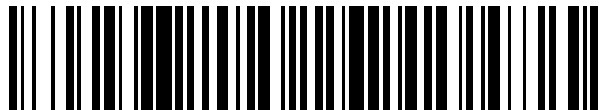


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 013**

51 Int. Cl.:

**F28D 20/00** (2006.01)

**F28D 20/02** (2006.01)

**F03G 6/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.03.2014 PCT/EP2014/054456**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14139888**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2014 E 14708298 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2971760**

54 Título: **Central solar de concentración con funcionamiento mejorado**

30 Prioridad:

**11.03.2013 FR 1352150**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.02.2018**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BRUCH, ARNAUD;  
COUTURIER, RAPHAËL y  
FOURMIGUE, JEAN-FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 656 013 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).

**DESCRIPCION**

Central solar de concentración con funcionamiento mejorado

**5 Campo técnico y técnica anterior**

La presente invención hace referencia a una central solar con funcionamiento mejorado, más particularmente, a una central solar de concentración.

10 La tecnología solar térmica de concentración (CSP para "Concentrated Solar Power" en terminología anglosajona) consiste en utilizar la radiación solar para calentar un fluido en un campo solar, sirviendo el fluido directa o indirectamente de fuente caliente en un ciclo termodinámico. La concentración permite conseguir unas temperaturas más o menos elevadas y, de este modo, beneficiarse de rendimientos de conversión termodinámicos más o menos importantes.

15 El funcionamiento optimizado de este tipo de sistema de conversión está relacionado principalmente con dos criterios:

- 20 - el mantenimiento de una temperatura de fluido constante a la entrada del sistema de conversión (que corresponde igualmente a la salida del "campo solar"). El rendimiento de este tipo de sistema es, en efecto, máximo para una temperatura de funcionamiento óptima y decrece cuando esta temperatura disminuye;
- la reducción de las fluctuaciones de temperatura alrededor de un valor medio, lo que permite solicitar menos el sistema de conversión, disminuir la fatiga térmica de todos los órganos, disminuir los riesgos de sobrecalentamiento del fluido caloportador o del tratamiento selectivo y, por lo tanto, aumentar la vida útil.

25 En una central solar, el no respeto de estos criterios puede deberse a un cierto número de elementos, en concreto, el paso de nube sobre el campo solar, unos errores de seguimiento (o tracking) de los espejos, unas fluctuaciones debidas a las regulaciones del control-mando, etc.

30 En una central solar CSP, el sistema de conversión puede estar alimentado de calor por el campo solar, por el depósito de almacenamiento térmico si existe este, incluso por los dos al mismo tiempo.

35 Entonces, se busca mantener la temperatura de entrada lo más constante posible y limitar las fluctuaciones de temperatura de entrada alrededor de un valor medio en todos los modos de funcionamiento de una central solar CSP, es decir:

- cuando el sistema de conversión está alimentado únicamente por los campos solares;
- cuando el sistema de conversión está alimentado únicamente por el depósito de almacenamiento térmico;
- cuando el sistema de conversión está alimentado por los campos solares y el depósito de almacenamiento.
- 40 - cuando los campos solares están conectados únicamente al depósito de almacenamiento. En este modo de funcionamiento, el sistema de conversión no está en funcionamiento y el mantenimiento de una temperatura de entrada lo más constante posible y la limitación de las fluctuaciones permite un funcionamiento optimizado del depósito de almacenamiento térmico.

45 El almacenamiento del calor puede estar realizado típicamente, ya sea en forma de energía sensible haciendo variar el nivel de temperatura de un material de almacenamiento sólido o líquido, en forma de energía latente haciendo cambiar de fase un material de almacenamiento o, para terminar, en forma de energía química utilizando unas reacciones químicas endotérmicas y exotérmicas.

50 En el caso de un almacenamiento de calor por calor sensible, el calor se almacena por elevación de la temperatura de un material de almacenamiento que puede ser líquido, sólido o una combinación de los dos.

55 Los procedimientos industriales que implican una utilización o una conversión de la energía térmica por medio de un ciclo termodinámico, por ejemplo, por la utilización de una turbina de vapor, hacen intervenir globalmente dos niveles de temperatura que son las condiciones en los bornes del ciclo. El mantenimiento de estos dos niveles de temperatura lo más constantes posibles se busca con el fin de obtener un funcionamiento optimizado del ciclo. En efecto, a título de ejemplo, las turbinas de vapor que aseguran la conversión de la energía térmica en energía eléctrica tienen un rendimiento más elevado cuando la temperatura de entrada en la turbina se mantiene constante a un valor predefinido.

60 Por consiguiente, el almacenamiento asociado a unos sistemas de este tipo debe respetar, por lo tanto, estas características y permitir, por ejemplo, desalmacenar calor a un nivel de temperatura constante.

65 Un ejemplo de este tipo de funcionamiento es el campo de lo solar térmico de concentración donde un sistema de almacenamiento incluye un depósito que contiene a la vez el fluido caliente y el fluido frío. Entonces, existe una estratificación térmica en el interior del depósito, el fluido caliente situado en la parte superior y el fluido frío situado

en la parte inferior están separados entonces por una región de transición llamada "termoclina".

La utilización de un depósito único permite reducir el número de componentes, tales como las bombas, válvulas, etc. y simplificar el control de mando.

5 En un almacenamiento de tipo termoclina, el material de almacenamiento puede ser un líquido caloportador o, ventajosamente, una mezcla de un fluido caloportador y de un material sólido barato. La utilización de un material sólido de este tipo permite, además, mejorar la segregación del fluido caliente y del fluido frío disminuyendo los efectos de remezcla. En este último caso, se habla entonces de "termoclina dual" (o "mixed-media thermocline" en terminología inglesa).

10 Este depósito "termoclina dual" presenta la ventaja de que reduce la cantidad de líquido necesario; sabiendo que los materiales sólidos tipo rocas tienen un coste inferior al del fluido caloportador líquido, el coste total se reduce.

15 En un depósito termoclina, con el fin de tener en cuenta las diferencias de masa volúmica y evitar unos movimientos de convección natural, el fluido caloportador se introduce por arriba del depósito durante las fases de almacenamiento y por abajo del depósito durante las fases de desalmacenamiento. El depósito termoclina está caracterizado, por lo tanto, por una zona caliente arriba de la cuba, una zona fría abajo y una zona de transición entre las dos zonas llamada termoclina. El principio de este tipo de almacenamiento de calor es crear un "pistón térmico", es decir, el avance de un frente térmico lo más delgado posible y uniforme transversalmente. Esto permite mantener unas temperaturas constantes durante las fases de carga y de descarga.

20 Durante las fases de carga, el líquido frío se retira del depósito por abajo y se calienta, por ejemplo, atravesando un intercambiador térmico de un colector solar y, a continuación, se reenvía al depósito por arriba. Durante una fase de descarga, el líquido caliente se retira del depósito por arriba y se envía, por ejemplo, hacia el evaporador de un ciclo termodinámico que integra una turbina, en el que se enfría y, a continuación, se reenvía al depósito por abajo. Durante las fases de carga y de descarga, el pistón térmico se desplaza hacia abajo y hacia arriba respectivamente.

30 El almacenamiento de tipo "termoclina dual" basado en una mezcla de fluido caloportador líquido y de matriz sólida implica unas velocidades de fluidos muy escasas del orden de algunos mm/s, con el fin de asegurar la transferencia de calor entre el fluido y la carga estática y de limitar las faltas de homogeneidad transversales de velocidad y de temperatura.

35 La zona de termoclina es el lugar de un gradiente de temperatura entre la temperatura de la zona caliente y la de la zona fría. Ahora bien, toda esta zona que corresponde al gradiente térmico no es eficaz para el proceso de almacenamiento desde un punto de vista energético.

En efecto,

- 40
- la densidad de energía almacenada es más escasa ahí, debido a una elevación de temperatura más reducida del material de almacenamiento,
  - la temperatura de restitución de la energía va a ser más escasa que la de almacenamiento. El calor desalmacenado será, por lo tanto, menos valorizable.

45 Por lo tanto, es deseable reducir el volumen de esta zona, una reducción de este tipo permitiría:

- 50
- disminuir el volumen del depósito de almacenamiento cuando se considera una cantidad de energía que hay que almacenar/desalmacenar dada. En el caso de un depósito de almacenamiento cilíndrico con eje vertical, esto permite disminuir su altura o su diámetro;
  - aumentar la cantidad de energía almacenada/desalmacenada cuando se considera un volumen de almacenamiento dado;
  - asegurar un funcionamiento óptimo del sistema de conversión eléctrica sobre una duración más importante.

55 El documento CN101798996 describe una central solar que incluye un campo solar adecuado para suministrar un fluido caliente, un sistema de conversión de calor un sistema de almacenamiento térmico, estando dicho sistema de conversión de calor y dicho sistema de almacenamiento térmico conectados a la salida del campo solar, de modo que estén alimentados de fluido caliente y estando dicho campo solar conectado a la salida del sistema de conversión de calor y del sistema de almacenamiento térmico, de modo que el campo solar esté alimentado de fluido frío por el sistema de conversión de calor y/o el sistema de almacenamiento térmico.

