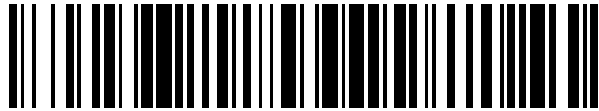


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 482 940**

21 Número de solicitud: 201490023

51 Int. Cl.:

F03G 6/06 (2006.01)

F24J 2/07 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

29.08.2012

30 Prioridad:

30.08.2011 US 61/529,124

43 Fecha de publicación de la solicitud:

05.08.2014

71 Solicitantes:

**ABENGOA SOLAR LLC (100.0%)
1250 Simms Street
80401 Lakewood CO Colorado US**

72 Inventor/es:

**ARIAS, Diego;
PRIETO RIOS, Cristina;
MATEOS DOMINGUEZ, Raúl;
LUPTOWSKI, Brian y
SEIDEL, William**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **CAMPO SOLAR HÍBRIDO.**

57 Resumen:

Una planta de energía solar de concentración utiliza dos fluidos de transferencia de calor. Un primer fluido de transferencia de calor se calienta en un campo de colectores solares de concentración. Un segundo fluido de transferencia de calor se calienta a través de un intercambiador de calor utilizando el calor impartido a partir del primer fluido de transferencia de calor. El segundo fluido de transferencia de calor se calienta después adicionalmente, por ejemplo, en un segundo campo de colectores solares de concentración, y la potencia se genera utilizando la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor. El segundo fluido de transferencia de calor puede ser una sal solar, y por lo tanto puede tener una temperatura de trabajo más alta que el primer fluido de transferencia de calor. La planta de energía solar puede alcanzar las mejoras en la eficiencia de generación de potencia ofrecidas por la utilización de un fluido de trabajo a alta temperatura, aunque al menos parte de la planta no requiera calentamiento de reserva para protegerla contra eventos de congelación.

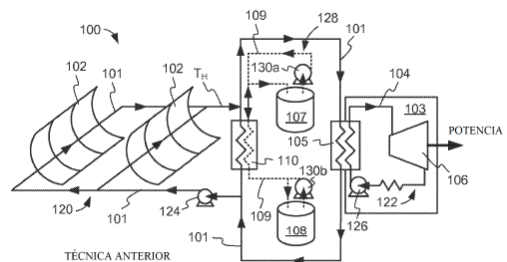


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

Campo solar híbrido

Antecedentes

5 Las plantas de concentración de energía solar pueden generar grandes cantidades de energía eléctrica utilizando la energía del sol, y sin un consumo significativo de combustibles fósiles. En un tipo de planta solar de concentración, un fluido de transferencia de calor se hace circular a través de un campo de colectores solares de concentración para calentar el fluido de transferencia de calor. El fluido de transferencia de calor se hace pasar después a un bloque de potencia, que genera energía eléctrica utilizando el calor extraído del fluido de
10 transferencia de calor.

El bloque de potencia puede utilizar un ciclo de potencia a base de vapor convencional, tal como un ciclo Rankine. La eficiencia del bloque de potencia depende de la temperatura más alta alcanzada por el fluido de transferencia de calor. En general, cuanto mayor es la temperatura alcanzada por el fluido de transferencia de calor, más eficiente será la
15 generación de potencia.

Sumario

De acuerdo con un aspecto, un sistema de generación de energía comprende un primer campo de colectores solares de concentración, y un primer fluido de transferencia de calor que circula a través del primer campo de colectores solares de concentración. El primer
20 fluido de transferencia de calor se calienta por el primer campo de colectores solares de concentración, y el primer fluido de transferencia de calor circula también a través de un intercambiador de calor. El sistema comprende además un segundo campo de colectores solares de concentración, y un bloque de generación de potencia. Un segundo fluido de transferencia de calor circula a través del segundo campo de colectores solares de
25 concentración, el intercambiador de calor, y el bloque de generación de potencia. El intercambiador de calor transfiere energía térmica al segundo fluido de transferencia de calor procedente del primer fluido de transferencia de calor para calentar el segundo fluido de transferencia de calor desde una primera temperatura hasta una segunda temperatura. El segundo campo de colectores solares de concentración calienta el segundo fluido de
30 transferencia de calor desde la segunda temperatura hasta una tercera temperatura, y el bloque de generación de potencia genera energía eléctrica utilizando la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor.

