía de calentamiento que representa la cantidad de energía necesaria para, utilizando el calentador, calentar todo el medio de almacenamiento térmico hasta una temperatura máxima, partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador.

35 Más preferiblemente, el controlador 3 calcula la cantidad máxima de energía de calentamiento al menos multiplicando la diferencia entre la temperatura máxima predeterminada y la temperatura medida por el al menos un sensor 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura, por el volumen respectivo de la parte 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 correspondiente al sensor 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura, y sumando entre sí los valores resultantes. Por ejemplo, esto se representa matemáticamente, cuando el medio de almacenamiento térmico es agua, con una capacidad calorífica de 4.186 J/(kg·K):

$$40 \quad E_{max} = \sum_{i=0}^n \left[ \frac{4.186 V_i (T_{max} - T_i)}{3600} \right]$$

en donde, además de lo anterior:

- $T_{max}$  es una temperatura máxima predefinida
- $n$  es el número de partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 + 1
- 45 -  $T_i$  es la temperatura medida por los sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura respectivos

- $V_i$  es el volumen de las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 respectivas

En este caso, la forma preferida de calcular la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador se puede representar matemáticamente por:

$$SoC = \forall i(i: 0 \rightarrow n), \forall j(j: 0 \rightarrow n, T_j \geq T_{\min}) \rightarrow 100 \left[ \frac{\sum_j V_j (T_j - T_{\min})}{\sum_i V_i (T_{\max} - T_{\min})} \right]$$

5 en donde:

- $T_{\min}$  es una temperatura mínima predefinida
- $T_{\max}$  es una temperatura máxima predefinida
- $n$  es el número de partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 + 1
- $T_j$  es la temperatura medida por los sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura respectivos

10 -  $V_i$  o  $V_j$  es el volumen de las partes 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 respectivas

- SoC representa el estado de carga, que representa la cantidad de energía presente en el acumulador de energía térmica regulador, como porcentaje con respecto a la cantidad máxima de energía presente en el acumulador de energía térmica regulador con respecto a la cantidad mínima de energía de calentamiento.

15 Aunque, en la fórmula mostrada, el estado de carga se calcula como un porcentaje, esto no es crítico para la invención, y el estado de carga se puede calcular también como un valor entre 0 y 1, obviando la multiplicación por 100. Por ejemplo, opcionalmente se puede calcular y utilizar el  $SoC_{\min}$  como una variable de control.  $SoC_{\min}$  es el SoC mínimo que cualquier sistema de control por respuesta a la demanda debe mantener, para asegurar que esté disponible agua caliente para satisfacer la demanda inmediata del usuario.

20 Aunque se puede configurar el controlador 3 para calcular el estado de carga como se ha descrito anteriormente, el controlador 3 puede calcular también el estado de carga mediante la fórmula matemática siguiente:

$$SoC = 100 \left[ 1 - \frac{3600(E_{\max} - E_{\min})}{4.186(T_{\max} - T_{\min})V_t} \right]$$

en donde  $V_t$  representa el volumen total de medio de almacenamiento térmico y los otros símbolos se definen como se ha descrito más arriba.

25 Por supuesto, es posible, a la inversa, calcular el estado de carga utilizando el primer método, y calcular  $E_{\max}$  y  $E_{\min}$  utilizando cualquiera de las fórmulas matemáticas siguientes:

$$E_{\max} = E_{\min} + \frac{4.186}{3600} (T_{\max} - T_{\min}) \left( 1 - \frac{SoC}{100} \right) V_t$$

$$E_{\min} = E_{\max} - \frac{4.186}{3600} (T_{\max} - T_{\min}) \left( 1 - \frac{SoC}{100} \right) V_t$$

30 Utilizando estos valores de energía térmica, los valores predeterminados de energía, que un usuario puede establecer conforme a sus preferencias, por ejemplo correspondientes a un estado de "confort", son, por ejemplo, 35°C - 50°C, preferiblemente 40°C, para  $T_{\min}$ , 60°C - 90°C, preferiblemente 70°C, para  $T_{\max}$ , 5% - 50%, preferiblemente 20%, para la cantidad mínima predeterminada de energía presente en el acumulador de energía térmica.

35 El controlador 3 está configurado para controlar un calentador 4 del acumulador térmico 10 regulador, en función de los valores de energía térmica, de forma que la cantidad de energía térmica presente en el acumulador 10 de energía térmica regulador sea mayor que o igual a la cantidad mínima predeterminada de energía presente en el acumulador 10 de energía térmica regulador.