60 El documento ZL 200720051634.5 propone integrar arriba y abajo del lecho de rocas dos intercambiadores tubo/calandra que contienen en la calandra un material de cambio de fase cuyas temperaturas de fusión están respectivamente adaptadas a las temperaturas alta y baja del almacenamiento termoclina.

65 Este sistema asegura dos funciones complementarias. Permite limitar el volumen de la zona de termoclina al final de carga o de descarga del depósito. De este modo, la tasa de utilización, es decir, la relación entre la cantidad de calor

realmente almacenado en el depósito y la cantidad máxima teórica almacenable en el depósito (calculada como la cantidad de calor cuando la totalidad del depósito de almacenamiento está llena a la temperatura caliente), se aumenta ampliamente. El tamaño del depósito puede disminuirse entonces si se trabaja con una misma cantidad de energía almacenada o la cantidad de energía efectivamente almacenada aumentarse si se trabaja con un mismo tamaño de depósito. Permite, igualmente, estabilizar las temperaturas de salida del depósito aumentando la duración durante la cual estas temperaturas son constantes:

- para la temperatura de salida en descarga, esto permite utilizar la energía restituida de forma óptima como se ha mencionado anteriormente cuando este desalmacenamiento alimenta un sistema de conversión eléctrica;
- para la temperatura de salida en carga, esto permite no perder energía almacenando la energía contenida en el gradiente de temperatura en el material de cambio de fase y estabilizar el ciclo termodinámico de la central y/o el campo solar.

La solución propuesta por este documento permite, por lo tanto, responder a la problemática planteada anteriormente cuando únicamente el depósito de almacenamiento alimenta el sistema de conversión eléctrica. No obstante, esto ya no es cierto cuando el sistema está alimentado por los campos solares o por el conjunto campos solares/almacenamiento.

Además, este sistema presenta los siguientes inconvenientes:

- La integración del material de cambio de fase en el depósito solo permite mejorar el funcionamiento del depósito de almacenamiento y no de la central solar de concentración en su globalidad. De este modo, cuando el campo solar está conectado directamente a una turbina de producción eléctrica, las obleas de material de cambio de fase del depósito ya no aseguran la normalización de las fluctuaciones de temperatura ni el mantenimiento constante de la temperatura.
- El buen funcionamiento de un almacenamiento de calor de tipo termoclina es muy sensible a la distribución del fluido en el depósito, con el fin de garantizar el mejor pistón térmico posible. En el documento ZL 200720051634.5, el material de cambio de fase está contenido en un intercambiador de tipo tubo/calandra que sirve, igualmente, de distribuidor para el lecho de rocas aguas abajo. Debido a los cortocircuitos fluidicos que existen entre la pared externa del intercambiador tubo/calandra y la pared interna del depósito, siendo estos necesarios, con el fin de permitir una dilatación diferencial de la pared del depósito y del tubo/calandra, existe un fuerte riesgo de mala distribución a la entrada de lecho de rocas con este dispositivo.
- Para terminar, este sistema solo está optimizado para un solo funcionamiento, los dos materiales de cambio de fase que fijan la temperatura alta y la temperatura baja.

### Exposición de la invención

Por consiguiente, una finalidad de la presente invención es ofrecer una central solar cuyo funcionamiento global está mejorado.

La finalidad anteriormente enunciada se consigue por una central solar que incluye al menos un campo solar, un sistema de conversión en energía eléctrica y un sistema de almacenamiento y al menos un primer intercambiador térmico que incluye un material de cambio de fase situado aguas arriba de la alimentación de fluido caliente del sistema de conversión y del sistema de almacenamiento térmico y entre la salida del campo solar y el sistema de almacenamiento. El material de cambio de fase tiene como efecto que normaliza las variaciones de temperatura del fluido que lo atraviesa en las diferentes fases en funcionamiento:

- En fase de almacenamiento únicamente (modo de funcionamiento denominado A), el material de cambio de fase asegura una normalización de las fluctuaciones de temperatura del fluido que sale del campo solar CS y que alimenta el sistema de almacenamiento;
- En fase de desalmacenamiento únicamente (modo de funcionamiento denominado B) el material de cambio de fase asegura una normalización de las fluctuaciones de temperatura del fluido que sale del sistema de almacenamiento hacia el sistema de conversión de energía;
- En fase de alimentación directa del sistema de conversión de energía por el campo solar únicamente (modo de funcionamiento denominado C), el material de cambio de fase normaliza la temperatura del fluido que alimenta el sistema de conversión de energía;
- Cuando el sistema de conversión está alimentado a la vez por el sistema de almacenamiento y el campo solar (modo de funcionamiento denominado D), el material de cambio de fase asegura también una normalización de la temperatura del fluido que alimenta el sistema de conversión.
- En fase de almacenamiento y de alimentación de la turbina (modo de funcionamiento denominado E), el material de cambio de fase asegura una normalización de las fluctuaciones de temperatura del fluido que sale del campo solar y, por lo tanto, de la temperatura del fluido que alimenta a la vez el sistema de almacenamiento y el sistema de conversión de energía.

En otras palabras, en el caso de un sistema de producción de energía eléctrica a partir del calor producido por un

campo solar y que implementa una termoclina, está dispuesto un material de cambio de fase en la instalación, de modo que el fluido que circula entre el campo solar, la termoclina y el sistema de conversión, por ejemplo, una turbina, circula a través del material de cambio de fase e intercambia calor con este que asegura entonces una normalización de la temperatura de este fluido.

5 La invención permite incrementar la estabilidad de estos niveles de temperatura y, por lo tanto, estabilizar el funcionamiento global de la central solar, lo que permite aumentar su rendimiento global y su vida útil.

10 El funcionamiento del sistema de conversión puede optimizarse entonces, puesto que la temperatura del fluido en la entrada se mantiene sustancialmente constante. El almacenamiento se optimiza, puesto que la temperatura a la entrada del depósito de tipo termoclina es sustancialmente constante igualmente.

15 El material de cambio de fase es de acceso fácil ventajosamente para sustituirse en caso de manutención o para adaptar la instalación a unas condiciones de funcionamiento de temperatura diferentes, por ejemplo, para pasar de un modo de funcionamiento invernal a un modo de funcionamiento estival o a la inversa.

20 De manera muy ventajosa, un segundo intercambiador que contiene material de cambio de fase está dispuesto aguas abajo del sistema de conversión, aguas arriba del campo solar y entre el sistema de almacenamiento y la entrada del campo solar. Asegura entonces, igualmente:

- una normalización de la temperatura del fluido frío que entra en el sistema de almacenamiento durante las fases de desalmacenamiento (modos de funcionamiento B y D)
- una normalización de la temperatura de entrada del fluido frío en el campo solar. El campo solar experimenta entonces menos exigencias térmicas. Su vida útil se aumenta. Además, una temperatura de entrada más constante en el campo solar induce una sollicitación menos importante del control de mando y, por lo tanto, una temperatura de salida del campo solar más constante.

30 Los intercambiadores de material de cambio de fase colocados aguas arriba y aguas abajo de los campos solares contribuyen a mantener constantes las temperaturas alta y baja del sistema atenuando las fluctuaciones. Estas fluctuaciones pueden provenir del paso de nube, de las regulaciones, de un funcionamiento transitorio del sistema de conversión eléctrica, etc.

35 En un ejemplo de realización, la instalación de producción de electricidad incluye dos turbinas, que presentan unas temperaturas nominales de funcionamiento diferentes. Por ejemplo, la una está destinada a funcionar en periodo invernal y la otra está destinada a funcionar en periodo estival, dos primeros depósitos de material de cambio de fase están dispuestos aguas arriba del sistema de almacenamiento térmico en el sentido de alimentación de este de fluido caliente, presentando los materiales de cambio de fase unas temperaturas de cambio de fase diferentes y adaptadas al funcionamiento invernal y estival.

40 La presente invención tiene entonces como objeto una central solar que incluye al menos un campo solar adecuado para suministrar un fluido caliente, al menos un sistema de conversión de calor, un sistema de almacenamiento térmico, estando dicho sistema de conversión de calor y dicho sistema de almacenamiento térmico conectados a la salida del campo solar, de modo que estén alimentados de fluido caliente y estando dicho campo solar conectado a la salida del sistema de conversión de calor y del sistema de almacenamiento térmico, de modo que el campo solar esté alimentado de fluido frío por el sistema de conversión de calor y/o el sistema de almacenamiento térmico, incluyendo la central solar, igualmente, al menos un primer intercambiador térmico dispuesto aguas abajo de la salida del campo solar, aguas arriba del sistema de conversión de calor y entre la salida del campo solar y el sistema de almacenamiento térmico, de modo que todo el fluido caliente que sale del campo solar circula en dicho al menos un primer intercambiador térmico antes de alimentar el sistema de conversión de calor y/o el sistema de almacenamiento térmico, incluyendo el primer intercambiador térmico un material de cambio de fase cuya temperatura de cambio de fase está a una temperatura ligeramente inferior a la temperatura nominal de funcionamiento a la salida del campo solar.