En algunas realizaciones, el segundo fluido de transferencia de calor es una sal fundida. En algunas realizaciones, el primer fluido de transferencia de calor tiene una temperatura de operación máxima utilizable de menos de 450°C. En algunas realizaciones, el primer fluido de transferencia de calor tiene una temperatura de operación máxima utilizable, y el segundo fluido de transferencia de calor se calienta en el calentador solar de concentración secundario hasta una temperatura superior a la temperatura de operación máxima utilizable del primer fluido de transferencia de calor. En algunas realizaciones, el sistema de generación de energía comprende además un tanque de almacenamiento caliente y un tanque de almacenamiento frío, y el segundo fluido de transferencia de calor se hace fluir desde el calentador solar de concentración secundario hasta el tanque de almacenamiento caliente, y después hasta el bloque de generación de potencia, y el segundo fluido de transferencia de calor se hace fluir desde el bloque de generación de potencia hasta el tanque de almacenamiento frío y después hasta el intercambiador de calor. El campo de colectores solares de concentración puede incluir colectores de uno o más tipos seleccionados entre el grupo que consiste en colectores solares cilindro-parabólicos, colectores Fresnel, y colectores no formadores de imágenes. En algunas realizaciones, el campo de colectores solares de concentración incluye al menos un colector solar cilindro-parabólico. En algunas realizaciones, el campo de colectores solares de concentración incluye colectores de más de un tipo. El calentador solar de concentración secundario puede incluir un segundo campo de colectores solares de concentración. El segundo campo de colectores solares de concentración puede incluir al menos un colector solar cilindro-parabólico. En algunas realizaciones, el calentador solar de concentración secundario comprende un campo de espejos que reflejan la radiación solar en una ubicación común, y el segundo fluido de transferencia de calor circula a través de la ubicación común, el intercambiador de calor, y un bloque de generación de potencia.

En algunas realizaciones, el sistema de generación de energía incluye además una derivación del calentador solar de concentración secundario, y cuando no se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del calentador solar de concentración secundario, del intercambiador de calor, y del bloque de generación de potencia, y cuando se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del intercambiador de calor y del bloque de generación de potencia sin circular por el calentador solar de concentración secundario. En algunas realizaciones, el sistema de generación de energía incluye, además, una derivación del intercambiador de calor, y cuando no se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del intercambiador de calor, del calentador solar de concentración secundario, y del bloque

de generación de potencia, y cuando se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del calentador solar de concentración secundario y del bloque de generación de potencia sin fluir a través del intercambiador de calor. En algunas realizaciones, el bloque de generación de potencia utiliza un fluido de trabajo, y el fluido de trabajo se calienta utilizando al menos parte de la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor.

De acuerdo con otro aspecto, un método de generación de energía eléctrica incluye hacer pasar un primer fluido de transferencia de calor a través de un campo de colectores solares de concentración para calentar el primer fluido de transferencia de calor, hacer pasar el primer fluido de transferencia de calor a través de un intercambiador de calor para impartir calor a un segundo fluido de transferencia de calor, hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un calentador solar de concentración secundario para calentar aún más el segundo fluido de transferencia de calor, hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a un bloque de potencia que genera energía eléctrica utilizando la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor, hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor de vuelta al intercambiador de calor para volver a calentado. El primer fluido de transferencia de calor se puede calentar por el campo de colectores solares de concentración hasta una temperatura máxima de menos de 450°C. El segundo fluido de transferencia de calor se puede calentar por el calentador solar de concentración secundario hasta una temperatura de más de 450°C. En algunas realizaciones, el segundo fluido de transferencia de calor se calienta por el calentador solar de concentración secundario hasta una temperatura mayor que de la temperatura de operación máxima utilizable del primer fluido de transferencia de calor. En algunas realizaciones, el método incluye además hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un tanque de almacenamiento caliente durante el flujo del segundo fluido de transferencia de calor desde el calentador solar de concentración secundario hasta el bloque de potencia. En algunas realizaciones, el método incluye además hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un tanque de almacenamiento frío durante el flujo del segundo fluido de transferencia de calor desde el bloque de potencia hasta el intercambiador de calor. En algunas realizaciones, hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un calentador solar de concentración secundario comprende hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un segundo campo de colectores solares de concentración. En algunas realizaciones, el método incluye además dirigir la radiación solar en una ubicación común de un campo de espejos, y hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un calentador solar de

