

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
  
ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 065 348**

21 Número de solicitud: 202430844

51 Int. Cl.:

**F24H 7/00** (2012.01)  
**F24H 7/02** (2012.01)  
**F28D 20/00** (2006.01)  
**F28D 17/02** (2006.01)  
**F24D 13/04** (2006.01)  
**F28F 13/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**18.10.2024**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**05.05.2026**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100,00%)**  
**Avenida Cervantes, 2**  
**29071 Málaga (Málaga) ES**

72 Inventor/es:

**FERNÁNDEZ FERIA, Ramón y**  
**MARTÍN ALCÁNTARA, Antonio**

74 Agente/Representante:

**RUBIO ROMERO, Juan Carlos**

54 Título: **Sistema y método de almacenamiento de calor a alta temperatura**

57 Resumen:

Sistema y Método de almacenamiento de calor a alta temperatura.

La invención se refiere a un sistema de almacenamiento de energía que comprende un depósito (1) y un conjunto calefactor situado dentro del mismo. El depósito (1) tiene una entrada (2) y una salida (3), una longitud (L) y una sección transversal (A). El depósito (1) está relleno de un material poroso (4), que comprende una serie de partículas (5) de un material sólido, donde las partículas tienen un diámetro equivalente, donde el material sólido tiene un valor de densidad ( $\rho_s$ ), calor específico ( $C_s$ ) y un coeficiente de conducción térmica ( $k_s$ ), donde el material poroso (4) tiene un valor de porosidad ( $\epsilon$ ). El conjunto calefactor comprende al menos un dispositivo calefactor (6) introducido dentro del depósito, donde el dispositivo calefactor (6) se extiende a toda la sección transversal (A) del depósito (1) y tiene un espesor (d), medido en dirección de la longitud del depósito, al menos 50 veces menor que la longitud (L) del depósito (1), donde el dispositivo calefactor (6) tiene una estructura reticular con nervios (7) entrelazados, entre los que existen huecos de superficie mayor que el grosor de los nervios (7). El punto medio del conjunto calefactor está situado a una distancia de la entrada (2) del depósito (1) comprendida entre el 70% y el 80% de la longitud (L) del depósito (1).

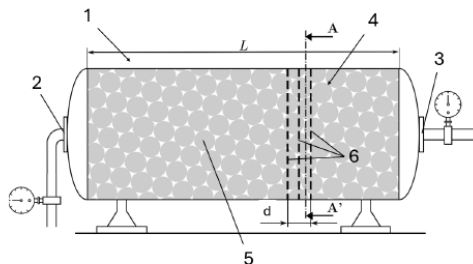


Fig. 1

**DESCRIPCIÓN****SISTEMA Y MÉTODO DE ALMACENAMIENTO DE CALOR A ALTA TEMPERATURA****5 CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención pertenece al campo técnico de los sistemas y métodos de almacenamiento de calor a alta temperatura, de los que contienen un depósito de lecho poroso y un fluido que lo atraviesa.

10

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La intermitencia en la generación de energía renovable ha despertado el interés de muchos investigadores por encontrar soluciones controlables que garanticen un suministro continuo durante los periodos de alta demanda energética. En respuesta a esta necesidad, los sistemas de almacenamiento de energía han ganado gran popularidad en los últimos años debido a su flexibilidad para integrarse con centrales solares y eólicas.

15

Tradicionalmente alimentado por combustibles fósiles o calentadores eléctricos, uno de los sectores más importantes para la descarbonización es la industria del calor de alta temperatura. Dado que estas actividades requieren elevadas cantidades de energía para funcionar, los sistemas de almacenamiento de energía se han convertido en una herramienta esencial para asegurar su flexibilidad y continuidad. Normalmente, la energía se almacena a bajo precio (o cuando está disponible) y se recupera cuando su precio es menos competitivo (o cuando es necesario). Una solución bastante extendida es el uso de sistemas de almacenamiento de energía térmica (TES) combinados con sistemas de generación de calor, preferiblemente procedente de energías renovables, como por ejemplo la energía que se obtiene de plantas de concentración solar (CSP). Sin embargo, muchas veces, la potencia térmica que se aporta no es suficiente, y se requiere un salto térmico adicional para poder satisfacer las condiciones de demanda.

20

25

30

La presente invención aporta una solución versátil y optimizada para este tipo de sistemas de almacenamiento de energía que asegura que el fluido de trabajo que atraviesa el sistema abandone el depósito a la temperatura deseada.

35

## DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCION

La presente invención aporta una mejora a las soluciones conocidas en almacenamiento de energía, mediante un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de almacenamiento de energía de acuerdo con la reivindicación 14.

En un primer aspecto inventivo, la invención se refiere a un sistema de almacenamiento de energía que comprende

un depósito longitudinal con eje recto y sección transversal constante que comprende una entrada y una salida, donde el depósito tiene una longitud, un diámetro y una sección transversal, donde el depósito está relleno de un material poroso, donde el material poroso comprende una serie de partículas de un material sólido, donde las partículas tienen un diámetro equivalente, donde el material sólido tiene un valor de densidad, calor específico y un coeficiente de conducción térmica, donde el material poroso tiene un valor de porosidad;

un conjunto calefactor que comprende al menos un dispositivo calefactor introducido dentro del depósito, donde el dispositivo calefactor se extiende a toda la sección transversal del depósito y tiene un espesor, medido en dirección de la longitud del depósito, al menos 50 veces menor que la longitud del depósito, donde el dispositivo calefactor tiene una estructura reticular con nervios entrelazados, entre los que existen huecos de superficie mayor que el grosor de los nervios;

donde el punto medio del conjunto calefactor está situado a una distancia de la entrada del depósito comprendida entre el 70% y el 80% de la longitud del depósito.

El depósito es un contenedor que se extiende en dirección longitudinal con un eje recto y sección transversal constante. Esta sección puede ser poligonal o curvilínea, por lo que cualquier tipo de prisma o cilindro recto entraría dentro de la definición, en particular prismas poligonales o cilindros de base circular, ovalada o que tengan cualquier otra curva cerrada como sección transversal.

Este conjunto calefactor está adaptado para ser atravesado por un fluido de trabajo desde la entrada del depósito hasta la salida. De este modo, gracias a un aporte de calor en el conjunto calefactor, el fluido de trabajo experimentará un incremento de temperatura.

Gracias a la posición y espesor del conjunto calefactor, se logra optimizar el intercambio de energía entre dicho conjunto calefactor y el fluido de trabajo, maximizando el incremento de temperatura para una cantidad de calor aportado dada.

- 5 En realizaciones preferentes, el material sólido es uno de entre alúmina, magnesio o grafito. Estos materiales, junto con algunos otros, permiten ser utilizados a altas temperaturas y permiten una buena transferencia de calor con el fluido de trabajo.

- 10 En realizaciones preferentes, el espesor del conjunto calefactor es al menos 100 veces menor, en particular 200 o 500 veces menor, que la longitud del depósito.