55 De manera muy ventajosa, el al menos un primer intercambiador térmico está dispuesto en el circuito de la central solar de modo que esté atravesado por el fluido caliente destinado a alimentar a la vez el sistema de conversión de calor y el sistema de almacenamiento térmico.

60 En un ejemplo ventajoso, la central incluye n sistemas de conversión de calor que presentan unas temperaturas nominales de funcionamiento diferentes y n primeros intercambiadores térmicos en paralelo y unos medios para permitir o prohibir la circulación del fluido caliente en el uno de los n primeros intercambiadores térmicos, presentando los materiales de fases de los n primeros intercambiadores térmicos unas temperaturas de cambio de fase diferentes, siendo n un número entero superior o igual a dos.

65 En otro ejemplo de realización particularmente ventajoso, la central incluye al menos un segundo intercambiador térmico dispuesto aguas arriba de la entrada del campo solar, aguas abajo del sistema de conversión de calor y entre el sistema de almacenamiento térmico y la entrada del campo solar y de modo que todo el fluido frío destinado

a circular en el campo solar haya atravesado previamente dicho segundo intercambiador térmico, incluyendo dicho segundo intercambiador térmico un material de cambio de fase cuya temperatura de cambio de fase está a una temperatura ligeramente superior a la de la temperatura nominal de funcionamiento a la entrada del campo solar.

5 Preferentemente, el al menos un segundo intercambiador térmico está dispuesto en el circuito de la central solar, de modo que esté atravesado por el fluido frío que sale a la vez del sistema de conversión de calor y del sistema de almacenamiento térmico.

10 En un ejemplo de realización, la central puede incluir n segundos intercambiadores térmicos en paralelo y unos medios para permitir o prohibir la circulación del fluido caliente en el uno de los n segundos intercambiadores térmicos, presentando los materiales de fases de los n segundos intercambiadores térmicos unas temperaturas de cambio de fase diferentes.

15 En un ejemplo de realización ventajoso, la central incluye unos medios para aislar fluidicamente dicho primer intercambiador térmico y/o dicho segundo intercambiador térmico.

20 Preferentemente, el desvío entre la temperatura nominal de funcionamiento a la salida del campo solar y la temperatura de cambio de fase del material de cambio de fase del primer intercambiador térmico está comprendido preferentemente entre 1 °C y 15 °C.

Preferentemente, el desvío entre la temperatura nominal de funcionamiento a la entrada del campo solar y la temperatura de cambio de fase del material de cambio de fase del segundo intercambiador térmico está comprendido entre 1 °C y 15 °C.

25 La relación entre el volumen de material de cambio de fase del primer intercambiador térmico y/o entre el volumen de material de cambio de fase del segundo intercambiador térmico y el volumen del sistema de almacenamiento térmico está/n preferentemente comprendidas entre un 1 % y un 10 % del volumen del depósito de almacenamiento

30 Preferentemente, el sistema de almacenamiento del calor es un depósito termoclina, incluyendo dicho depósito termoclina un orificio superior y un orificio inferior e incluyendo una conexión fluidica entre el orificio superior y aguas arriba de dicho primer intercambiador térmico. De manera también preferente, el depósito termoclina es un depósito termoclina dual.

35 La central solar puede incluir una conexión fluidica entre el orificio inferior y aguas abajo del segundo intercambiador térmico.

40 En un ejemplo de realización, el primer y/o el segundo intercambiador térmico incluyen un material de cambio de fase encapsulado en forma de bolas. En otro ejemplo de realización, el primer y/o el segundo intercambiador térmico incluyen una calandra llena del material de cambio de fase y unos tubos en los que circula el fluido.

El sistema de conversión de calor puede ser un sistema de producción de electricidad, por ejemplo, una turbina. Como alternativa, el sistema de conversión de calor puede ser, por ejemplo, una máquina de absorción, una instalación que implementa procedimiento industrial que utiliza calor...

45 La central solar es ventajosamente una central solar de concentración.

### Breve descripción de los dibujos

50 La presente invención se comprenderá mejor con la ayuda de la descripción que va a seguir y de los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de realización de una central solar de concentración,
- la figura 2 es una representación gráfica de la variación de temperatura del fluido caliente a la entrada de la termoclina con un intercambiador de material de cambio de fase aguas arriba de la termoclina y sin intercambiador de material de cambio de fase en función del tiempo,
- la figura 3 es una representación gráfica esquemática de la variación de la temperatura del fluido caliente a la salida de la termoclina durante el desalmacenamiento en una instalación según la invención y en una instalación sin material de cambio de fase en función del tiempo,
- la figura 4 es una representación esquemática de otro ejemplo ventajoso de una central solar de concentración,
- la figura 5 es una representación esquemática de otro ejemplo de una central solar de concentración que incluye varias turbinas,
- la figura 6A es una representación gráfica del perfil de temperatura típico en una termoclina,
- la figura 6B es una representación gráfica del perfil de temperatura en una termoclina a lo largo de su dirección vertical al final de descarga integrada en una central solar según la invención que incluye un intercambiador térmico de material de cambio de fase,

- la figura 6C es una representación gráfica del perfil de temperatura en una termoclina a lo largo de su dirección vertical al final de descarga integrada en una central solar del estado de la técnica.

## EXPOSICIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN PARTICULARES

5 En la descripción que va a seguir, se designa por "fluido caliente" el fluido que sale del campo solar y destinado al almacenamiento o a la conversión de energía. Se entiende por "fluido frío" el fluido que sale de la turbina y/o del sistema de almacenamiento y destinado a alimentar el campo solar. El fluido caloportador puede ser, por ejemplo, un líquido (aceite térmico o sal fundidos, por ejemplo) o un gas.

10 En la descripción que va a seguir, se considera una central solar de concentración destinada a la producción de electricidad que incluye uno o varios campos solares, una turbina que produce electricidad por un ciclo termodinámico.

15 Se designa por T1 y T2 las temperaturas nominales de funcionamiento a la entrada y a la salida del sistema de conversión eléctrica. T1 es, por lo tanto, la temperatura del fluido caliente deseada a la entrada de la turbina y T2 es la temperatura del fluido frío a la salida del sistema de conversión eléctrica. La utilización de intercambiadores de materiales de cambio de fase en la presente invención conduce a unas temperaturas a la entrada y a la salida del campo solar ligeramente diferentes de T2 y T1 respectivamente. La diferencia entre la temperatura a la salida del campo solar y T1 es igual al valor elegido para el desvío entre T1 y la temperatura de fusión del material de cambio de fase situado entre la salida del campo solar y la entrada del sistema de conversión eléctrica y la diferencia entre T2 y la entrada del campo solar es igual al valor elegido para el desvío entre T2 y la temperatura de fusión del material de cambio de fase, en el caso donde un material de este tipo está previsto, situado entre la salida del sistema de conversión eléctrica y la entrada del campo solar. Para más sencillez, en la continuación del documento, esta distinción ya no se hará y T1 y T2 se utilizarán como las temperaturas en los bornes de los diferentes componentes.

Las mismas referencias se utilizarán para designar los mismos elementos o que tienen la misma función en los diferentes ejemplos de realización.

30 En la figura 1, se puede ver un ejemplo de realización de una central solar que incluye un campo solar de producción de fluido caliente CS, comprendiendo este una entrada de alimentación 2 de fluido frío y una salida de evacuación 4 de fluido caliente. La instalación incluye, igualmente, una turbina TU, que incluye una entrada de alimentación 6 y una salida de evacuación 8. La central solar incluye un sistema de almacenamiento térmico, de manera ventajosa, se trata de un sistema de almacenamiento en forma de energía sensible que comprende un depósito de tipo termoclina RTH, preferentemente de tipo termoclina dual. La central incluye, igualmente, unos medios para asegurar la circulación del fluido. Por ejemplo, estos medios de puesta en circulación incluyen al menos dos bombas para asegurar todos los modos de circulación que se describirán en la continuación de la descripción, por ejemplo, una a la entrada o salida del campo solar y una a la entrada o salida del sistema de almacenamiento.

40 La termoclina RTH incluye un depósito con un orificio superior 10 destinado a la alimentación de fluido caliente del depósito en fase de almacenamiento y en evacuación del fluido caliente en fase de desalmacenamiento y un orificio inferior 12 destinado a la evacuación de fluido frío en fase de almacenamiento y a la alimentación de fluido frío en fase de desalmacenamiento. Con fines de sencillez, estos orificios se designarán únicamente por "orificio superior" y "orificio inferior" respectivamente.