concentración secundario comprende hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de la ubicación común. En algunas realizaciones, el bloque de potencia utiliza un fluido de trabajo, y el método comprende además calentar el fluido de trabajo utilizando al menos una parte del calor extraído del segundo fluido de transferencia de calor.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo de una planta de concentración energía solar convencional.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente una planta solar de concentración de acuerdo con realizaciones de la invención.

10 La Figura 3 muestra historiales de temperatura ejemplares del primer y segundo fluidos de transferencia de calor y a medida que circulan dentro del sistema de la Figura 2.

La Figura 4 ilustra una planta solar de concentración de acuerdo con otras realizaciones.

Descripción detallada

La **Figura 1** ilustra un ejemplo de una planta de energía solar de concentración
 15 convencional **100**. Un fluido de transferencia de calor primario **101** se hace circular dentro de un bucle de calentamiento principal **120** que se extiende a través de un campo de colectores solares de concentración **102**. La trayectoria del bucle de calentamiento primario **120** se indica con una línea continua, con puntas de flecha para indicar la dirección de flujo del fluido de transferencia de calor **101**, que se puede distribuir por una o más bombas **124**.
 20 Aunque solo se ilustran dos módulos de colectores en la Figura 1, el campo de colectores puede incluir miles de módulos de colectores. El fluido de transferencia de calor primario **101** puede ser uno disponible en el mercado, por ejemplo, una mezcla eutéctica óxido de difenilo/bifenilo (DPO) tal como Therminol-VPI™, disponible comercialmente por Solutia, Inc., de St. Louis, Missouri, Estados Unidos, o un fluido de polisiloxano de dimetilo tal como
 25 Syltterm 800™, disponible por Dow Corning Corporation de Midland, Michigan, Estados Unidos. El fluido de transferencia de calor primario **101** se calienta por los colectores solares de concentración **102**, y a continuación, se hace circular hasta un bloque de potencia **103**, que genera energía utilizando el calor extraído del fluido de transferencia de calor. En el ejemplo mostrado, un fluido de trabajo **104** circula dentro de un bucle de potencia **122**,
 30 dirigido por una o más bombas **126**. La trayectoria del bucle de potencia **122** se indica con una línea continua, con puntas de flecha para indicar la dirección de flujo del fluido de

trabajo **104**. El fluido de trabajo **104** puede comprender, por ejemplo, agua que se calienta en uno o más intercambiadores de calor **105**, hasta un estado de vapor tal como vapor de agua, que se utiliza para mover una turbina **106**, produciendo potencia mecánica que se puede utilizar para accionar un generador eléctrico (no mostrado). Algunos bucles de potencia convencionales comprenden múltiples turbinas y múltiples extracciones de vapor con el fin de aumentar la eficiencia del sistema de generación de energía.