- La longitud del depósito es una magnitud importante, ya que marca la distancia a lo largo de la cual se produce el intercambio de calor entre el medio poroso y el fluido de trabajo. El espesor del conjunto calefactor está medido en la misma dirección que la longitud del  
15 depósito (i.e., en dirección longitudinal). Cuando el espesor del conjunto calefactor, como en estos casos, es mucho menor que la longitud del depósito, se permite un mejor control del intercambio de temperatura.

- 20 En realizaciones preferentes, el diámetro equivalente de las partículas del material sólido está comprendido entre  $1/1.500$  y  $1/750$  veces la longitud del depósito. En realizaciones preferentes, el diámetro equivalente de las partículas del material sólido es al menos 1 mm.

- El diámetro equivalente de una partícula se define como el diámetro de una esfera que tiene el mismo volumen que la partícula. De este modo, el tamaño de partículas con formas  
25 irregulares y diferentes pueden compararse y caracterizarse.

Cuando las partículas tienen un tamaño como el definido en estas realizaciones, se optimiza la transferencia de calor entre el medio poroso y el fluido de trabajo

- 30 En realizaciones preferentes, el material sólido tiene un calor específico comprendido entre 750 y 1.000 J/kg K a la temperatura de 298 K. En realizaciones preferentes, el material sólido tiene una densidad comprendida entre 2.500 y 5.000 kg/m<sup>3</sup> a la temperatura de 298 K. En realizaciones preferentes, el material sólido tiene una conductividad térmica comprendida entre 35 y 115 W/m·K a la temperatura de 298 K.

35

Estos rangos optimizan el comportamiento del material poroso compuesto por las partículas de material sólido del depósito. De este modo, se optimiza el intercambio de calor entre el medio poroso y el fluido de trabajo.

- 5 En realizaciones preferentes, el sistema de almacenamiento de energía comprende al menos dos dispositivos calefactores, donde la separación entre una pareja de dispositivos calefactores adyacentes es igual que la separación entre otra pareja diferente de dispositivos calefactores adyacentes.
- 10 En ocasiones es conveniente distribuir el intercambio de energía en más de un dispositivo calefactor, por cuestiones de potencia o cualquier otra estrategia. En este caso, la distribución óptima es que todos los dispositivos calefactores estén equiespaciados en la zona del conjunto calefactor.
- 15 En realizaciones preferentes, la estructura de los nervios de un dispositivo calefactor no está alineada con la disposición de los nervios del dispositivo calefactor adyacente, visto en dirección de la longitud del depósito.

- El sistema de almacenamiento está configurado para que un fluido de trabajo viaje a través del mismo en dirección longitudinal. De este modo, el fluido de trabajo “verá” la estructura de nervios de cada dispositivo calefactor en esta dirección. Para provocar una mejor transferencia de calor, es positivo que la alineación de cada estructura sea diferente, desde el punto de vista del fluido de trabajo. Por ello, cuando hay varios dispositivos calefactores, el dispositivo siguiente puede estar rotado con respecto al anterior, o puede tener una estructura transformada por desplazamiento o cualquier otra transformación que haga que la “visión” del fluido de trabajo en la dirección longitudinal no sea idéntica.
- 20
- 25

En realizaciones preferentes,

- el número de dispositivos calefactores es múltiplo de tres;
- 30 cada dispositivo calefactor tiene unas tomas de conexión externas y al menos una toma de conexión interna;
- un primer grupo de dispositivos calefactores comprende la tercera parte del total de los dispositivos calefactores,
- un segundo grupo de dispositivos calefactores comprende la tercera parte del total
- 35 de los dispositivos calefactores,

un tercer grupo de dispositivos calefactores comprende la tercera parte del total de los dispositivos calefactores,

5 cada toma de conexión externa de un dispositivo calefactor del primer grupo de dispositivos calefactores está conectada a una primera fase de red trifásica, cada toma de conexión externa de un dispositivo calefactor del segundo grupo de dispositivos calefactores está conectada a una segunda fase de red trifásica y cada toma de conexión externa de un dispositivo calefactor del tercer grupo de dispositivos calefactores está conectado a una tercera fase de red trifásica,

10 cada toma de conexión interna de un dispositivo calefactor del primer grupo de dispositivos calefactores está conectado a una de las tomas de conexión externas de un dispositivo calefactor del segundo grupo de dispositivos calefactores, cada toma de conexión interna de un dispositivo calefactor del segundo grupo de dispositivos calefactores está conectada a una de las tomas de conexión externas de un dispositivo calefactor del tercer grupo de dispositivos calefactores y cada toma de conexión interna de  
15 un dispositivo calefactor del tercer grupo de dispositivos calefactores está conectada a una de las tomas de conexión externas de un dispositivo calefactor del primer grupo de dispositivos calefactores.

20 Cuando se requiere una mayor potencia de disipación, es posible conectar el grupo de dispositivos calefactores al sistema trifásico. En este caso, se divide el número de calefactores en tres grupos, y las conexiones eléctricas se establecen, bien en configuración triángulo, o bien en configuración estrella (con o sin neutro). De este modo, se aumenta la potencia calorífica que puede ser proporcionada por el dispositivo.

25 En realizaciones preferentes, los dispositivos calefactores están realizados de SiC o MoSi<sub>2</sub>. Estos materiales son adecuados para soportar altas temperaturas y proporcionar un buen compromiso entre durabilidad y prestaciones.

30 En realizaciones preferentes, los nervios del dispositivo calefactor forman una estructura de panal de abeja, donde los nervios definen hexágonos entrelazados entre sí.

Esta estructura permite un buen intercambio de calor y un comportamiento predecible.

35 En un segundo aspecto inventivo, la invención proporciona un método de almacenamiento de energía que comprende las siguientes etapas:

definir un fluido de trabajo, donde el fluido de trabajo tiene una densidad y un calor específico

proporcionar un sistema de almacenamiento de energía según el primer aspecto inventivo;

- 5 definir el valor de cuatro de las siguientes seis magnitudes: salto de temperatura deseado, gasto másico del fluido de trabajo, potencia calorífica requerida, porosidad del medio poroso, longitud del depósito, área transversal de depósito

obtener las dos magnitudes restantes mediante las dos relaciones siguientes:

$$\varepsilon = 1 - \frac{2}{25} \cdot \frac{Q \cdot L^2}{k_s \cdot \Delta T}$$

10 
$$A = G \cdot C_p \cdot \frac{\Delta T}{Q \cdot L}$$

ejercer una diferencia de presión entre la salida del depósito y la entrada del depósito, lo cual da lugar a que el fluido de trabajo fluya desde la entrada a la salida del depósito con el valor de gasto másico del fluido de trabajo definido o calculado;

- 15 satisfacer una potencia calorífica Q en el al menos un dispositivo calefactor, con el valor de potencia calorífica definido o calculado.

Este método permite el diseño y el uso de un dispositivo calefactor según la invención, optimizado para unas condiciones de operación concretas.