En el caso de una termoclina dual, el depósito contiene preferentemente un material de almacenamiento sólido de tipo roca y un líquido, por ejemplo, aceite, que es el que circula en la instalación.

50 Al ser un depósito de este tipo bien conocido por el experto en la materia, no se describirá más en detalle.

El sistema de almacenamiento de calor puede ser de otro tipo, por ejemplo, puede incluir dos depósitos de sales fundidas, un depósito caliente y un depósito frío en sustitución de una termoclina o un sistema de almacenamiento de calor por material de cambio de fase. Es posible, igualmente, considerar un almacenamiento termoquímico.

55 La salida de evacuación 4 del campo solar CS está conectada a la entrada de alimentación 6 de la turbina TU y al orificio superior 10 de la termoclina RTH.

La salida 8 de la turbina TU y el orificio inferior 12 están conectados a la entrada 4 del campo solar CS.

60 En este ejemplo de realización, un primer intercambiador MCPT1 que contiene un material de cambio de fase está dispuesto aguas abajo de la salida 2 del campo solar y aguas arriba de la entrada 6 de la turbina TU y del orificio superior 10 de la termoclina RTH, de tal modo que todo el fluido caliente que sale del campo solar CS atraviese el primer intercambiador MCPT1 que contiene el material de cambio de fase antes de alimentar la turbina y/o la termoclina.

65

## ES 2 656 013 T3

La instalación incluye, igualmente, una conexión 14 directa entre el orificio superior 10 de la termoclina RTH y una zona aguas arriba del primer intercambiador MCPT1.

Unos primeros medios de mando del flujo del fluido 16, por ejemplo, una válvula, están previstos en la conexión 14.

Unos segundos medios de mando del flujo del fluido 18, por ejemplo, una válvula, están previstos entre aguas abajo del primer intercambiador MCPT1 y el orificio superior de la termoclina, de modo que se permita o que se interrumpa únicamente el flujo del primer intercambiador MCPT1 hacia la termoclina RTH en fase de carga y que se fuerce el paso del fluido caloportador a través del intercambiador MCPT1 en fase de descarga.

Unos terceros medios de mando del flujo del fluido 20, por ejemplo, una válvula, están previstos entre el intercambiador MCPT1 y la turbina TU, de modo que se permita o que se interrumpa únicamente el flujo del primer intercambiador MCPT1 hacia la turbina TU.

Por ejemplo, el intercambiador MCPT1 incluye un recinto que contiene el material de cambio de fase en forma de bolas encapsuladas. Preferentemente, las bolas presentan un diámetro comprendido entre 1 cm y 2 cm, lo que asegura una transferencia de calor lo suficientemente eficaz del calor hacia el corazón de la bola de material de cambio de fase. El material de cambio de fase pasando del estado sólido al estado líquido permanece confinado en las envolturas de bolas. Como variante, se puede considerar una encapsulación de tipo microencapsulación, esto es, teniendo las bolas un diámetro del orden de 1 mm a algunos mm. El fluido caliente atraviesa el intercambiador que contiene un lecho de bolas.

Como variante, el intercambiador puede incluir una calandra llena de material de cambio de fase y unos tubos montados en la calandra y en contacto con el material de cambio de fase. El caloportador circula entonces en los tubos.

Según otra variante, se puede considerar un intercambiador de tipo intercambiador de placa en el que una placa de cada dos está llena de material de cambio de fase y una placa de cada dos sirve para el flujo del fluido caloportador.

Se puede considerar un intercambiador cuya estructura interna es en nido de abeja. En ese caso, una parte de las celdas del nido de abeja, típicamente, una de cada dos, está llena de material de cambio de fase, mientras que el flujo de fluido caloportador está realizado en el resto de las celdas del nido de abeja.

Se comprenderá que estos ejemplos de intercambiador solo se dan a título de ilustración y no son limitativos, puede ser conveniente cualquier estructura de intercambiador adecuada para asegurar un intercambio térmico eficaz entre un material de cambio de fase y un fluido.

Las temperaturas nominales de funcionamiento a la salida del campo solar y a la entrada de la turbina se consideran como iguales, siendo las pérdidas térmicas en las tuberías moderadas. La temperatura de cambio de fase del material de cambio de fase contenido en el primer intercambiador MCPT1 es ligeramente inferior a la temperatura nominal de funcionamiento de la turbina TU y ligeramente inferior a la temperatura nominal de salida del campo solar, de modo que el material de cambio de fase se funde cuando la temperatura del fluido caliente que sale del campo solar es superior a la temperatura nominal de la turbina, almacenando, de este modo, calor el material de cambio de fase fundido, que podría restituir cuando la temperatura del fluido caliente sea inferior a la temperatura nominal de la turbina.

Se entiende por "una temperatura de cambio de fase ligeramente inferior a la temperatura nominal de funcionamiento", una temperatura de cambio de fase tal que el desvío entre la temperatura de cambio de fase y la temperatura nominal de funcionamiento está comprendida entre aproximadamente 1 °C y 15 °C y preferentemente entre 1 °C y 5 °C. Un desvío de temperatura de este tipo es lo suficientemente escaso para no degradar la temperatura de salida del campo solar y es lo suficientemente grande para asegurar un intercambio de calor eficaz entre el fluido y el material de cambio de fase.

Ventajosamente, se pueden prever unas válvulas en los bornes del primer intercambiador MCPT1 para permitir la retirada y la sustitución del primer intercambiador MCPT1 de manera fácil.

En la figura 4, se puede ver otro ejemplo de realización ventajoso de una central solar según la invención. La central solar retoma la estructura de la central solar de la figura 1 e incluye, además, un segundo intercambiador MCPT2 que contiene un material de cambio de fase cuya temperatura de cambio de fase es diferente de la del material de cambio de fase del primer intercambiador MCPT1. La temperatura es inferior a la temperatura de cambio de fase del material del primer intercambiador MCPT1.

El segundo intercambiador MCPT2 está dispuesto aguas arriba de la entrada 4 del campo solar y aguas abajo de la salida 8 de la turbina TU y entre el orificio inferior 12 de la termoclina RTH y la entrada 4 del campo solar, de tal modo que todo el fluido frío que salga destinado a circular en el campo solar CS atraviese previamente el segundo intercambiador MCPT2.

## ES 2 656 013 T3

La temperatura de cambio de fase del material del segundo intercambiador MCPT2 es ligeramente superior a la temperatura T2. Como para el material del primer intercambiador MCPT1, la temperatura de cambio de fase del material de cambio de fase del MCPT2 es superior en aproximadamente 1 °C a 15 °C y preferentemente 1 °C a 5 °C a la temperatura nominal de funcionamiento T2 del campo solar.

5 En el ejemplo representado, la instalación incluye, igualmente, una conexión 22 directa entre una zona aguas abajo del segundo intercambiador MCPT2 y el orificio inferior 12 de la termoclina RTH.

Unos medios de mando del flujo del fluido 24, por ejemplo, una válvula, están previstos en la conexión 22.

10 Unos medios de mando del flujo del fluido 26, por ejemplo, una válvula, están previstos entre el segundo intercambiador MCPT2 y el orificio de entrada del campo solar, de modo que se permita o que se interrumpa únicamente el flujo hacia el campo solar CS. El funcionamiento de la central solar implica entonces únicamente la termoclina RTH y la turbina TU (modo desalmacenamiento).

15 Unos medios de mando del flujo del fluido 28, por ejemplo, una válvula, están previstos entre el depósito de almacenamiento RTH y el segundo intercambiador MCPT2, de modo que se fuerce el paso del fluido caloportador a través del intercambiador MCPT2. En fase de carga de la termoclina, entonces, la válvula 28 está abierta, el fluido que sale de la termoclina atraviesa la válvula 28 y el intercambiador MCPT2 en dirección de la entrada del campo solar y en fase de descarga, la válvula 28 está cerrada, el fluido que proviene de la turbina TU atraviesa el intercambiador MCPT2 antes de entrada en la termoclina, la válvula 26 está cerrada igualmente.

20 Ventajosamente, se pueden prever unas válvulas en los bornes del segundo intercambiador MCPT2 para permitir su retirada y su sustitución de manera fácil.

25 Las válvulas 16, 18, 20, 24, 26, 28 se mandan de modo que se modifique el modo de funcionamiento de la instalación. Preferentemente, las válvulas están formadas por unas electroválvulas mandadas por una unidad central.

30 A título de ejemplo, T1 es igual a 300 °C y T2 es igual a 150 °C.

35 Los volúmenes de material de cambio de fase implementados son escasos con respecto al volumen del depósito de almacenamiento, de modo que estos no se sustituyan por el sistema de almacenamiento térmico. Preferentemente, los volúmenes de materiales de cambio de fase son del orden de un 10 % del volumen del depósito termoclina. Se puede considerar preferentemente, un volumen de material de cambio de fase que vaya de un 1 % a un 10 % del depósito termoclina.