La planta **100** puede incluir tanques de almacenamiento de energía térmica en caliente y frío **107** y **108**, respectivamente, que contienen e intercambian un segundo fluido de transferencia de calor **109**. El segundo fluido de transferencia de calor **109** se intercambia hacia atrás y adelante entre los tanques de almacenamiento caliente y frío **107** y **108** a través de un sistema de transferencia **128**, por ejemplo impulsado por las bombas **130a** y **130b**. Los tanques de almacenamiento caliente y frío **107** y **108** permiten que la planta **100** almacene energía y se adapte mejor a su generación de potencia a las cargas esperadas. Si bien los tanques de almacenamiento caliente y frío individuales se ilustran solamente en la Figura 1, el sistema de almacenamiento de energía térmica puede incluir múltiples pasos de tanques en caliente y frío paralelos. La trayectoria del fluido de transferencia de calor secundario a través del sistema de transferencia **128** se indica mediante una línea discontinua, con puntas de flecha para indicar la dirección del flujo del segundo fluido de transferencia de calor **109**. El segundo fluido de transferencia de calor **109** puede ser una sal solar fundido, tal como una mezcla de sodio y nitratos de potasio. Durante los tiempos cuando más energía solar de la necesaria está disponible para la generación de potencia, el segundo fluido de transferencia de calor **109** se puede bombear desde el tanque **108** hasta el tanque de almacenamiento caliente **107** a través de un segundo intercambiador de calor **110**, cuando el segundo fluido de transferencia de calor **109** se calienta por la transferencia de energía térmica desde el fluido de transferencia de calor primario **101**. En momentos en los que se desea generar más potencia desde el bloque de potencia **103** que la está disponible en el campo de colectores solares **102**, por ejemplo durante las horas de la tarde y de la noche o en otros momentos en los que la luz solar no está disponible, el segundo fluido de transferencia de calor **109** se puede bombear desde el tanque de almacenamiento caliente **107** hasta el tanque de almacenamiento frío **108**, calentando el fluido de transferencia de calor primario **101** a través del segundo intercambiador de calor **110**, y el fluido de transferencia de calor primario **101** se puede bombear, a continuación, hasta el bloque de potencia **103** para la generación de electricidad.

Tanto el fluido de transferencia de calor primario como secundario **101** y **109** permanecen

en estado líquido. Por ejemplo, el tanque de almacenamiento caliente **107** se puede mantener a una temperatura de aproximadamente 380°C, y el tanque **108** de almacenamiento frío se puede mantener a una temperatura de aproximadamente 300°C, muy por encima de la temperatura de congelación de la sal fundida. El fluido de transferencia de calor primario **101** se puede calentar a una temperatura de T_H tan alta como 400°C a la salida del campo de colectores solares **102**. La temperatura de trabajo del fluido de transferencia de calor primario **101** puede estar limitada por las propiedades del propio fluido, dado que el fluido de transferencia de calor primario **101** puede llegar a ser químicamente inestable a temperaturas elevadas. Los fluidos de transferencia de calor típicos utilizados como el fluido de transferencia de calor primario **101** se limitan a temperaturas de aproximadamente 400°C o menos.

De acuerdo con los principios termodinámicos conocidos, la eficiencia con la cual la electricidad se puede generar en el bloque de potencia **103** depende de la diferencia de temperatura a través de la que opera el bloque de potencia **103**. En general, cuanto mayor es la temperatura del primer fluido de transferencia de calor **101** que entra en el bloque de potencia **103**, más eficiente puede ser el bloque de potencia. Por lo tanto es deseable aumentar la temperatura más alta en el sistema.

Un enfoque anterior para proporcionar un mayor diferencial de temperatura en el bloque de potencia **103** ha sido la utilización de una sal fundida como el fluido de transferencia de calor primario. Una sal fundida como el segundo fluido de transferencia de calor **109** que se ilustra en la Figura 1 puede permanecer químicamente estable y, por tanto, utilizable a temperaturas tan altas como 600°C o más. En la planta **100** ilustrada en la Figura 1, el segundo fluido de transferencia de calor **109** se elige principalmente por su calor específico relativamente alto, de manera que el almacenamiento de energía sustancial se puede realizar utilizando un volumen o masa relativamente pequeño del segundo fluido de transferencia de calor **109**. Sin embargo, en la planta **100**, el segundo fluido de transferencia de calor nunca alcanza una temperatura mayor que la del fluido de transferencia de calor primario **101**, y el intervalo de temperatura de trabajo adicional del segundo fluido de transferencia de calor **109** no se utiliza completamente.

En una planta que utiliza una sal fundida como el fluido de transferencia de calor primario, la sal fundida se haría circular a través del campo de colectores, y se calentaría a temperaturas tan altas como 600°C o más, y después se utilizaría directamente a través del intercambiador de calor **105** para generar vapor para el bloque de potencia **103**. Por lo tanto, el uso de una sal fundida como el fluido de transferencia de calor primario permitiría

potencialmente un diferencial de temperatura mucho más grande a través del bloque de potencia **103**, y en consecuencia alcanzaría una eficiencia mejorada del bloque de potencia **103**. El uso de una sal fundida como el fluido de transferencia de calor primario puede tener otras ventajas, así como, incluir caudal másico reducido del fluido de transferencia de calor, menor número de bucles de tuberías, material y área superficial reducidos en las tuberías del campo de colectores, así como la reducción de los costes de almacenamiento de energía térmica.