- 20 El dispositivo tiene varios grados de libertad en su implementación: porosidad del medio poroso, longitud del depósito, y área transversal de depósito. Por otro lado, las condiciones de operación concretas pueden marcar el salto de temperatura deseado, gasto másico del fluido de trabajo o la potencia calorífica requerida.

- 25 Existen dos ecuaciones que marcan la optimización del proceso, por lo que es posible dejar libres dos de estos seis parámetros: se definen cuatro de ellos y los dos restantes se calculan con las ecuaciones dadas.

- 30 Por ejemplo, se pueden definir el salto de temperatura deseado, el gasto másico del fluido de trabajo, la potencia calorífica de demanda, y la longitud del depósito, y calcular posteriormente la porosidad del medio poroso y el área transversal de depósito. Una vez se tienen los seis parámetros caracterizados, se puede diseñar y ajustar el dispositivo y hacerlo funcionar bajo condiciones óptimas.

En realizaciones particulares, el producto de la densidad del sólido por el calor específico del sólido (calor específico volumétrico) es entre  $10^4$  y  $10^6$  veces mayor que el producto entre la densidad del fluido de trabajo por el calor específico del fluido de trabajo.

- 5 Cuando esta relación se verifica, se optimiza el funcionamiento del dispositivo.

Todos los términos y realizaciones descritos en cualquier parte de este documento son igualmente aplicables a todos los aspectos de la invención. Cabe señalar que, tal como se utilizan en la descripción y en las reivindicaciones, las formas singulares "un", "una" y "el",  
10 "la" incluyen sus plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Del mismo modo, el término "comprende" o "que comprende", tal como se utiliza en el presente documento, también describe "consiste en" o "que consiste en" de acuerdo con la práctica de patentes generalmente aceptada. Además, cualquiera de los rangos paramétricos y/o valores únicos de temperatura (T), presión (P), etc. descritos en los ejemplos puede  
15 utilizarse, en diferentes realizaciones de la invención, de forma aislada o combinada.

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- 20 A continuación, se presenta una descripción breve de cada una de las figuras usadas para complementar la descripción de la invención que sigue, con carácter ilustrativo y no limitativo:

La Figura 1 muestra una vista en un corte de perfil de un sistema de almacenamiento de  
25 energía de acuerdo con la invención.

La Figura 2 representa una vista en el corte A – A' en alzado de dicho dispositivo, a la altura de los dispositivos calefactores.

- 30 Las Figuras 3a y 3b muestran un primer dispositivo calefactor y un segundo dispositivo calefactor consecutivos, rotado uno respecto del otro, dentro de un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con la invención.

La Figura 4 muestra un posible esquema eléctrico de conexión trifásica tipo triángulo entre  
35 los tres dispositivos calefactores.

La Figura 5 muestra otro posible esquema eléctrico de conexión trifásica tipo estrella con neutro entre los tres dispositivos calefactores.

Las Figuras 6 y 7 muestran ejemplos de funcionamiento de dispositivos que no son de acuerdo con la invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor 10 veces menor que la longitud del depósito

La Figura 8 muestra un ejemplo de funcionamiento de un dispositivo de acuerdo a la invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor 20 veces menor que la longitud del depósito y un conjunto calefactor situado a una distancia de la entrada igual al 75% de la longitud del depósito.

La Figura 9 muestra un ejemplo de funcionamiento de un dispositivo que no es de acuerdo con la invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor 100 veces menor que la longitud del depósito, pero el conjunto calefactor está situado a una distancia de la entrada igual al 90% de la longitud del depósito.

La Figura 10 muestra un ejemplo de funcionamiento de un dispositivo de acuerdo a la invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor 100 veces menor que la longitud del depósito y un conjunto calefactor situado a una distancia de la entrada igual al 75% de la longitud del depósito.

#### Referencias numéricas de las figuras

25

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características técnicas de la invención, las citadas figuras se acompañan de una serie de referencias numéricas donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se representa lo siguiente:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 | Depósito                      |
| 2 | Entrada del depósito          |
| 3 | Salida del depósito           |
| 4 | Material poroso               |
| 5 | Partículas de material sólido |
| 6 | Dispositivo calefactor        |

|    |                                                             |
|----|-------------------------------------------------------------|
| 7  | Nervios                                                     |
| 11 | Toma de conexión externa del primer dispositivo calefactor  |
| 12 | Toma de conexión externa del segundo dispositivo calefactor |
| 13 | Toma de conexión externa del tercer dispositivo calefactor  |
| 14 | Toma de conexión interna del primer dispositivo calefactor  |
| 15 | Toma de conexión interna del segundo dispositivo calefactor |
| 16 | Toma de conexión interna del tercer dispositivo calefactor  |
| A  | Sección transversal del depósito                            |
| L  | Longitud del depósito                                       |
| d  | Espesor del conjunto calefactor                             |
| R  | Primera línea trifásica                                     |
| S  | Segunda línea trifásica                                     |
| T  | Tercera línea trifásica                                     |

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- 5 La descripción detallada de la presente invención que se describirá a continuación se refiere a los dibujos adjuntos, que ilustran realizaciones específicas en las que se puede implementar la presente invención. Estas realizaciones se describirán con el suficiente detalle como para permitir a los expertos en la materia implementar la presente invención. Debe entenderse que varias realizaciones de la presente invención son diferentes entre sí,
- 10 pero no tienen por qué ser mutuamente excluyentes. En consecuencia, la descripción detallada que se describirá a continuación no pretende ser tomada en un sentido restrictivo, y el alcance de la presente invención, si se describe correctamente, está limitado únicamente por las reivindicaciones adjuntas, además de todos los alcances equivalentes a los reivindicados por las reivindicaciones adjuntas. En los dibujos, los números de
- 15 referencia se refieren a las mismas funciones o funciones similares en varios aspectos.

A continuación, las realizaciones preferentes de la presente invención se describirán con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

- 20 La Figura 1 muestra una vista en un corte de perfil de un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con la invención.

Este sistema comprende un depósito 1 con una entrada 2 y una salida 3. El depósito 1 es en este caso un depósito cilíndrico y tiene una longitud L y una sección transversal A.

Este depósito 1 está relleno de un material poroso 4, que ocupa todo el interior del depósito.

- 5 El material poroso 4 comprende una serie de partículas 5 de alúmina. El diámetro equivalente de las partículas de alúmina está comprendido entre  $1/1.500$  y  $1/750$  veces la longitud del depósito y, en todo caso, es al menos 1 mm.

- Además, el sistema comprende un conjunto calefactor, que comprende tres dispositivos  
10 calefactores 6 instalados dentro del depósito 1. Cada dispositivo calefactor 6 está realizado en carburo de silicio y tiene forma de disco con estructura de panal de abeja, y ocupa toda la sección transversal del depósito 1. El carburo de silicio puede operar a altas temperaturas y permite disipar una elevada potencia térmica. De hecho, cada calefactor está diseñado para producir una disipación máxima de potencia por efecto Joule en el  
15 rango entre 100 y 200 kW/m<sup>2</sup>.