Ahora va a describirse el funcionamiento de la central solar de las figuras 1 y 4. Puede implementarse, en concreto, según cinco modos de funcionamiento posibles siguientes, anotados de A a E:

- 40
- Modo A: fase de almacenamiento únicamente del campo solar hacia el depósito de almacenamiento;
  - Modo B: fase de desalmacenamiento únicamente desde el depósito de almacenamiento hacia la turbina;
  - Modo C: Fase única de alimentación directa del campo solar hacia la turbina;
  - Modo D: Fase de alimentación de la turbina desde el campo solar y desde el depósito de almacenamiento (fase de desalmacenamiento acoplada a una alimentación directa);
  - 45 - Modo E: Fase de alimentación de la turbina desde el campo solar y fase de almacenamiento (fase de almacenamiento acoplada a una alimentación directa de la turbina desde el campo solar).

50 En fase de desalmacenamiento (Modo B), las válvulas 18, 28 y 26 están cerradas y las válvulas 20, 16 y 24 están abiertas, la termoclina RTH está conectada únicamente a la turbina TU. El flujo del fluido se hace según las flechas III. La central está en una fase de producción de electricidad únicamente a partir del fluido caliente desalmacenado por la termoclina RTH, por ejemplo, por la tarde o por la noche.

55 En la figura 6A, se puede ver representada esquemáticamente el perfil de temperatura en °C típico a lo largo del eje longitudinal X de una termoclina (posición x en metro). El fluido en la termoclina incluye tres zonas de termoclina superpuestas a lo largo del eje longitudinal X del depósito. En la parte superior, se trata de la zona caliente ZC, en la parte inferior, se trata de la zona fría ZF y entre las zonas caliente y fría se trata de la zona de gradiente ZG. Como se ha explicado más arriba, la zona de gradiente no es eficaz para el proceso de almacenamiento desde un punto de vista energético.

60 En la figura 6B, se trata del perfil de temperatura al final de descarga de la termoclina RTH de la central solar de la figura 1 que implementa el intercambiador térmico MCPT1.

65 La figura 3 representa esquemáticamente el efecto del material de cambio de fase del primer intercambiador MCP1 sobre la temperatura de salida del fluido en desalmacenamiento. En el caso de la figura de más abajo, T1 corresponde a la temperatura alta de almacenamiento y a la temperatura nominal de funcionamiento de la turbina

TU y T<sub>min</sub> corresponde a la temperatura mínima de funcionamiento de esta turbina. En ausencia del primer intercambiador, la temperatura de salida de la termoclina es en primer lugar constante, después disminuye cuando la zona gradiente de temperatura ZG de la termoclina consigue la parte de arriba del depósito (curva E y figura 6B). La utilización del primer intercambiador de material de cambio de fase permite mantener la temperatura de salida durante más largo tiempo a T<sub>1</sub> (la curva C corresponde a la cantidad de material de cambio de fase inferior a la de la curva D).

De este modo, la temperatura de entrada del sistema de conversión que corresponde a la temperatura de desalmacenamiento se mantiene constante durante más largo tiempo gracias al primer intercambiador de material de cambio de fase. Además, la implantación del intercambiador MCPT1 permite "dejar salir" del depósito una parte del gradiente de temperatura ZG asegurando al mismo tiempo una temperatura nominal de funcionamiento para la turbina TU (figura 3). El volumen de la zona de gradiente ZG se reduce, por lo tanto, en el caso presente, es su espesor e<sub>2</sub> el que se reduce, al final de descarga (figura 6B). De este modo, la tasa de utilización del depósito se aumenta, lo que permite disminuir su tamaño con isotamaño de energía almacenada/desalmacenada o aumentar la cantidad de energía almacenada/desalmacenada con isotamaño de depósito. A título de comparación, la figura 6C representa el perfil de temperatura al final de descarga de una termoclina sin intercambiador térmico MCPT1. Se constata que el espesor e<sub>1</sub> de la zona de gradiente es más importante que en la figura 6B, en efecto, en una central solar del estado de la técnica, no se puede considerar, en un funcionamiento optimizado de la turbina, dejar salir una parte de esta zona de gradiente, puesto que su temperatura es inferior a T<sub>1</sub>.

El fluido caliente sale de la termoclina RTH por el orificio superior 10, circula en la conexión 14, atraviesa el primer intercambiador MCPT1 y alimenta directamente la turbina TU. Como se ha explicado más arriba, el primer intercambiador normaliza la temperatura del fluido a la entrada de la turbina TU, su funcionamiento está mejorado y el funcionamiento del conjunto de la central está mejorado.

Además, la termoclina RTH está alimentada por el fluido frío que sale de la turbina, que atraviesa previamente el segundo intercambiador MCPT2 y circula en la conexión 22, la temperatura de alimentación de la termoclina RTH se estabiliza entonces.

La implantación del intercambiador MCPT2 permite, en fase de descarga, normalizar las variaciones de la temperatura de entrada T<sub>2</sub>, lo que permite un funcionamiento optimizado de la termoclina RTH.

En modo A, cuando las válvulas 20, 16 y 24 están cerradas y las válvulas 18, 28 y 26 están abiertas, todo el fluido caliente se envía a la termoclina RTH. El flujo del fluido se hace según las flechas I. El fluido caliente que sale del campo solar CS se inyecta en la termoclina RTH después de haber atravesado el primer intercambiador MCPT1.

En la figura 2, se puede ver representado de manera esquemática la variación, en función del tiempo, de la temperatura del fluido caliente al nivel del orificio superior de una termoclina y/o de la entrada de la turbina en ausencia de un intercambiador MCPT1 (curva C1) y en presencia de un intercambiador MCPT1, entonces, la temperatura se mide a la salida del intercambiador MCPT1 (curva C2).

En efecto, el fluido caliente que sale del campo solar puede experimentar unas variaciones, por ejemplo, debidas a unos problemas de regulación, a unas variaciones de exposición al sol, a unas variaciones de funcionamiento del almacenamiento o de la turbina, etc.

Se constata que la temperatura del fluido caliente a la salida del intercambiador MCPT1 presenta unas variaciones de amplitudes más escasas alrededor de la temperatura T<sub>1</sub>. El material de cambio de fase tiene un efecto normalizador sobre la variación de temperatura. De este modo, la termoclina está alimentada con un fluido caliente cuya temperatura varía poco. Para el buen funcionamiento de la termoclina, es preferible tener una alimentación de fluido caliente que tenga la temperatura lo más constante posible, la implementación del intercambiador MCPT1 permite conseguir este objetivo.

El fluido frío sale de la termoclina RTH por el orificio inferior 12 y se envía al campo solar CS por medio del segundo intercambiador MCPT2.

Estabilizando la temperatura del fluido caliente a la entrada de la termoclina RTH, el funcionamiento de la termoclina RTH está optimizado. Además, en el modo de realización ventajoso que implementa un segundo intercambiador MCPT2, este tiene un efecto similar de normalización sobre la temperatura del fluido frío que sale de la termoclina y que entra en el campo solar, lo que permite un funcionamiento optimizado del campo solar.

Gracias a la implementación del intercambiador MCPT1, las variaciones de la temperatura de entrada T<sub>1</sub> se normalizan, lo que permite un funcionamiento optimizado de la termoclina RTH. Además, se obtiene un efecto de normalización de las faltas de homogeneidad transversales de temperatura que pueden existir en el interior de la termoclina.

En esta configuración de funcionamiento, la colocación del intercambiador MCPT2 permite obtener una

normalización de las variaciones de la temperatura T2 de salida de la termoclina RTH antes de su regreso hacia el campo solar CS, lo que permite alimentar el campo solar con una temperatura más constante y, por lo tanto, limitar las variaciones de temperatura de salida del campo solar. La implantación del intercambiador MCPT2 permite, igualmente, "dejar salir" del depósito de almacenamiento una parte de la zona de gradiente ZG manteniendo al mismo tiempo una temperatura de salida constante. En efecto, el funcionamiento es similar al presentado en la figura 3, pero con la temperatura fría T2. La tasa de utilización del depósito termoclina RTH puede aumentarse entonces.

En el modo de accionamiento de la turbina únicamente por el fluido caliente proporcionado directa y únicamente por el campo solar (Modo C), las válvulas 18, 16, 28 y 24 están cerradas y las válvulas 20 y 26 están abiertas, entonces, el campo solar está conectado únicamente a la turbina TU. El flujo del fluido se hace según las flechas II, todo el fluido se envía a la turbina. La instalación está en una fase de producción de electricidad únicamente a partir del fluido caliente enviado directamente por el campo solar.

Todo el fluido caliente se envía a la turbina TU después de haber atravesado el primer intercambiador MCPT1. La implantación del intercambiador MCPT1 a la salida de campo solar permite normalizar las variaciones de temperatura del fluido caliente. El funcionamiento de la turbina TU está optimizado, puesto que la temperatura del fluido caliente varía poco y está cercana o es igual a la temperatura nominal T1 de funcionamiento de la turbina TU (se recuerda en este caso, como se ha expuesto anteriormente, que se considera una misma temperatura T1 a la entrada de turbina y a la salida de campo solar por comodidad). El o los materiales de cambio de fases de los primero y segundo intercambiadores MCPT1 y MCPT2 contribuyen a mantener constantes las temperaturas caliente y fría atenuando sus fluctuaciones.