Preferiblemente, sustancialmente en las ubicaciones respectivas de los sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura se guían hacia el exterior del acumulador 10 de energía térmica regulador cables 19 que interconectan

los distintos sensores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 de temperatura con el controlador, y posteriormente se conectan al controlador 3, lo que se muestra esquemáticamente en la Figura 1.

Preferiblemente, el calentador 4 está situado por debajo del sensor 17 de temperatura más bajo, como se muestra en la Figura 1.

5 La Figura 2a muestra una simulación de la temperatura detectada por los distintos sensores a lo largo de la dirección vertical del acumulador 10 de energía térmica regulador, en este caso una unidad 18 calentadora de agua, en función del tiempo transcurrido después de haber gastado inicialmente toda el agua caliente contenida en el acumulador 10 de energía térmica regulador y calentar posteriormente el agua agregada de nuevo.

10 La Figura 2b muestra distintos valores de energía térmica tales como el estado de carga 28 (en %, con la escala mostrada en el lado derecho), la  $E_{\max}$  29 (kWh) y la  $E_{\min}$  30 (kWh).

15 La Figura 3a muestra una simulación de la temperatura detectada por los diferentes sensores a lo largo de dirección vertical del acumulador 10 de energía térmica regulador, en este caso una unidad 18 calentadora de agua, en función del tiempo transcurrido después de haber gastado inicialmente toda el agua caliente contenida en el acumulador 10 de energía térmica regulador y calentar posteriormente el agua agregada de nuevo. Sin embargo, en esta simulación el calentador 4 no está situado por debajo del sensor de temperatura más bajo, y se puede observar que se está midiendo un perfil de temperatura distorsionado, lo que distorsiona la representación de los distintos valores de energía térmica mostrados en la Figura 3b, tales como el estado de carga 28, la  $E_{\max}$  29, la  $E_{\min}$  30 y la energía medida.

20 La presente invención comprende un controlador para llevar a cabo cualquiera de los métodos de la presente invención. En particular, el controlador puede tener un motor de procesamiento: tal como un microprocesador o un FPGA, que es capaz de ejecutar un programa. Este programa puede incluir *software* que tiene segmentos de código que, cuando se ejecutan en el motor de procesamiento, están adaptados para recibir al menos una señal que representa al menos un valor de energía térmica relacionado con el acumulador de energía térmica regulador, y para calcular al menos un valor de energía térmica que comprende una cantidad mínima predeterminada de energía  
25 térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador y una cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador.

30 El *software* puede estar adaptado para proporcionar señales con el fin de controlar un calentador del acumulador térmico regulador en función de los valores de energía térmica, de forma que la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador sea mayor que o igual a la cantidad mínima predeterminada de energía presente en el acumulador de energía térmica regulador.

35 El *software* puede estar adaptado también para calcular un valor que represente la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, con lo cual los valores de energía térmica comprenden una cantidad mínima de energía de calentamiento que representa la cantidad de energía necesaria para, utilizando el calentador, calentar todo el medio de almacenamiento térmico hasta una temperatura mínima predeterminada, partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, y los valores de energía térmica comprenden también una cantidad máxima de energía de calentamiento que representa la cantidad de energía necesaria para, utilizando el calentador, calentar todo el medio de almacenamiento térmico hasta una temperatura máxima predeterminada, partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador.

40 El *software* puede estar adaptado para calcular un valor de energía térmica que comprenda la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador por el valor que representa la cantidad máxima de energía térmica almacenada en el acumulador de energía térmica regulador. Este valor es el estado de carga (SoC). En una realización específica, el controlador calcula el SoC, es decir, la cantidad de energía térmica  
45 presente en el acumulador de energía térmica regulador, dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador por el volumen total de medio de almacenamiento térmico, multiplicado por la diferencia entre una temperatura mínima y máxima predeterminadas.

50 Para utilizarlo con el *software*, el volumen de medio de almacenamiento térmico se puede subdividir en una o más partes distintas, de forma que las distintas partes del volumen del medio de almacenamiento térmico forman juntas el total de medio de almacenamiento térmico presente en el acumulador de energía térmica regulador; y el acumulador de energía térmica regulador puede comprender un sensor de temperatura respectivo para cada parte, con el fin de detectar una temperatura del medio de almacenamiento térmico contenido en esa parte. El *software* puede estar adaptado para calcular un valor que represente la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador, multiplicando la temperatura medida por los uno o más sensores que detectan la temperatura de  
55 las una o más distintas partes del medio de almacenamiento térmico por el volumen de la parte de medio de almacenamiento térmico, para obtener al menos un valor que represente la energía térmica parcial contenida por el medio de almacenamiento térmico en la al menos una parte, y sumando entre sí los al menos un valor parcial de energía térmica resultantes.