- Los dispositivos calefactores 6 están equiespaciados, de modo que dos dispositivos calefactores adyacentes están situados entre sí a una distancia de 0,005 veces L y el punto medio del segundo conjunto calefactor (el que está situado en el medio) está situado a una  
20 distancia de la entrada 2 del depósito 1 del 75% de la longitud L del depósito 1.

El diseño y los materiales que componen el sistema de almacenamiento de energía se eligen en función de la aplicación del mismo y del fluido de trabajo que se vaya a utilizar, tal y como se explicará más adelante.

25

La Figura 2 representa una vista en un corte (A – A') en alzado de dicho dispositivo, a la altura de los dispositivos calefactores.

- La estructura de panal de abeja consiste en unos nervios 7 que forman estructuras  
30 elementales hexagonales que se van entrelazando, formando la mencionada estructura de panal de abeja. Las estructuras elementales son huecas, de modo que el fluido puede fluir a través de los dispositivos calefactores 6. En todo caso, los nervios 7 de cada dispositivo calefactor 6 tienen una porosidad similar a la del material poroso 4.

La estructura de los nervios 7 de un dispositivo calefactor 6 no está alineada con la disposición de los nervios del dispositivo calefactor adyacente, visto en dirección de la longitud del depósito.

- 5 Esto se observa en las Figuras 3a y 3b, donde se muestran un primer dispositivo calefactor 6 y un segundo dispositivo calefactor 6', situado a continuación del primer dispositivo calefactor 6. Como puede observarse en estas figuras, en ambos dispositivos calefactores 6, 6' la estructura de nervios 7 es de tipo panel de abeja, con un conjunto de hexágonos entrelazados. En el segundo dispositivo calefactor 6', esta estructura está rotada con  
10 respecto a la estructura del primer dispositivo calefactor, favoreciendo un intercambio de calor más homogéneo.

La Figura 4 muestra un posible esquema eléctrico de conexión tipo triángulo entre los tres dispositivos calefactores.

15

En este ejemplo particular, se utiliza una conexión eléctrica a una red de suministro trifásico.

- Como puede verse en la imagen, en este caso hay tres dispositivos calefactores. Cada  
20 dispositivo calefactor está conectado entre dos fases del sistema trifásico de potencia. Las tomas de conexión externas 11 del primer dispositivo calefactor se conectan a la fase R, las tomas de conexión externas 12 del segundo dispositivo calefactor a la fase S, y las tomas de conexión externas 13 del tercer dispositivo calefactor, a la fase T. Por su parte, la toma de conexión interna 14 del primer dispositivo calefactor se conecta a las tomas de  
25 conexión externas 12 del segundo dispositivo calefactor (fase S), la toma de conexión interna 15 del segundo dispositivo calefactor está conectada a las tomas de conexión externas 13 del tercer dispositivo calefactor (fase T), y la toma de conexión interna 16 del del tercer dispositivo calefactor está conectada las tomas de conexión externas 11 del primer dispositivo calefactor (fase R).

30

La Figura 5 muestra otro posible esquema eléctrico de conexión entre los tres dispositivos calefactores.

- En este ejemplo particular, se utiliza una conexión eléctrica trifásica tipo estrella a una red  
35 de suministro trifásica, pero su conexión es compatible con una red de distribución monofásica.

En este caso hay también tres dispositivos calefactores, pero este ejemplo es extrapolable al caso de tener un número de dispositivos calefactores que no sea múltiplo de tres. Cada dispositivo calefactor tiene unas tomas de conexión externas y otras internas. En este caso, 5 todas las tomas externas de conexión de cada dispositivo calefactor 11, 12, 13 están conectados a una de las fases que se distribuya, mientras que todas las tomas internas de los dispositivos calefactores 14, 15, 16 están conectados al conductor neutro. Si se conectara a una red trifásica equilibrada en tensiones, y el número de dispositivos calefactores conectados a cada una de las tres fases fuera el mismo, se podrían unir 10 eléctricamente todas las tomas de conexión internas entre sí, no sería necesario conectar el conductor neutro ya que formarían un punto neutro artificial.

A la hora de utilizar un dispositivo de almacenamiento de energía de acuerdo con la invención, se siguen los siguientes pasos.

15

Primeramente, se elige un fluido de trabajo, donde el fluido de trabajo tiene una densidad  $\rho$  y un calor específico  $C_p$ . Este fluido de trabajo puede ser, por ejemplo, aire o  $\text{CO}_2$ .

Una vez se ha elegido el fluido de trabajo, hay que diseñar el dispositivo de 20 almacenamiento de energía. Para ello se define el valor de cuatro de las siguientes seis magnitudes: salto de temperatura deseado  $\Delta T$ , gasto másico del fluido de trabajo  $G$ , potencia calorífica requerida  $Q$ , porosidad del medio poroso  $\epsilon$ , longitud del depósito  $L$ , área transversal de depósito  $A$ .

25 Tres de estos parámetros corresponden al diseño del depósito en sí: porosidad del medio poroso  $\epsilon$ , longitud del depósito  $L$ , área transversal de depósito  $A$ , mientras que otros tres parámetros corresponden a la operación del mismo: salto de temperatura deseado  $\Delta T$ , gasto másico del fluido de trabajo  $G$ , potencia calorífica demandada  $Q$ .

30 Además, por haber elegido un fluido de trabajo particular, este fluido de trabajo tiene un calor específico  $C_p$ , y por haber elegido un material poroso en particular, este material tiene un coeficiente de conducción térmica  $k_s$ .

En el caso particular que nos ocupa, se definen los siguientes parámetros del depósito:

- 35
- porosidad del medio poroso  $\epsilon$ , a calcular
  - longitud del depósito  $L = 6 \text{ m}$

- área transversal de depósito A, a calcular

En cuanto al material sólido que conformará el medio poroso:

- $k_s = 31 \text{ W/(m K)}$

5

En cuando al fluido de trabajo (aire):

- $C_p = 1000 \text{ J/(kg K)}$

En cuanto a los parámetros de operación:

10

- Potencia calorífica demandada  $Q = 1 \text{ kW/m}^3$
- Salto de temperatura  $\Delta T = 500 \text{ K}$ , ya que se quiere operar entre 500 y 1000 K
- Gasto másico del fluido de trabajo a través del depósito  $G = 0,040 \text{ kg/s}$

Una vez tenemos estos parámetros elegidos, se calcula la porosidad y la sección

15

transversal del depósito con las relaciones indicadas anteriormente:

$$\varepsilon = 1 - \frac{2}{25} \cdot \frac{Q \cdot L^2}{k_s \cdot \Delta T} = 0,81$$

$$A = G \cdot C_p \cdot \frac{\Delta T}{Q \cdot L} = 3,33 \text{ m}^2$$

- 20 Una vez que se tienen todos los valores calculados y el dispositivo personalizado con estos valores de porosidad y sección transversal, se ejercerá una diferencia de presión entre la salida del depósito y la entrada del depósito, lo cual da lugar a que el fluido de trabajo fluya desde la entrada a la salida del depósito con el valor de gasto másico del fluido de trabajo definido, mientras se aplica una potencia calorífica Q en el conjunto de dispositivos
- 25 calefactores, con el valor de potencia calorífica definido.