Por otra parte, estabilizando la temperatura a la entrada de la turbina TU, las variaciones de la temperatura a la salida de la turbina se reducen. De este modo, la temperatura del fluido frío que entra en el campo solar se normaliza igualmente, lo que mejora el funcionamiento del campo solar y las regulaciones y el control-mando del campo solar están, en efecto, menos solicitados. Normalizando la temperatura a la entrada del campo solar, la temperatura a la salida del campo solar se normaliza igualmente. De este modo, puede obtenerse una estabilización del conjunto de la instalación.

El fluido frío que sale de la turbina se envía al campo solar CS. De manera ventajosa, previendo el segundo intercambiador MCPT2, todo el fluido que sale de la turbina TU atraviesa el segundo intercambiador MCPT2 antes de atravesar el campo solar CS. El funcionamiento del campo solar CS también está mejorado. El funcionamiento de la instalación se estabiliza más de este modo.

En fase de almacenamiento y de alimentación de la turbina (Modo E) las válvulas 16 y 24 están cerradas y las válvulas 20, 18, 28 y 26 están abiertas, la turbina TU, el campo solar CS y la termoclina RTH están todos interconectados, el campo solar alimenta a la vez la turbina TU y la termoclina RTH. El funcionamiento es el de a la vez en fase almacenamiento y en fase de alimentación de la turbina únicamente.

En fase de desalmacenamiento y de alimentación de la turbina (Modo D), las válvulas 18 y 28 están cerradas y las válvulas 24, 26, 16 y 20 están abiertas. La turbina TU, el campo solar CS y la termoclina RTH están todos interconectados, la turbina está alimentada a la vez por el campo solar CS y la termoclina RTH. El funcionamiento es el de a la vez en fase desalmacenamiento y en fase de alimentación de la turbina únicamente.

Los efectos descritos más arriba se obtienen igualmente. El funcionamiento del conjunto de la instalación se estabiliza entonces.

Las válvulas 18, 20, 24 y 26 son preferentemente unas válvulas de regulación para permitir regular los caudales enviados respectivamente al campo solar, al depósito de almacenamiento y a la turbina.

Como se ha mencionado más arriba, pueden estar previstas de manera ventajosa unas válvulas aguas arriba y aguas abajo del primer intercambiador y/o del segundo intercambiador, que permiten la sustitución del uno y/o el otro de manera fácil. Esta sustitución puede desearse para unas razones de manutención y/o para sustituir el material de cambio de fase, con el fin de tener una temperatura de cambio de fase diferente.

En la figura 5, se puede ver otro ejemplo de realización de la invención en la que la central incluye dos turbinas TU, TU' que tienen unas temperaturas nominales de funcionamiento diferentes. Por ejemplo, la turbina TU tiene una temperatura nominal de funcionamiento T1 y está destinada a un funcionamiento en periodo estival y la turbina TU' tiene una temperatura nominal de funcionamiento T3 inferior a T1 y está destinada a un funcionamiento invernal.

La central incluye entonces dos primeros intercambiadores MCPT1 y MCPT3 aguas abajo del campo solar dedicado a cada una de las turbinas TU, TU' y cuya temperatura de cambio de fase de su material está adaptada para cada una de las turbinas TU, TU'. Además, unos medios de conmutación 30 permiten hacer atravesar el fluido en el uno o el otro de los intercambiadores MCPT1, MCPT3. Los dos primeros intercambiadores están conectados en paralelo. Los medios de conmutación 30 están formados, por ejemplo, por unas válvulas situadas aguas arriba de cada uno

de los primeros intercambiadores, de modo que se prohíba o que se permita el flujo del fluido a través del uno o el otro de los primeros intercambiadores MCPT1, MCPT3. Debe señalarse que el flujo solo está permitido en el uno o el otro de los intercambiadores.

5 El funcionamiento de la instalación es similar al de la instalación de la figura 1. De este modo, en función del periodo del año y de la turbina puesta en funcionamiento, el fluido circula en el uno o el otro de los primeros intercambiadores. De este modo, el funcionamiento de la una o la otra de las turbinas está optimizado, así como el de la termoclina RTH, ya que la temperatura del fluido caliente permanece controlada en cualquier momento del año.

10 En la figura 5, están previstos, igualmente, dos segundos intercambiadores MCPT2, MCPT4 aguas arriba de la entrada del campo solar de manera ventajosa y presentan unas temperaturas de cambio de fase adaptadas para cada una de las temperaturas de salida de las turbinas TU y TU'.

15 Están previstos unos medios de conmutación 32, por ejemplo, formados por unas válvulas, estos están situados aguas arriba de cada uno de los segundos intercambiadores, de modo que se prohíba o que se permita el flujo del fluido a través del uno o el otro de los segundos intercambiadores. Debe señalarse que el flujo solo está permitido en el uno o el otro de los intercambiadores.

20 En este ejemplo ventajoso, cuando los medios de conmutación 30 permiten el flujo del fluido caliente a través del primer intercambiador MCPT1, los medios de conmutación 32 permiten el flujo del fluido frío a través del segundo intercambiador MCPT2 y cuando los medios de conmutación 30 permiten el flujo del fluido caliente a través del primer intercambiador MCPT3, los medios de conmutación 32 permiten el flujo del fluido frío a través del segundo intercambiador MCPT4.

25 Las válvulas 30 y 32 son, igualmente, unas electroválvulas preferentemente.

A título de ejemplo, T1 es igual a 300 °C y T2 es igual a 150 °C y T3 es igual a 250 °C y T4 es igual a 120 °C.

30 Se comprenderá que una central solar que incluya únicamente dos primeros intercambiadores y ningún segundo intercambiador está comprendida en el marco de la invención.

35 Por otra parte, como se ha descrito esto más arriba, se puede prever facilitar la sustitución del uno y/o el otro de los primero y segundo intercambiadores. Por lo tanto, se puede prever en el caso de una central solar de dos turbinas, incluso más, que tengan unas temperaturas nominales de funcionamiento diferentes, adaptar el primer intercambiador y el segundo intercambiador en caso necesario sustituyéndolos en función de la turbina en funcionamiento.

40 Por lo tanto, la invención permite incrementar la versatilidad de la central solar de concentración implementado en paralelo varios intercambiadores de material de cambio de fase con diferentes temperaturas de cambio de fase. Esto permite adaptar el funcionamiento de la central a diferentes niveles de temperatura. Además, gracias a la invención, se requiere un solo sistema de almacenamiento, por ejemplo, una termoclina, puesto que esta puede ver sus temperaturas caliente y fría modificadas.

45 Gracias a la invención, se obtiene una mejora del funcionamiento individual de cada uno de los elementos que componen la central solar, esto es, el o los campos solares, el sistema de almacenamiento térmico y el sistema de conversión de calor y una mejora del funcionamiento global de la central solar. La presente invención está adaptada particularmente para la utilización de un sistema de almacenamiento térmico de tipo termoclina.

50 En los ejemplos presentados, el campo solar y el depósito de almacenamiento están conectados a uno o varios órganos de conversión eléctrica. De forma más general, los órganos TU y TU' pueden ser cualquier órgano de conversión/utilización del calor, como, por ejemplo, una instalación que implemente un procedimiento industrial que utilice calor, una máquina de absorción para producir frío a partir de calor solar, etc.