5 El *software* puede estar adaptado para calcular la cantidad mínima de energía de calentamiento, multiplicando la diferencia entre la temperatura mínima predeterminada y la temperatura medida por los uno o más sensores de temperatura de las una o más partes que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por sus sensores respectivos, que es inferior a la temperatura mínima predeterminada, por los volúmenes respectivos de las partes que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por sus sensores respectivos, que es inferior a la temperatura mínima predeterminada, y sumando entre sí los valores resultantes.

10 El *software* puede estar adaptado para calcular la cantidad máxima de energía de calentamiento al menos multiplicando la diferencia entre la temperatura máxima predeterminada y la temperatura medida por los uno o más sensores de temperatura, por el volumen respectivo de la parte correspondiente al sensor de temperatura (y sumando entre sí los valores resultantes).

El *software* puede estar adaptado para calcular la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador utilizando únicamente las partes que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por su sensor respectivo, que es mayor que o igual a la temperatura mínima predeterminada.

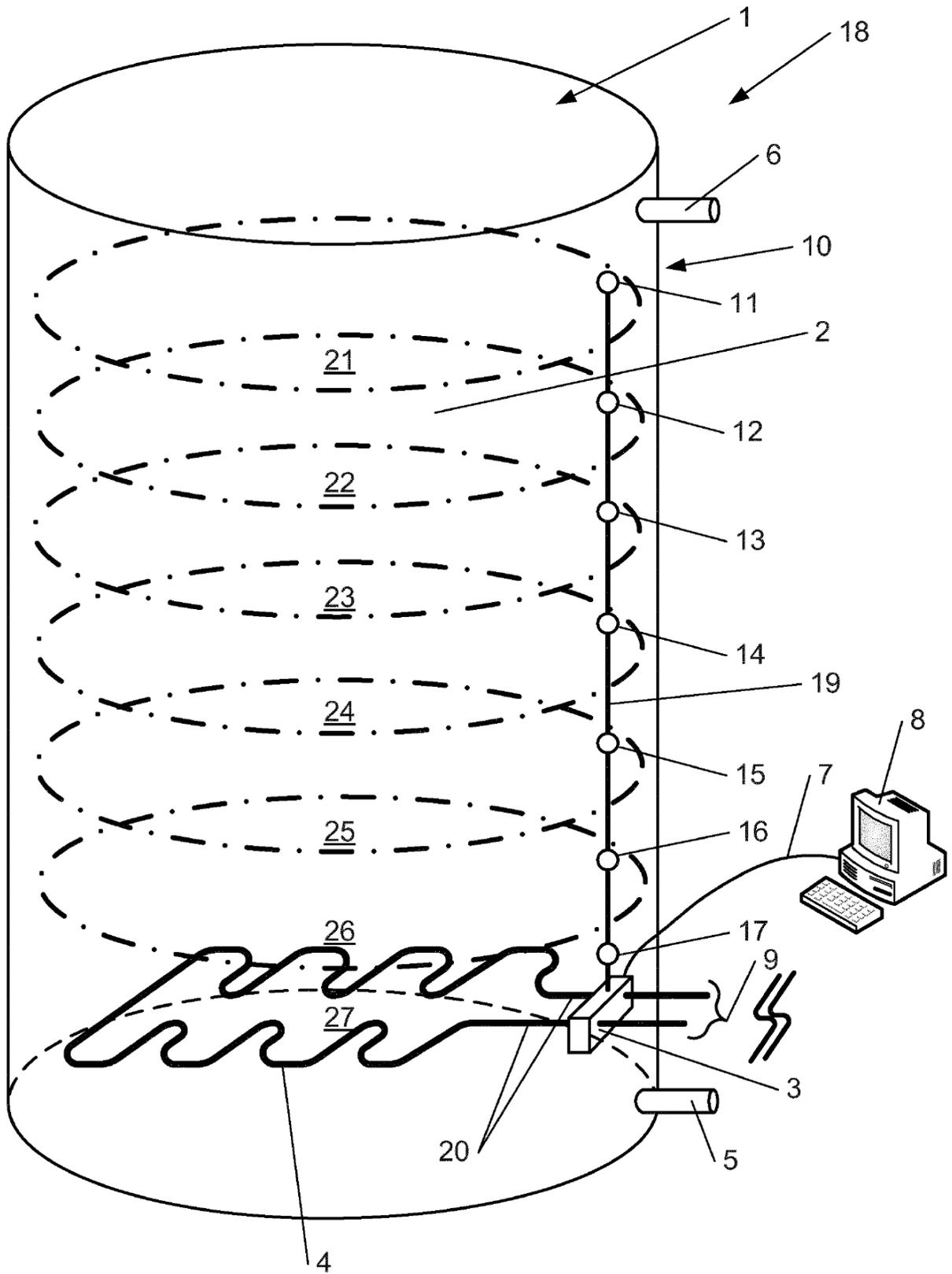
15 El *software* puede estar compilado para un motor de procesamiento específico del controlador. Como alternativa, el *software* puede estar escrito en un lenguaje interpretativo tal como Java y el controlador puede incluir un procesador con un intérprete configurado como máquina virtual.