En todo caso, el producto de la densidad del sólido ( $\rho_s$ ) por el calor específico del sólido ( $C_s$ ) es entre  $10^4$  y  $10^6$  veces mayor que el producto entre la densidad del fluido de trabajo ( $\rho$ ) por el calor específico del fluido de trabajo ( $C_p$ ).

30

Las Figuras 6 y 7 muestran ejemplos de funcionamiento de dispositivos que no son de acuerdo con la invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor d 10 veces menor que la longitud del depósito; es

decir, fuera del rango de 50 veces menor que la longitud del depósito, exigido en la presente invención.

Para estas condiciones, se muestra la variable  $\theta$  que representa el salto de temperatura del fluido con respecto a la temperatura inicial, adimensionalizada con el salto ideal  $\Delta T$ ,  
 5 frente a la distancia  $\eta$ , que es el parámetro longitudinal adimensionalizado con la longitud del depósito. Es decir, que lo deseable es obtener a la salida del depósito (es decir, para  $\eta = 1$ ) un  $\theta = 1$  (es decir, una temperatura igual a la planificada para la salida). Esta relación se muestra para tres valores diferentes de tiempo adimensional, que es el parámetro  
 10 tiempo adimensionalizado con el tiempo que tarda el fluido en recorrer el depósito en régimen estacionario.

En estas circunstancias, se observa en las figuras 6 y 7 cómo la temperatura no llega a alcanzar la temperatura final ideal ( $\theta$  no llega a ser igual a 1 para  $\eta = 1$ ). En la figura 6, el  
 15 conjunto calefactor se ha centrado a la mitad del depósito (en  $\eta = 0,5$ ) y en la figura 7, el conjunto calefactor se ha centrado en la posición al 75% de la longitud del depósito (en  $\eta = 0,75$ ). En ninguno de los casos se alcanza la temperatura deseada.

La Figura 8 muestra un ejemplo de funcionamiento de un dispositivo de acuerdo a la  
 20 invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor  $d$  50 veces menor que la longitud del depósito y un conjunto calefactor situado a una distancia de la entrada igual al 75% de la longitud del depósito.

Para estas condiciones, se muestran las mismas variables  $\theta$  y  $\eta$ , en los mismos tres valores  
 25 diferentes de tiempo adimensional.

En estas circunstancias, se observa cómo la temperatura llega a alcanzar la temperatura final ideal ( $\theta = 1$  para  $\eta = 1$ ).

30 La Figura 9 muestra un ejemplo de funcionamiento de un dispositivo que no es de acuerdo con la invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor  $d$  100 veces menor que la longitud del depósito (esto sí estaría de acuerdo con la invención), pero el conjunto calefactor está situado a una distancia de la entrada igual al 90% de la longitud del depósito (fuera del rango requerido en la presente  
 35 invención).

Para estas condiciones, se muestran las mismas variables  $\theta$  y  $\eta$ , en los mismos tres valores diferentes de tiempo adimensional.

5 En estas circunstancias, se observa cómo la temperatura no llega a alcanzar la temperatura final ideal ( $\theta$  no llega a ser igual a 1 para  $\eta = 1$ ).

10 Finalmente, la Figura 10 muestra un ejemplo de funcionamiento de un dispositivo de acuerdo a la invención, ya que son datos obtenidos con un dispositivo en el que el dispositivo calefactor tiene un espesor  $d$  100 veces menor que la longitud del depósito y un conjunto calefactor situado a una distancia de la entrada igual al 75% de la longitud del depósito.

Para estas condiciones, se muestran las mismas variables  $\theta$  y  $\eta$ , en los mismos tres valores diferentes de tiempo adimensional.

15

En estas circunstancias, se observa cómo la temperatura alcanza la temperatura final ideal ( $\theta = 1$  para  $\eta = 1$ ) incluso antes de llegar al tiempo estacionario.

## REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de almacenamiento de energía que comprende

un depósito (1) longitudinal con eje recto y sección transversal constante, que comprende una entrada (2) y una salida (3), donde el depósito (1) tiene una longitud (L), un diámetro y una sección transversal (A), donde el depósito (1) está relleno de un material poroso (4), donde el material poroso (4) comprende una serie de partículas (5) de un material sólido, donde las partículas tienen un diámetro equivalente, donde el material sólido tiene un valor de densidad ( $\rho_s$ ), calor específico ( $C_s$ ) y un coeficiente de conducción térmica ( $k_s$ ), donde el material poroso (4) tiene un valor de porosidad ( $\epsilon$ );

un conjunto calefactor que comprende al menos un dispositivo calefactor (6) introducido dentro del depósito, donde el dispositivo calefactor (6) se extiende a toda la sección transversal (A) del depósito (1) y tiene un espesor (d), medido en dirección de la longitud del depósito, al menos 50 veces menor que la longitud (L) del depósito (1), donde el dispositivo calefactor (6) tiene una estructura reticular con nervios (7) entrelazados, entre los que existen huecos de superficie mayor que el grosor de los nervios (7);

donde el punto medio del conjunto calefactor está situado a una distancia de la entrada (2) del depósito (1) comprendida entre el 70% y el 80% de la longitud (L) del depósito (1).

2.- Sistema de almacenamiento de energía según la reivindicación 1, donde el material sólido es uno de entre alúmina, magnesio o grafito.

3.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el espesor (d) del conjunto calefactor es al menos 100 veces menor, en particular 200 o 500 veces menor, que la longitud (L) del depósito (1).

4.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el diámetro equivalente de las partículas (5) del material sólido está comprendido entre 1/1.500 y 1/750 veces la longitud (L) del depósito (1).

5.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el diámetro equivalente de las partículas (5) del material sólido es al menos 1 mm.

6.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material sólido tiene un calor específico comprendido entre 750 y 1.000 J/kg K a la temperatura de 298 K.

5 7.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material sólido tiene una densidad comprendida entre 2.500 y 5.000 kg/m<sup>3</sup> a la temperatura de 298 K.

8.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones  
10 anteriores, donde el material sólido tiene una conductividad térmica comprendida entre 35 y 115 W/m·K a la temperatura de 298 K.

9.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos dos dispositivos calefactores (6), donde la separación  
15 entre una pareja de dispositivos calefactores (6) adyacentes es la igual que la separación entre otra pareja diferente de dispositivos calefactores (6) adyacentes.