Sin embargo, el uso de una sal fundida como el fluido de transferencia de calor primario presenta ciertas dificultades. La temperatura de fusión de la sal puede ser tan alta como 238°C o más, si el fluido se deja congelar en cualquier punto en el sistema, es decir, cae por debajo de 238°C, la planta sería inoperante. La planta puede ser dañada, y reparar y reiniciar la planta puede llevar semanas. El campo de colectores solares **102** puede cubrir varias millas cuadradas y se expone a la atmósfera, y para evitar tales daños sería necesario que el fluido de transferencia de calor se mantenga a una temperatura por encima de la temperatura de congelación del fluido de transferencia de calor en todos los puntos en el sistema y en todo momento. Para evitar la congelación en una planta que utiliza una sal fundida como fluido de transferencia de calor, el fluido puede circular constantemente a través del sistema, y todas las tuberías, válvulas, accesorios, etc. pueden estar provistos de dispositivos de calentamiento de reserva en caso de fallo de la bomba, clima inusualmente frío, u otras condiciones que comprometan la congelación de la sal fundida. Los dispositivos de calentamiento añaden costes y complejidad al sistema, y cuando se utilizan, consumen potencia valiosa. Ejemplos de dispositivos de calentamiento incluyen "rastreo de calor", en el que calentadores de resistencia eléctrica se ponen en contacto con los tubos y otras partes del sistema, y sistemas de calentamiento de impedancia que se pueden utilizar para calentar tubos colectores que deben permanecer descubiertos para la recolección adecuada de la energía solar.

La **Figura 2** ilustra una planta solar de concentración **200** construida de acuerdo con las realizaciones de la invención. La planta solar de concentración **200** puede proporcionar al menos algunas de las ventajas de utilizar un fluido de transferencia de calor de alta temperatura tal como una sal fundida, y puede evitar algunos de los riesgos y el coste de la utilización de un fluido tal transferencia de calor.

La planta solar **200** incluye dos campos de colectores solares de concentración. Un primer fluido de transferencia de calor **201** circula en un circuito de calentamiento principal **200** través de los colectores solares de concentración **202** en un primer campo **203** de

colectores. El primer fluido de transferencia de calor **201** se puede impulsar por una o más bombas **222**. La trayectoria del bucle de calentamiento primario **220** se indica con una línea continua, con puntas de flecha para indicar la dirección de flujo del primer fluido de transferencia de calor **201**. El primer fluido de transferencia de calor **201** puede ser un fluido de transferencia de calor convencional que tiene una temperatura máxima estable de aproximadamente 400°C. Ejemplos de tales fluidos incluyen una mezcla eutéctica del 73,5% óxido de difenilo (DPO) y del 26,5% bifenilo o un fluido de polisiloxano de dimetilo. El primer fluido de transferencia de calor **201** permanece preferentemente en estado líquido a temperaturas por debajo de las temperaturas ambientales esperadas en el sitio de la planta. Como tal, no se requiere rastreo de calor u otras medidas de calentamiento de soporte en el primer campo **203** de los colectores solares de concentración **202**.

Los colectores solares de concentración **202** pueden ser de cualquier tipo adecuado, por ejemplo colectores cilindro-parabólicos, colectores Fresnel, colectores no formadores de imágenes u otro tipo de colector. El primer campo de colectores **203** puede incluir una mezcla de tipos de colectores. Aunque solo se ilustran dos módulos de colectores en la Figura 2, el campo de colectores puede incluir miles de módulos de colectores. Al menos algunos de los colectores solares de concentración **202** pueden girar para seguir el sol durante el día. El primer fluido de transferencia de calor **201** circula también a través de un intercambiador **204** de calor. Cuando circula a través del primer campo de colectores **203**, no todo el primer fluido de transferencia de calor **201** se puede hacer pasar a través de todos los colectores solares de concentración **202**. Por ejemplo, los colectores solares de concentración **202** se pueden agrupar utilizando un conjunto de conexiones en serie y en paralelo, de modo que una porción del primer fluido de transferencia de calor **201** que sale del intercambiador **204** de calor se puede hacer pasar a través de un conjunto de los colectores solares de concentración **202**, y otra porción se puede hacer pasar a través de un conjunto diferente de los colectores solares de concentración **202**, antes de hacerse pasar de nuevo al intercambiador de calor **204**. Más detalles acerca de la construcción de los colectores solares de concentración adecuados para su uso en algunas realizaciones se pueden encontrar en la Solicitud de Patente de Estados Unidos pendiente de trámite N° 12/416.536 presentada el 01 de abril de 2009 y titulada "Transferencia de Par entre Módulos de Colectores Cilíndricos", cuya descripción completa que se incorpora en el presente documento por referencia para todas las finalidades.