20 El *software* se puede suministrar en forma ejecutable sobre un medio no transitorio de almacenamiento de señal tal como un disco óptico (por ejemplo, DVD o CD-ROM), cinta magnética, disco magnético (disquete, disco duro), memoria de estado sólido (RAM, dispositivo de memoria USB, unidad de estado sólido).

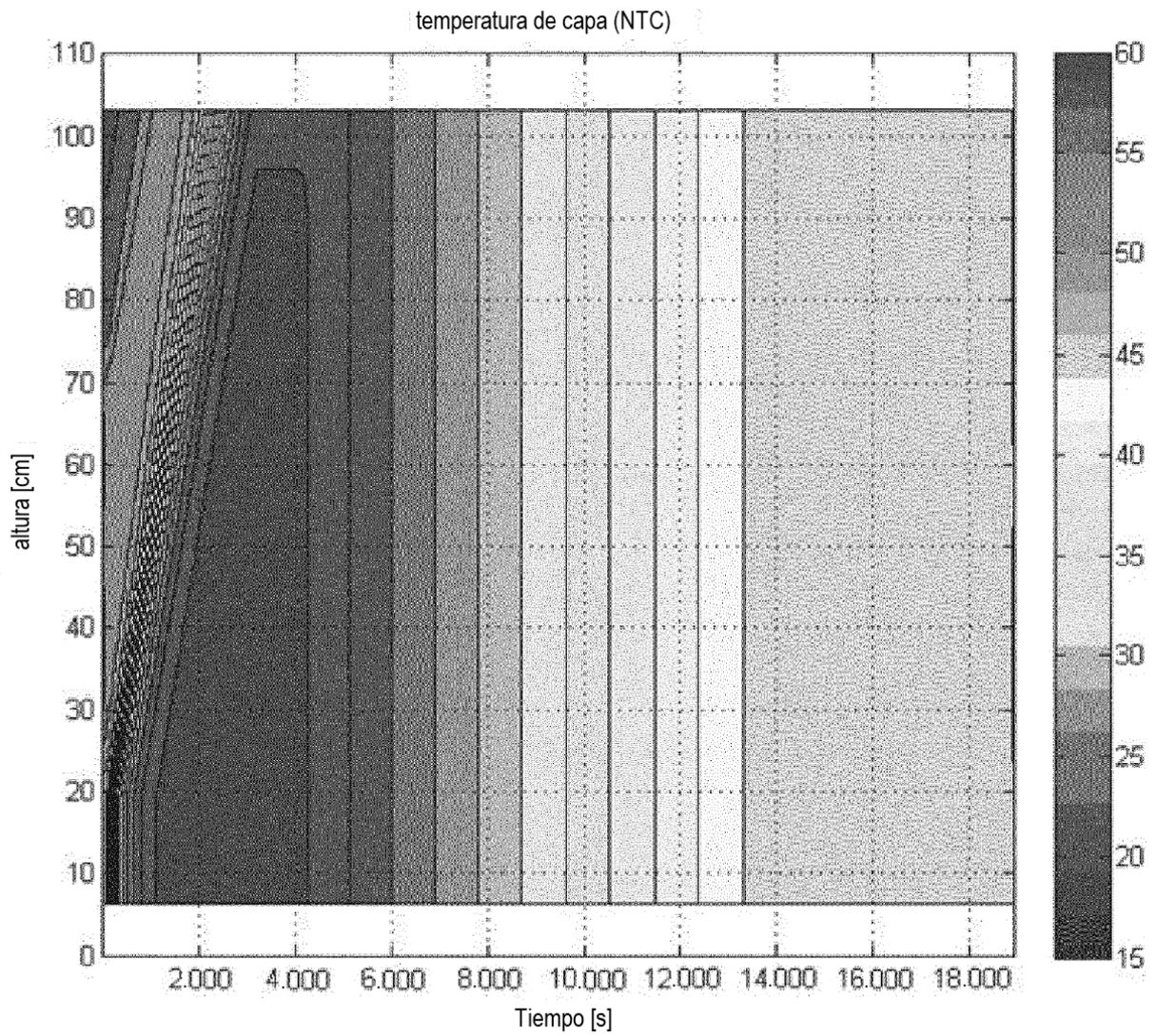
## REIVINDICACIONES

1. Un controlador para utilizarlo con un sistema acumulador de energía térmica regulador que tiene un acumulador (10) de energía térmica regulador, y un medio (2) de almacenamiento térmico contenido en dicho acumulador (10) de energía térmica regulador, por el cual un volumen del medio (2) de almacenamiento térmico está subdividido en una o más partes (21) distintas, de forma que las distintas partes (21) del volumen del medio (2) de almacenamiento térmico forman juntas el total de medio (2) de almacenamiento térmico presente en el acumulador (10) de energía térmica regulador; y el acumulador (10) de energía térmica regulador comprende un sensor (11) de temperatura respectivo para cada parte (21) distintas, con el fin de detectar una temperatura del medio (2) de almacenamiento térmico contenido en la parte (21),
- 5
- 10 estando el controlador adaptado para recibir al menos una señal que representa valores predeterminados relacionados con el acumulador (10) de energía térmica regulador, comprendiendo los valores predeterminados:
- una temperatura máxima ( $T_{max}$ ) establecible por un usuario,
  - una cantidad mínima predeterminada de energía térmica presente en el acumulador (10) de energía térmica regulador, establecible por un usuario y
- 15
- una temperatura mínima predeterminada ( $T_{min}$ )
- en donde el controlador (3) está adaptado para calcular los siguientes valores de energía térmica:
- un valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador,
  - una cantidad mínima de energía de calentamiento que representa la cantidad de energía necesaria para, utilizando un calentador (4), calentar todo el medio (2) de almacenamiento térmico hasta dicha temperatura mínima predeterminada partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador (10) de energía térmica regulador, y
  - una cantidad de energía necesaria para calentar todo el medio (2) de almacenamiento térmico hasta dicha temperatura máxima predeterminada, utilizando el calentador (4), partiendo de la cantidad de energía térmica presente en el acumulador (10) de energía térmica regulador,
- 20
- 25 en donde el controlador (3) está adaptado para controlar el calentador (4) del acumulador térmico regulador (10) en función de dichos valores de energía térmica de forma que la cantidad de energía presente en el acumulador (10) de energía térmica regulador es mayor que o igual a la energía mínima predeterminada presente en el acumulador (10) de energía térmica regulador,