10.- Sistema de almacenamiento de energía según la reivindicación 9, donde la estructura de los nervios (7) de un dispositivo calefactor (6) no está alineada con la disposición de los  
20 nervios (7) del dispositivo calefactor (6) adyacente, visto en dirección de la longitud (L) del depósito (1).

11.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, donde

25 el número de dispositivos calefactores (6) es múltiplo de tres,  
cada dispositivo calefactor tiene unas tomas de conexión externas (11, 12, 13) y al menos una toma de conexión interna (14, 15, 16);

un primer grupo de dispositivos calefactores comprende la tercera parte del total de los dispositivos calefactores (6),

30 un segundo grupo de dispositivos calefactores comprende la tercera parte del total de los dispositivos calefactores (6),

un tercer grupo de dispositivos calefactores comprende la tercera parte del total de los dispositivos calefactores (6),

35 cada toma de conexión externa (11) de un dispositivo calefactor del primer grupo de dispositivos calefactores está conectada a una primera fase de red trifásica (R), cada toma de conexión externa (12) de un dispositivo calefactor del segundo grupo de

dispositivos calefactores está conectada a una segunda fase de red trifásica (S) y cada toma de conexión externa (13) de un dispositivo calefactor del tercer grupo de dispositivos calefactores está conectada a una tercera fase de red trifásica (T),

5 cada toma interna de conexión (14) de un dispositivo calefactor del primer grupo de dispositivos calefactores está conectada a una de las tomas de conexión externas (12) de un dispositivo calefactor del segundo grupo de dispositivos calefactores, cada toma interna de conexión (15) de un dispositivo calefactor del segundo grupo de dispositivos calefactores está conectada a una de las tomas de conexión externas (13) de un dispositivo calefactor del tercer grupo de dispositivos calefactores y cada toma interna de conexión  
10 (16) de un dispositivo calefactor del tercer grupo de dispositivos calefactores está conectada a una de las tomas de conexión externa (11) de un dispositivo calefactor del primer grupo de dispositivos calefactores.

12.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones  
15 anteriores, donde los dispositivos calefactores (6) están realizados de SiC o MoSi<sub>2</sub>.

13.- Sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los nervios (7) del dispositivo calefactor (6) forman una estructura de panal de abeja, donde los nervios definen hexágonos entrelazados entre sí.

20

14.- Método de almacenamiento de energía que comprende las siguientes etapas:

definir un fluido de trabajo, donde el fluido de trabajo tiene una densidad ( $\rho$ ) y un calor específico ( $C_p$ )

25 proporcionar un sistema de almacenamiento de energía según cualquiera de las reivindicaciones anteriores;

definir el valor de cuatro de las siguientes seis magnitudes valores: salto de temperatura deseado ( $\Delta T$ ), gasto másico del fluido de trabajo (G), potencia calorífica requerida (Q), porosidad del medio poroso ( $\epsilon$ ), longitud del depósito (L), área transversal de depósito (A)

30 obtener las dos magnitudes restantes mediante las dos relaciones siguientes:

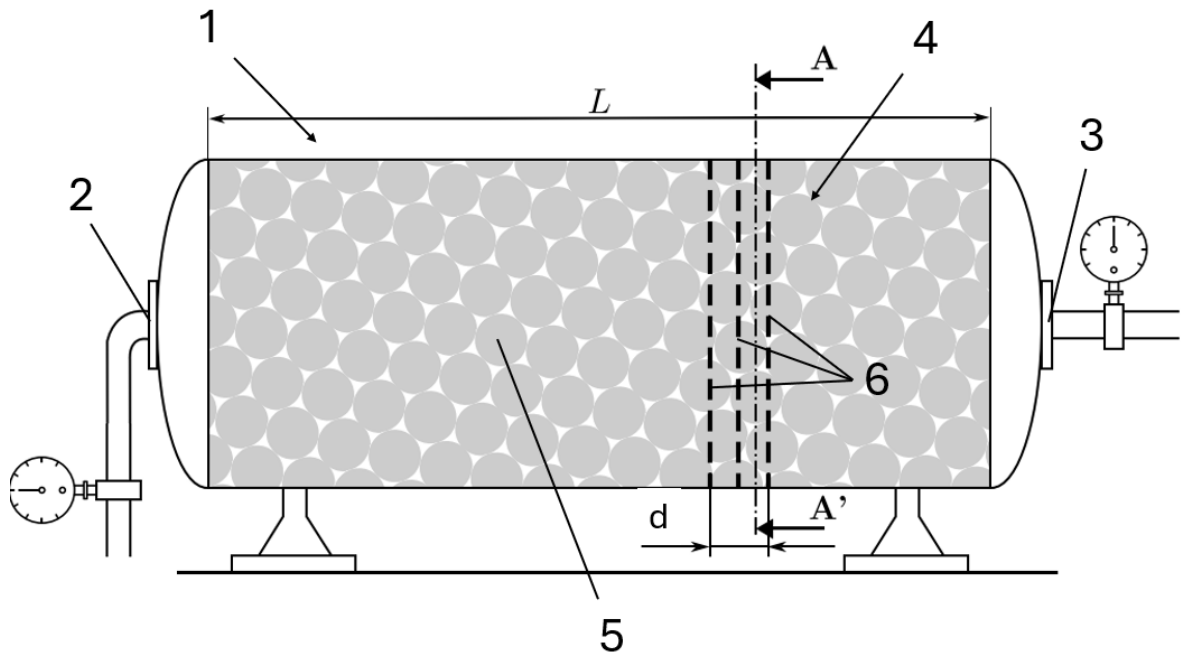
$$\epsilon = 1 - \frac{2}{25} \cdot \frac{Q \cdot L^2}{k_s \cdot \Delta T}$$

$$A = G \cdot C_p \cdot \frac{\Delta T}{Q \cdot L}$$

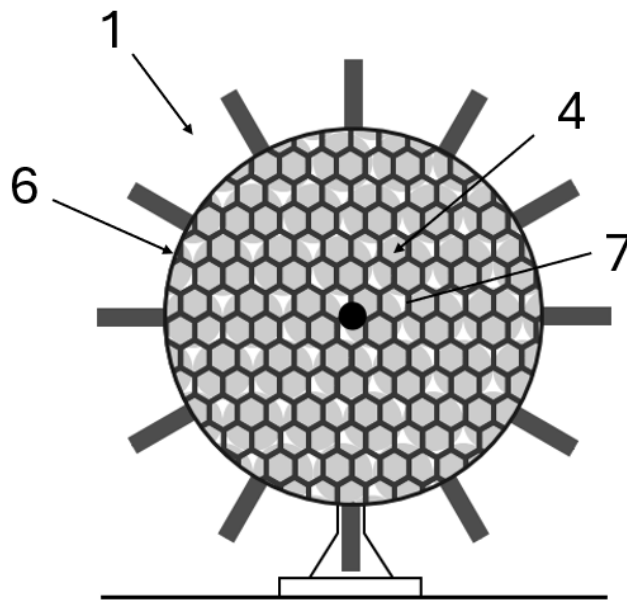
ejercer una diferencia de presión entre la salida del depósito y la entrada del depósito, lo cual da lugar a que el fluido de trabajo fluya desde la entrada (2) a la salida (3) del depósito (1) con el valor de gasto másico del fluido de trabajo definido o calculado;

satisfacer una potencia calorífica (Q) en el al menos un dispositivo calefactor, con  
5 el valor de potencia calorífica (Q) definido o calculado.