**REIVINDICACIONES**

1. Central solar que incluye al menos un campo solar (CS) adecuado para suministrar un fluido caliente, al menos un sistema de conversión de calor (TU, TU'), un sistema de almacenamiento térmico (RTH), estando dicho sistema de conversión de calor (TU, TU') y dicho sistema de almacenamiento térmico (RTH) conectados a la salida del campo solar (CS), de modo que estén alimentados de fluido caliente y estando dicho campo solar (CS) conectado a la salida del sistema de conversión de calor (TU, TU') y del sistema de almacenamiento térmico (RTH), de modo que el campo solar (CS) esté alimentado de fluido frío por el sistema de conversión de calor (TU, TU') y/o el sistema de almacenamiento térmico (RTH), en la que dicha central solar incluye al menos un primer intercambiador térmico (MCPT1, MCPT3) dispuesto aguas abajo de la salida del campo solar (CS), aguas arriba del sistema de conversión de calor (TU, TU') y entre la salida del campo solar (CS) y el sistema de almacenamiento térmico (RTH), de modo que todo el fluido caliente que sale del campo solar (CS) circule en dicho al menos un primer intercambiador térmico (MCPT1, MCPT3) antes de alimentar el sistema de conversión de calor (TU, TU') y/o el sistema de almacenamiento térmico (RTH), incluyendo dicho primer intercambiador térmico (MCPT1, MCPT3) un material de cambio de fase cuya temperatura de cambio de fase es tal que el desvío entre la temperatura nominal de funcionamiento de salida del campo solar (T1, T3) y la temperatura de cambio de fase del material de cambio de fase del primer intercambiador térmico está comprendido entre 1 °C y 15 °.
2. Central según la reivindicación 1, en la que dicho al menos un primer intercambiador térmico (MCPT1, MCPT3) está dispuesto en el circuito de la central solar, de modo que esté atravesado por el fluido caliente destinado a alimentar a la vez el sistema de conversión de calor (TU, TU') y el sistema de almacenamiento térmico (RTH).
3. Central según una de las reivindicaciones 1 o 2, que incluye n sistemas de conversión de calor (TU, TU') que presentan unas temperaturas nominales de funcionamiento diferentes (T1, T3) y n primeros intercambiadores térmicos (MCPT1, MCPT3) en paralelo y unos medios (30) para permitir o prohibir la circulación del fluido caliente en el uno de los n primeros intercambiadores térmicos, presentando los materiales de fases de los n primeros intercambiadores térmicos (MCPT1, MCPT3) unas temperaturas de cambio de fase diferentes, siendo n un número entero superior o igual a dos.
4. Central según una de las reivindicaciones 1, 2 o 3 que incluye al menos un segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4) dispuesto aguas arriba de la entrada del campo solar (CS), aguas abajo del sistema de conversión de calor (TU, TU') y entre el sistema de almacenamiento térmico (RTH) y la entrada del campo solar (CS) y de modo que todo el fluido frío destinado a circular en el campo solar (CS) haya atravesado previamente dicho segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4), incluyendo dicho segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4) un material de cambio de fase cuya temperatura de cambio de fase está a una temperatura ligeramente superior a la de la temperatura nominal de funcionamiento (T2, T4) a la entrada del campo solar (CS), estando dicho al menos un segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4) ventajosamente dispuesto en el circuito de la central solar, de modo que esté atravesado por el fluido frío que sale a la vez del sistema de conversión de calor (TU, TU') y del sistema de almacenamiento térmico (RTH).
5. Central según las reivindicaciones 3 y 4, que incluye n segundos intercambiadores térmicos (MCPT2, MCPT4) en paralelo y unos medios (32) para permitir o prohibir la circulación del fluido caliente en el uno de los n segundos intercambiadores térmicos (MCPT2, MCPT4), presentando los materiales de fases de los n segundos intercambiadores térmicos unas temperaturas de cambio de fase diferentes.
6. Central según una de las reivindicaciones 1 a 5, que incluye unos medios para aislar fluídicamente dicho primer intercambiador térmico (MCPT1, MCPT3) y/o dicho segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4).
7. Central según una de las reivindicaciones 1 a 6 en combinación con la reivindicación 4, en la que el desvío entre la temperatura nominal de funcionamiento (T2, T4) a la entrada del campo solar (CS) y la temperatura de cambio de fase del material de cambio de fase del segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4) está comprendido entre 1 °C y 15 °C.
8. Central según una de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la relación entre el volumen de material de cambio de fase del primer intercambiador térmico (MCPT1, MCPT3) y/o entre el volumen de material de cambio de fase del segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4) y el volumen del sistema de almacenamiento térmico (RTH) térmico está/n comprendidas entre un 1 % y un 10 % del volumen del depósito de almacenamiento
9. Central según una de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el sistema de almacenamiento del calor es un depósito termoclina, incluyendo dicho depósito termoclina un orificio superior (10) y un orificio inferior (12) y que incluye una conexión fluídica (14) entre el orificio superior (10) y aguas arriba de dicho primer intercambiador térmico (MCPT1, MCPT3), siendo dicho depósito termoclina ventajosamente un depósito termoclina dual.
10. Central según la reivindicación 9 en combinación con la reivindicación 4 o 5, que incluye una conexión fluídica (22) entre el orificio inferior (12) y aguas abajo del segundo intercambiador térmico (MCPT2, MCPT4).

## ES 2 656 013 T3

11. Central solar según una de las reivindicaciones 1 a 10, en la que el primero y/o el segundo intercambiador térmico incluyen un material de cambio de fase encapsulado en forma de bolas.
- 5 12. Central solar según una de las reivindicaciones 1 a 11, en la que el primero y/o el segundo intercambiador térmico incluyen una calandra llena del material de cambio de fase y unos tubos en los que circula el fluido.
13. Central solar según una de las reivindicaciones 1 a 12, en la que el sistema de conversión de calor (TU, TU') es un sistema de producción de electricidad, por ejemplo, una turbina, o una máquina de absorción, una instalación que implementa procedimiento industrial que utiliza calor...
- 10 14. Central solar según una de las reivindicaciones 1 a 13, en la que la central solar es una central solar de concentración.