- estando además el controlador (3) adaptado para calcular un valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador multiplicando la temperatura medida por los uno o más sensores (11) que detectan la temperatura de las una o más partes (21) distintas del medio (2) de almacenamiento térmico por el volumen de la al menos una parte de medio (2) de almacenamiento térmico, de manera que se obtiene al menos un valor que representa la energía térmica parcial contenida en la al menos una parte por el medio (2) de almacenamiento térmico y sumando a cada uno de los demás los al menos un valor parcial de energía térmica resultantes, y por que el controlador (3) está adaptado para calcular la cantidad mínima de energía de calentamiento multiplicando la diferencia entre la temperatura mínima predeterminada y la temperatura medida por los uno o más sensores de temperatura de las una o más partes (21) distintas que contienen medio de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por sus sensores (11) respectivos, que es inferior a la temperatura mínima predeterminada, por los respectivos volúmenes de las distintas partes (21) que contienen medio (2) de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por su respectivo sensor (11), que es inferior a la temperatura mínima predeterminada, y sumando a cada uno de los demás los valores resultantes,
- 30
- 35
- 40
- estando el controlador (3) adaptado para calcular la cantidad máxima de energía de calentamiento al menos multiplicando la diferencia entre la temperatura máxima predeterminada y la temperatura medida por los uno o más sensores (11) de temperatura, por el volumen respectivo de la parte (21) correspondiente al sensor (11) de temperatura, y sumando a cada uno de los demás los valores resultantes.
- 45
2. El controlador según la reivindicación 1, en el que el acumulador (10) de energía térmica regulador es una unidad (18) calentadora de agua de un sistema doméstico de agua caliente.
3. El controlador según la reivindicación 1 o 2, en el que el controlador (3) está adaptado para calcular adicionalmente el estado de carga dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador por el valor que representa la cantidad máxima de energía térmica almacenada en el acumulador de energía térmica regulador, o bien el controlador calcula el estado de carga dividiendo el valor que representa la cantidad de energía térmica presente en el acumulador de energía térmica regulador por el volumen total de medio de almacenamiento térmico, multiplicado por la diferencia entre las temperaturas mínima y máxima predeterminadas.
- 50