La planta solar **200** comprende también un segundo campo **205** de colectores solares de concentración **206**. Los colectores solares de concentración **206** pueden ser del mismo tipo

que los colectores solares de concentración **202**, o puede ser de un tipo diferente. El segundo campo **205** puede incluir colectores de diferentes tipos. Un segundo fluido de transferencia de calor **207** circula a través de un bucle secundario **224** a través del segundo campo **205**, por ejemplo impulsado por las bombas **226a** y **226b**. La trayectoria del bucle de calentamiento secundario **224** se indica mediante una línea discontinua, con puntas de flecha para indicar la dirección de flujo del segundo fluido de transferencia de calor **207**. Los colectores solares de concentración **206** se pueden agrupar utilizando conexiones en serie y en paralelo, de tal manera que no todo el segundo fluido de transferencia de calor **207** se hace pasar a través de todos los colectores solares de concentración **206** durante la circulación. El segundo campo **205** de colectores solares de concentración **206** es un ejemplo de un calentador solar de concentración secundario, proporcionando calentamiento secundario para el segundo fluido de transferencia de calor **207**, además del calentamiento proporcionado por el primer campo **203** de colectores solares de concentración **201**.

El segundo fluido de transferencia de calor **207** puede ser una sal fundida u otro fluido de transferencia de calor de alta temperatura capaz de operar a temperaturas más altas que el intervalo de temperatura de trabajo del primer fluido de transferencia de calor **201**. El segundo fluido de transferencia de calor **207** se hace circular también hasta un bloque de potencia **208**, donde se genera energía eléctrica utilizando la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor **207** por medio de un segundo intercambiador de calor **209**, que se puede considerar como parte del bloque de potencia **208**. En muchas realizaciones, el calor del segundo fluido de transferencia de calor **207** se transfiere por el intercambiador de calor **209** hasta un fluido de trabajo **213** dentro del bloque de potencia **208**. El fluido de trabajo puede ser, por ejemplo, un líquido o un gas, o una combinación de los mismos. Por ejemplo, el bloque de potencia **208** puede utilizar un ciclo de Rankine a base de vapor y el fluido de trabajo **213** puede ser vapor. En otras realizaciones, el bloque de potencia **208** puede utilizar un ciclo Brayton a base de gas, y el fluido de trabajo **213** puede ser un gas. Otros ciclos de generación de potencia también son posibles. El segundo fluido de transferencia de calor **207** se hace circular después de vuelta al primera intercambiador de calor **204**, para comenzar el proceso de calentamiento de nuevo. Tanques de almacenamiento caliente y frío **210** y **211**, respectivamente, se pueden proporcionar para el almacenamiento de energía térmica, por ejemplo, para la generación de energía eléctrica retardada. El segundo fluido de transferencia de calor **207** se puede acumular y mantenerse en el tanque de almacenamiento caliente **210** durante los momentos de recogida solar pico, y se hace pasar al bloque de generación de potencia **208** en un momento posterior.