15.- Método de almacenamiento de energía de acuerdo a la reivindicación 14, en el que se verifica que el producto de la densidad del sólido ( $\rho_s$ ) por el calor específico del sólido ( $C_s$ ) es entre  $10^4$  y  $10^6$  veces mayor que el producto entre la densidad del fluido de trabajo ( $\rho$ )  
10 por el calor específico del fluido de trabajo ( $C_p$ ).



**Fig. 1**



**Fig. 2**

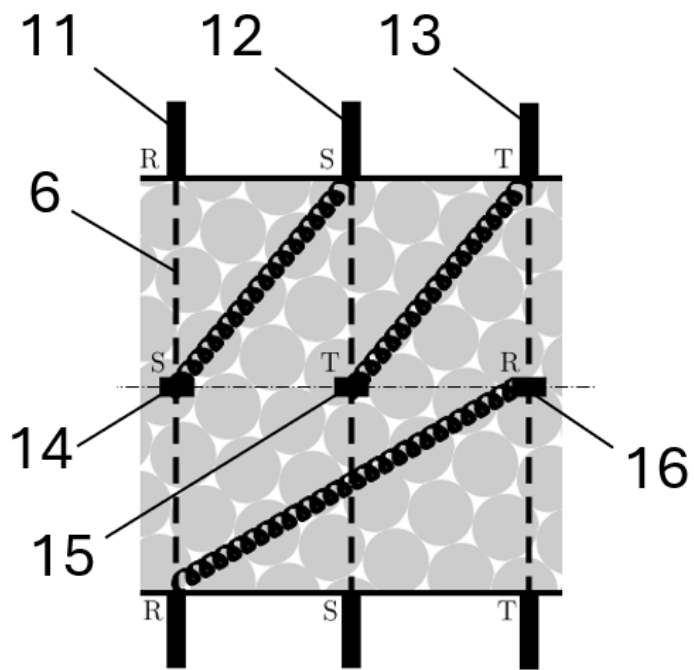
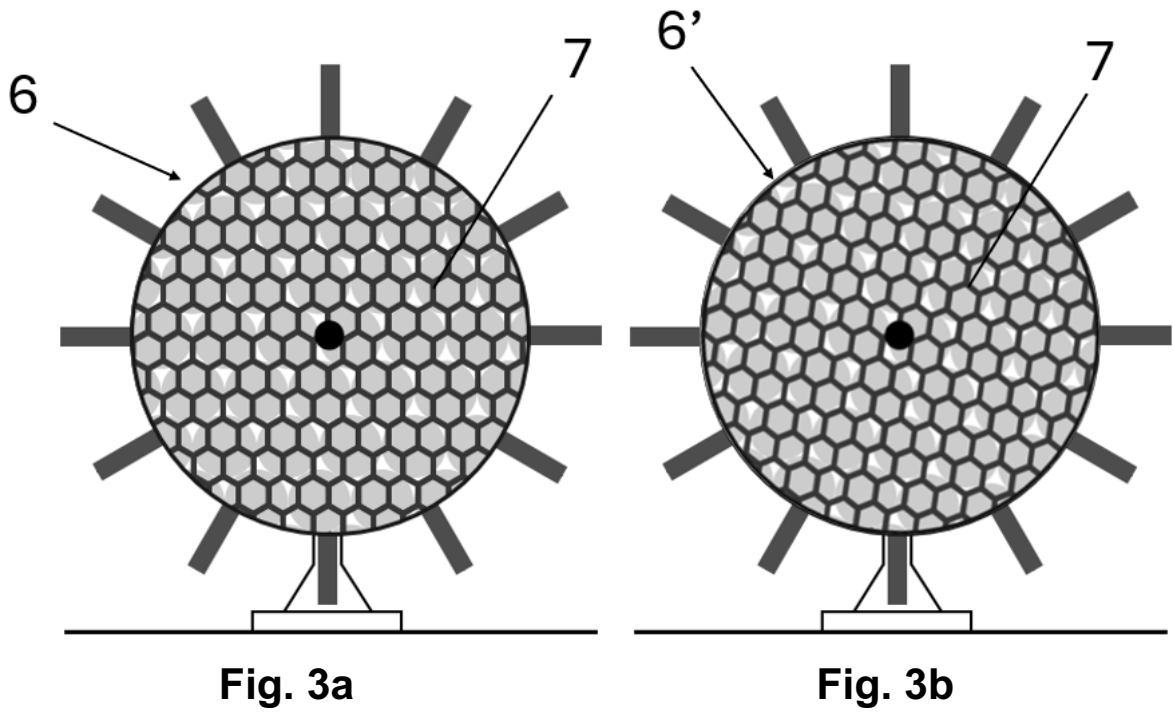
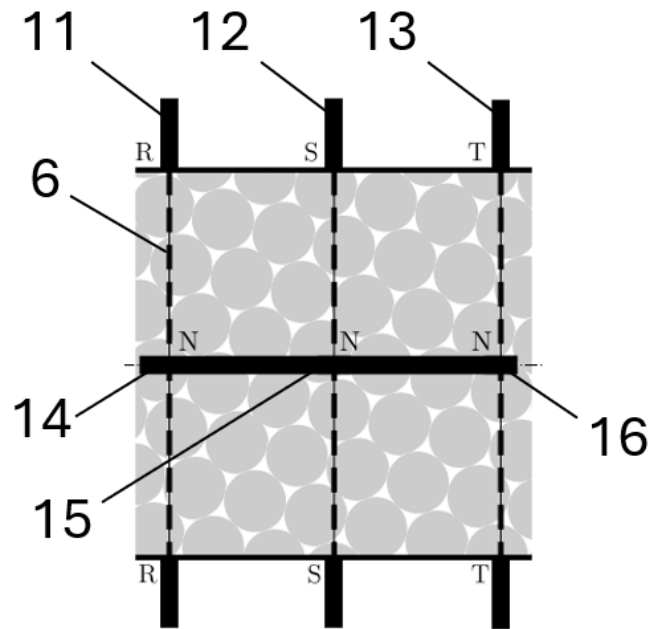
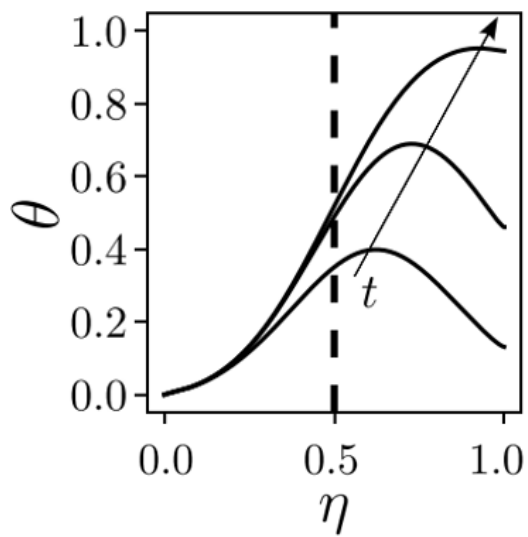