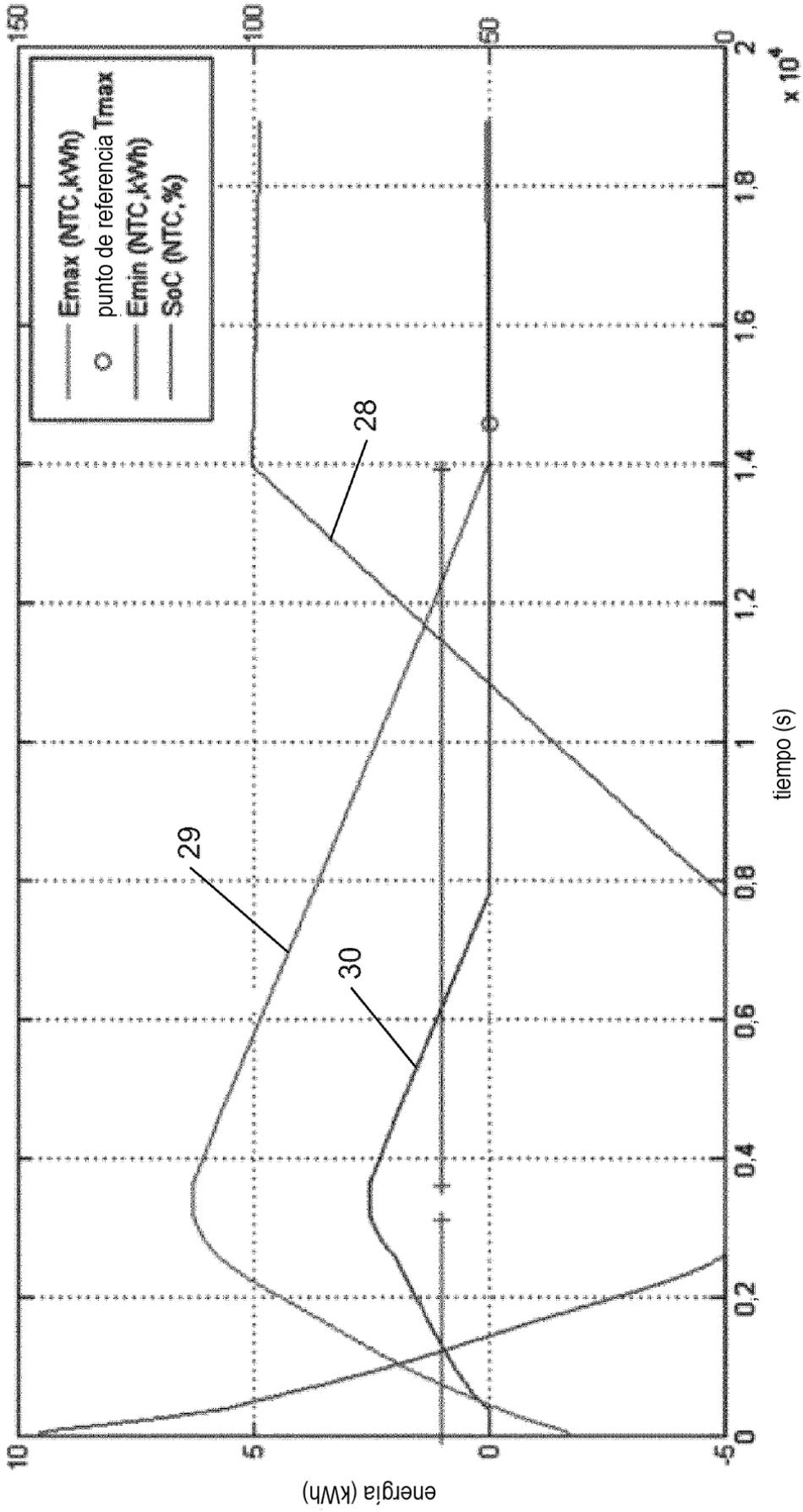
4. El controlador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que el controlador (3) está adaptado para utilizar la temperatura medida por los uno o más sensores (11) de temperatura con respecto a la temperatura mínima predeterminada.
- 5 5. El controlador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que el controlador (3) está adaptado para calcular adicionalmente la cantidad de energía térmica presente en el acumulador (10) de energía térmica regulador utilizando únicamente las distintas partes (21) que contienen medio (2) de almacenamiento térmico a una temperatura, medida por su sensor (11) respectivo, que es mayor que o igual a la temperatura mínima predeterminada.
- 10 6. El controlador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en el que sustancialmente en las ubicaciones respectivas de los sensores (11) de temperatura se guían hacia el exterior del acumulador (10) de energía térmica regulador cables (19) que interconectan los diferentes sensores (11) de temperatura con el controlador (3).
- 15 7. El controlador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, en el que se prevén valores usando una interfaz de cualquiera, cualquier combinación, o todos los  $E_{max}$ ,  $E_{min}$ , estado de carga (SoC) y  $SoC_{min}$ , que es el SoC mínimo que cualquier sistema de control por respuesta a demanda debe mantener para asegurar que esté disponible agua caliente para satisfacer las demandas inmediatas de los usuarios y/o P, el consumo de energía eléctrica del acumulador regulador.
- 20 8. El controlador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, con un sistema de conexión de capacidad variable (VCC), en el cual se establecen límites en tiempo real a nivel doméstico tanto para el consumo como para la producción, la programación del acumulador de energía regulador se puede basar también en la asignación más barata de un primer parámetro  $t_{max}$  con un horizonte de planificación proporcional a un segundo parámetro, donde  $t_{max}$  es el tiempo necesario para cargar por completo el acumulador regulador.
9. El controlador según la reivindicación 8, en el que el segundo parámetro es  $SoC-SoC_{min}$ .