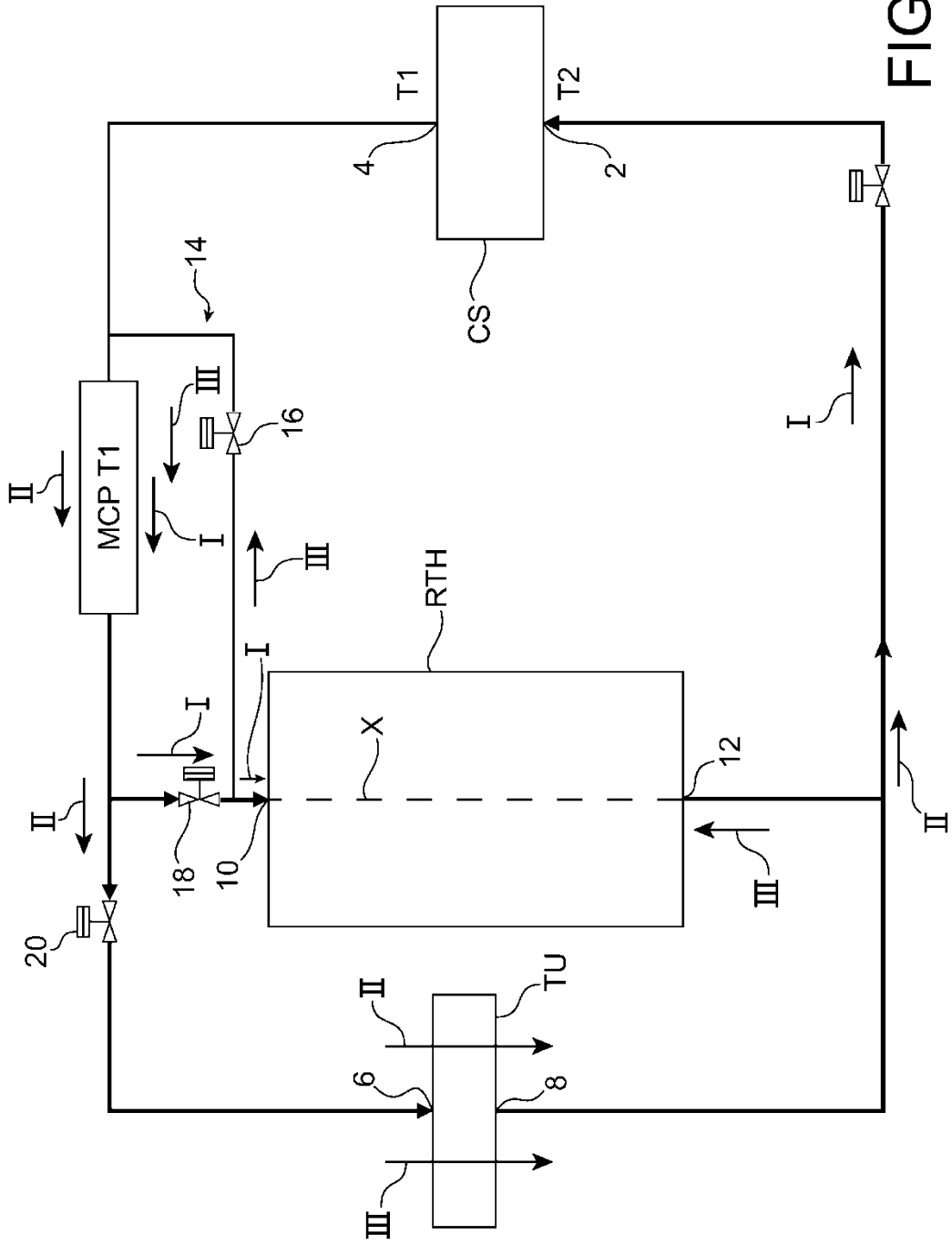


FIG. 1

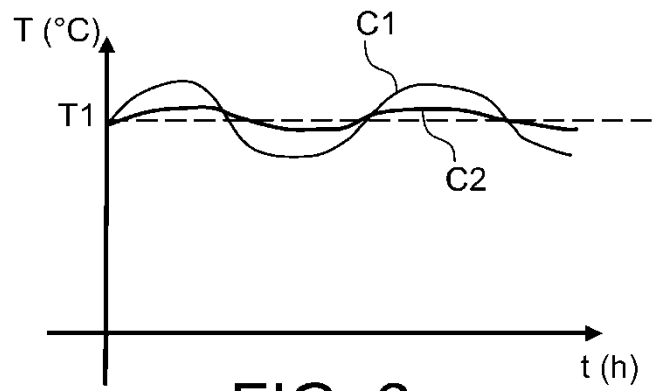


FIG. 2

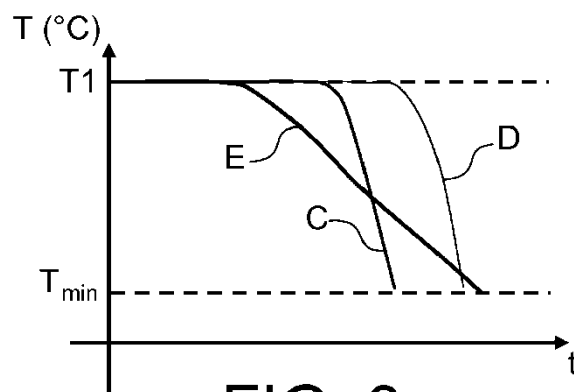


FIG. 3

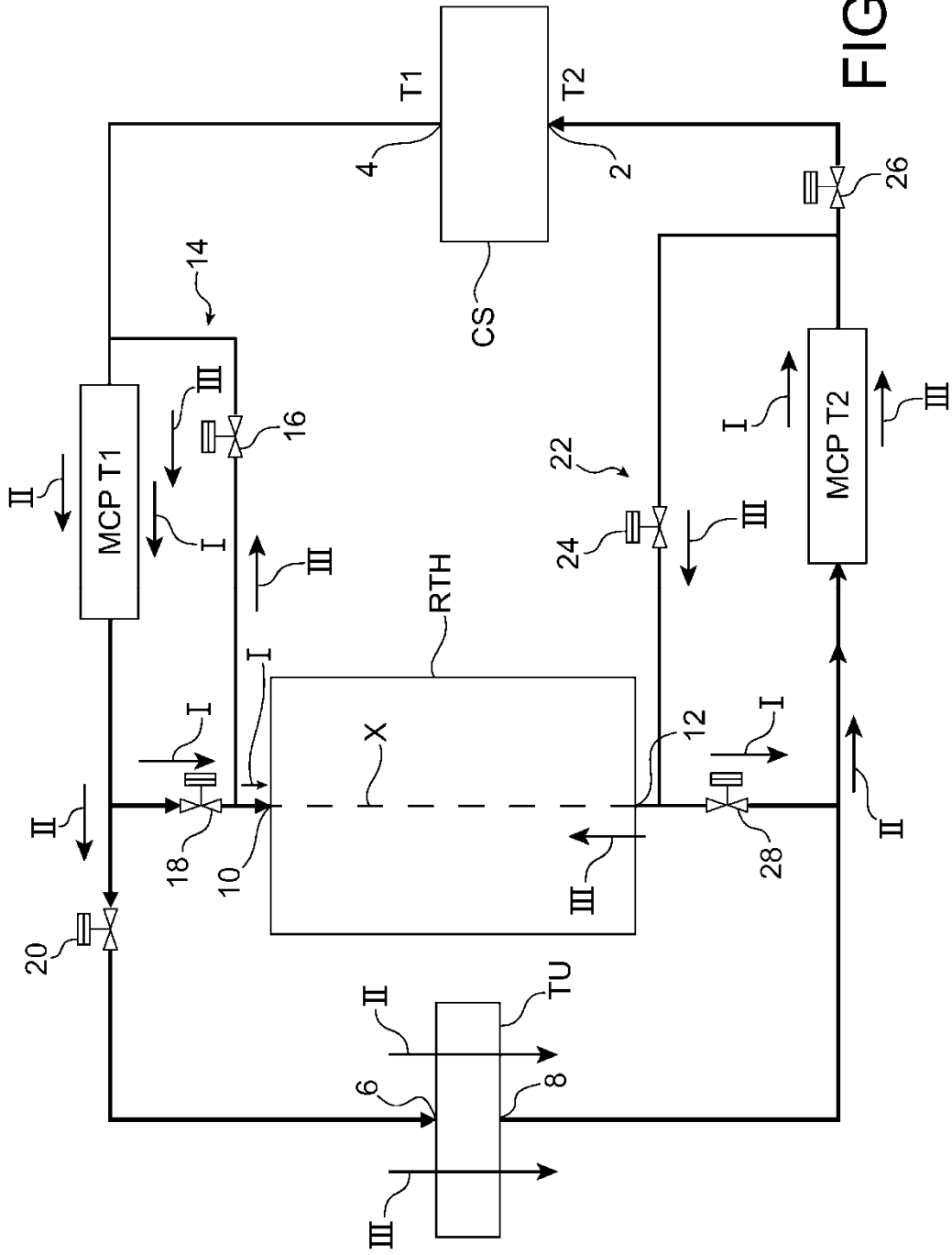


FIG. 4

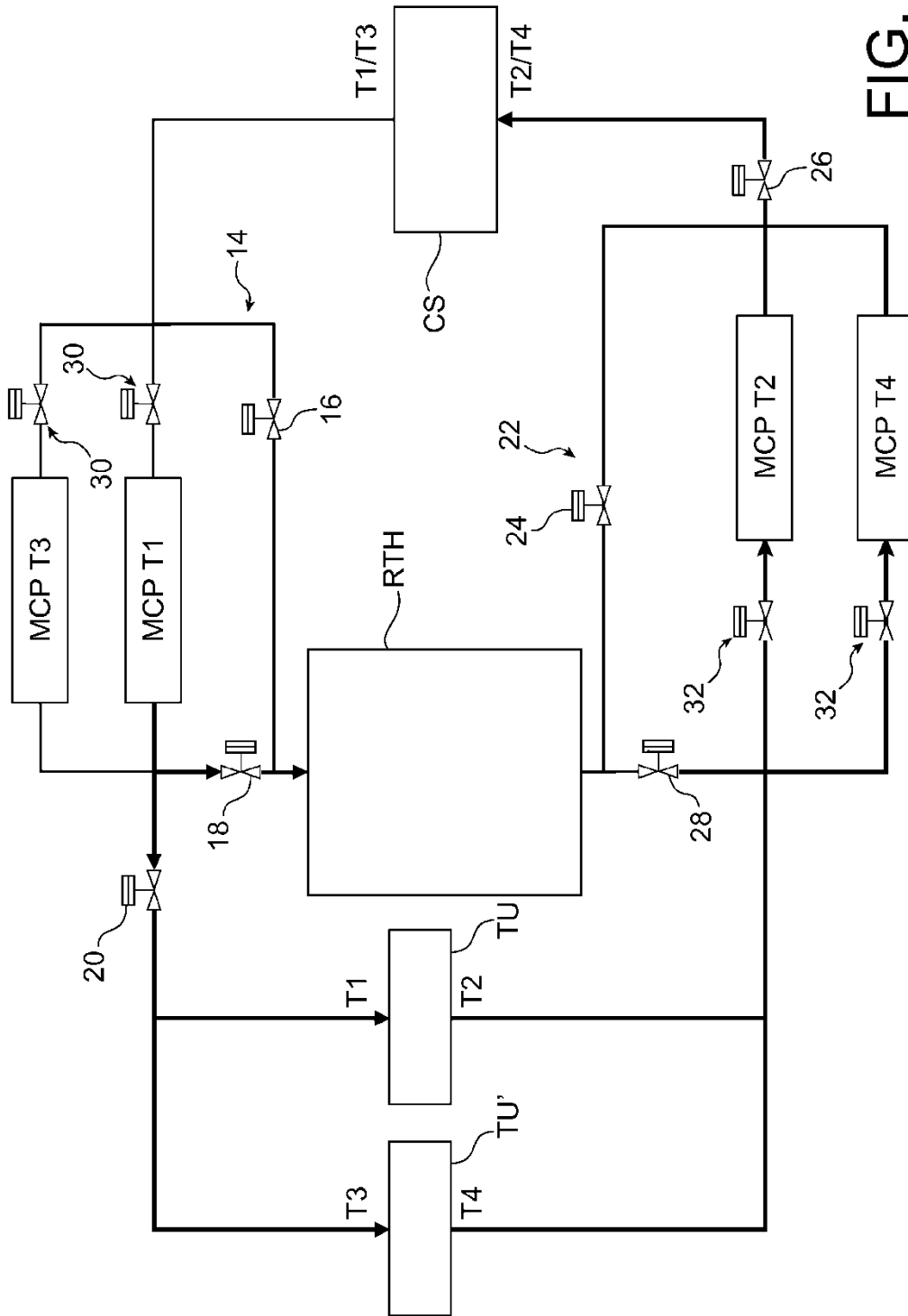


FIG. 5