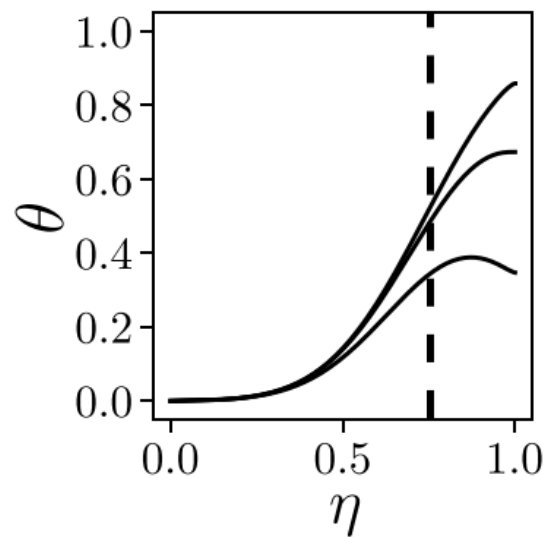
Fig. 4



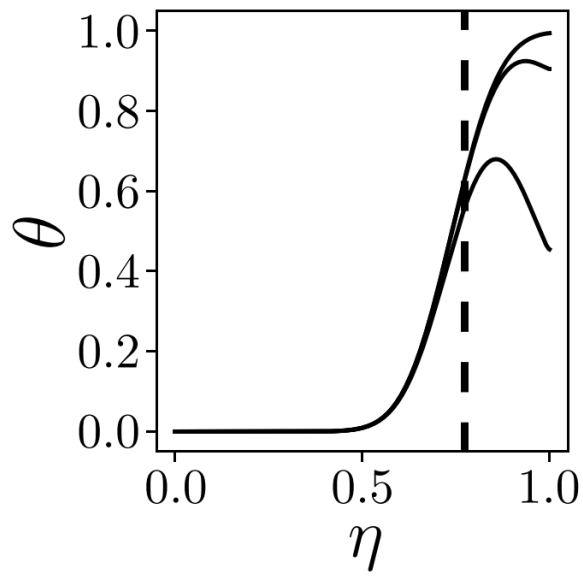
**Fig. 5**



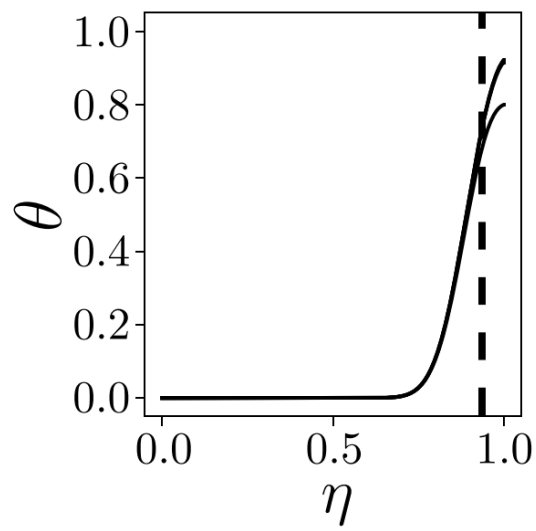
**Fig. 6**



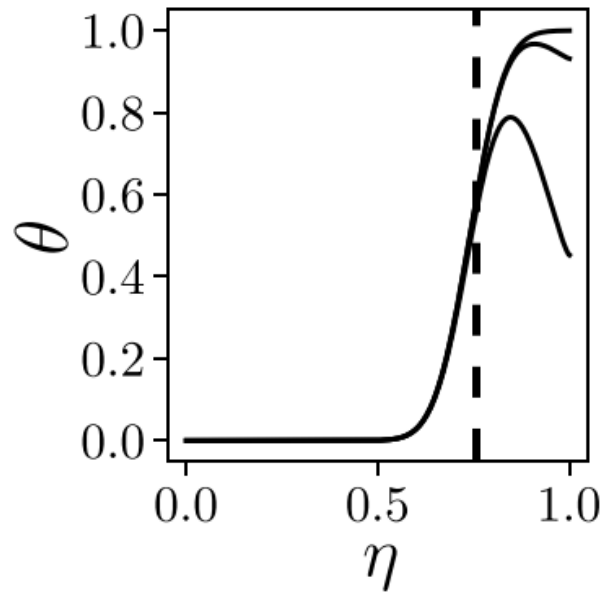
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



- ②1 N.º solicitud: 202430844  
②2 Fecha de presentación de la solicitud: 18.10.2024  
③2 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤1 Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤6 Documentos citados                                                                                                             | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| A         | CN 116678246 A (ELECTRIC POWER SCIENT RES INST STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER CO LTD) 01/09/2023, Descripción; figuras 1 - 2. | 1-15                       |
| A         | CN 114738719 A (UNIV ZHEJIANG) 12/07/2022, Descripción; figura 1.                                                                 | 1-15                       |
| A         | CN 201844556 U (LIAONING XINGU ENERGY SAVING TECHNOLOGY CO LTD) 25/05/2011, Descripción; figuras 1 – 2, reivindicación 10.        | 1-15                       |
| A         | US 2023243600 A1 (KAAJ ENERGY INC) 03/08/2023, Descripción; párrafo [0021]; figura 4.                                             | 1-15                       |
| A         | CN 111649611 B (UNIV ZHEJIANG) 23/07/2021, Descripción; figura 1.                                                                 | 1-15                       |
| A         | CN 116678127 A (BAOSHAN IRON & STEEL) 01/09/2023, Descripción; figura 1.                                                          | 1-15                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Categoría de los documentos citados<br>X: de particular relevancia<br>Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría<br>A: refleja el estado de la técnica<br><br>O: referido a divulgación no escrita<br>P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud<br>E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| El presente informe ha sido realizado<br><input checked="" type="checkbox"/> para todas las reivindicaciones<br><input type="checkbox"/> para las reivindicaciones nº: |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                |                                  |               |
|------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|
| Fecha de realización del informe<br>22.05.2025 | Examinador<br>I. Arribas Delgado | Página<br>1/2 |
|------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**F24H7/00** (2022.01)  
**F24H7/02** (2022.01)  
**F28D20/00** (2006.01)  
**F28D17/02** (2006.01)  
**F24D13/04** (2006.01)  
**F28F13/00** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F24H, F28D, F24D, F28F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

AbS colección patentes, AbS colección literatura no patente, INVENES/LATIPAT, Internet.