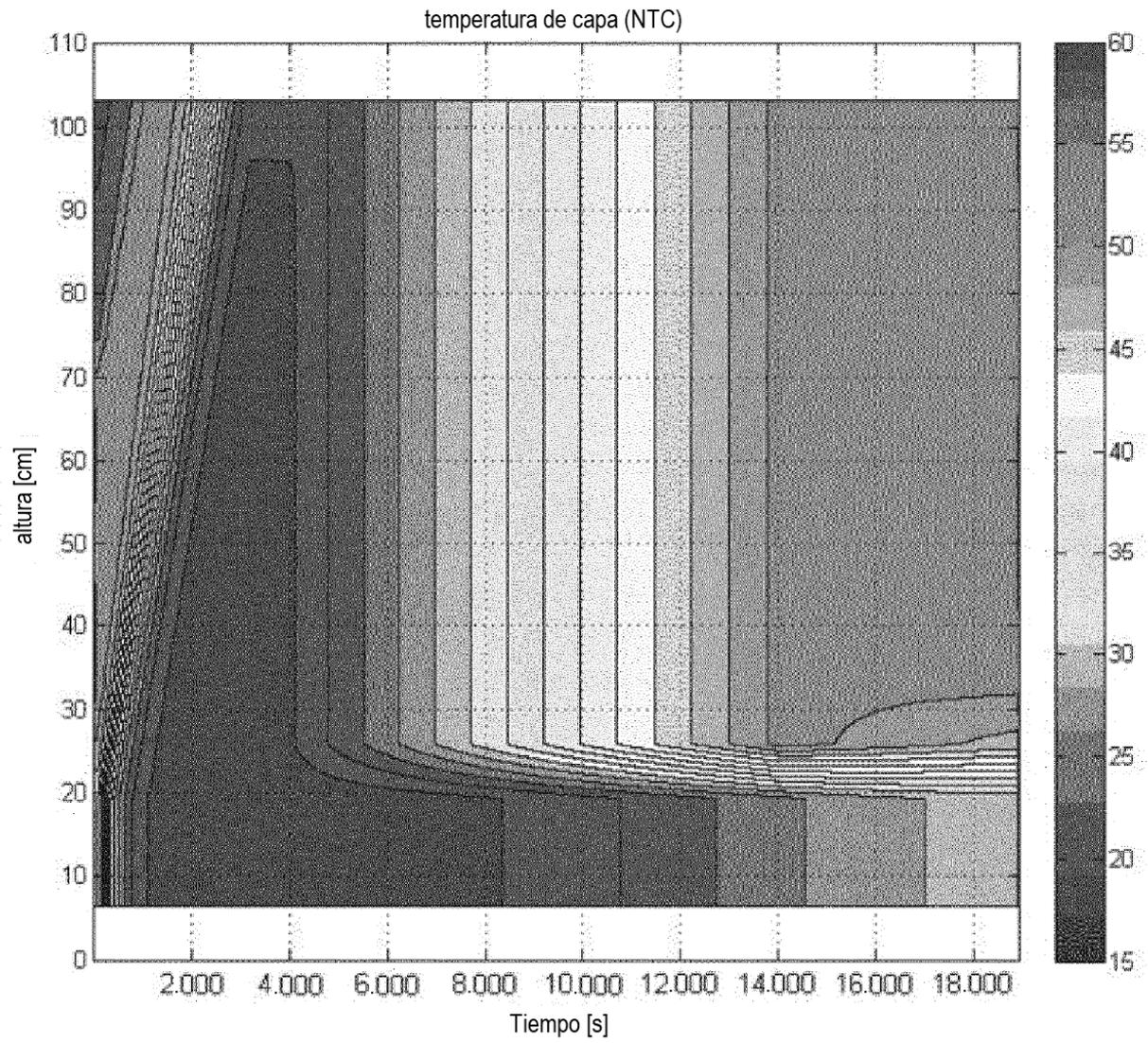
**Fig. 1**



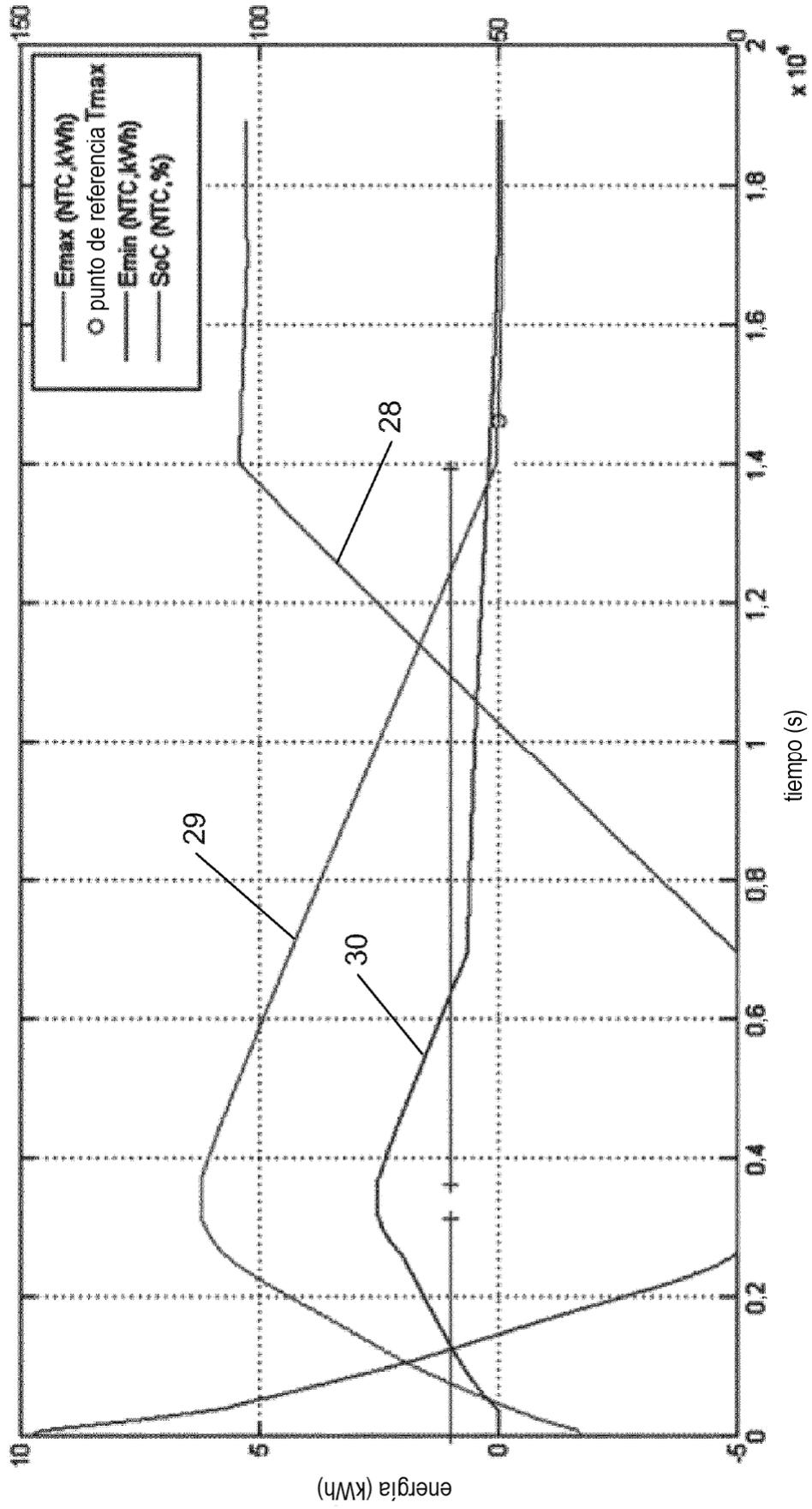
***Fig. 2a***



**Fig. 2b**



***Fig. 3a***



**Fig. 3b**