Por lo tanto, el segundo fluido de transferencia de calor **207** se puede calentar en dos etapas, primero por el intercambiador de calor **204** hasta una temperatura cerca de la temperatura de trabajo máxima del primer fluido de transferencia de calor **201**, y después por el segundo campo de colectores **205**, hasta una temperatura superior a la temperatura de trabajo máxima del primer fluido de transferencia de calor **201**, y preferentemente hasta una temperatura cerca de la temperatura de trabajo máxima estable del segundo fluido de transferencia de calor **207**. La planta solar **200** puede, por lo tanto, proporcionar la ganancia en eficiencia que ofrece el intervalo de temperatura de trabajo prolongado del segundo fluido de transferencia de calor **207**, en comparación con el intervalo de trabajo del primer fluido de transferencia de calor **201**.

Debido a que el primer fluido de transferencia de calor **201** se utiliza en el primer campo **203** de colectores solares no corre el riesgo de congelación, una porción significativa del campo de colectores combinado no requiere el rastreo de calor u otro calentamiento de reserva. La complejidad y el coste de esa porción del sistema se pueden reducir de este modo en gran medida, en comparación con una planta de energía en la que se utiliza una sal fundida en todo el campo de colectores. Además, cuando se necesita calentamiento de reserva, la potencia consumida por el calentamiento de reserva se reduce, debido a que mucho menos del campo de colectores colectivo requiere calentamiento de reserva. Aunque las proporciones de los colectores solares que residen en el primer campo de colectores **203** y en el segundo campo de colectores **205** dependerán del diseño de una planta de energía particular, en algunas realizaciones, el primer campo de colectores **203** puede contener aproximadamente del 40-60% del número total de colectores solares de concentración, con el resto residiendo en el segundo campo de colectores **205**. Además, la planta solar de concentración **200** puede proporcionar otros beneficios de un fluido de transferencia de calor de mayor temperatura, incluyendo la reducción del caudal másico del segundo fluido de transferencia de calor **207**, y la reducción de materiales y del área superficial en los sistemas de tuberías.

Además, la planta solar de concentración **200** ejemplar proporciona almacenamiento térmico directo. Es decir, los tanques de almacenamiento caliente y frío **210** y **211** se colocan en el circuito de tuberías que el segundo fluido de transferencia de calor **207** atraviesa en su recorrido hacia y desde el bloque de potencia, y el segundo fluido de transferencia de calor **207** fluye directamente dentro y fuera de los tanques de almacenamiento caliente y frío **210** y **211**. Esto está en contraste con la planta solar de concentración **100** de la Figura 1, donde la energía térmica se transfiere hacia y desde el almacenamiento térmico utilizando el

intercambiador de calor **110**. La planta solar **200** de la Figura 2 puede anular en gran medida las pérdidas inherentes en la transferencia indirecta de energía térmica hacia y desde el almacenamiento.

La planta solar de concentración **200** puede también proporcionar beneficios de fiabilidad.

5 Además de reducir la complejidad de la parte del campo de colectores, se puede proporcionar una derivación opcional **212**, que tiene dos configuraciones. Por ejemplo, las válvulas **214** y **215** u otro tipo de dispositivo de conmutación se pueden configurar para encaminar el segundo fluido de transferencia de calor **207** a través de la derivación o a través del segundo campo de colectores **205**. En una primera configuración, la derivación
10 **212** no se utiliza (la válvula **214** está abierta y la válvula **215** está cerrada), y el segundo fluido de transferencia de calor **207** circula a través del segundo campo **205** de colectores solares de concentración **206**, el tanque de almacenamiento caliente **210**, el bloque de generación de potencia **208** (que incluye el intercambiador de calor **209**), el tanque de almacenamiento frío **211**, y el intercambiador de calor **204**. En la segunda configuración, se
15 utiliza la derivación **212** (la válvula **214** está cerrada y la válvula **215** está abierta), y el segundo fluido de transferencia de calor **207** circula a través del intercambiador de calor **204** y del bloque de generación de potencia **208**, sin que circule a través del segundo campo **205** de colectores solares de concentración **206**. En la segunda configuración, la planta solar
20 **200** se puede operar a capacidad y a eficiencia reducida, mientras que el segundo campo de concentración **205** de colectores solares **206** está en línea para su mantenimiento o reparación. En la segunda configuración, solo un bucle de tuberías relativamente pequeño que lleva el segundo fluido de transferencia de calor **207** se mantiene activo, que lleva el segundo fluido de transferencia de calor **207** entre el primer intercambiador de calor **204** y el bloque de generación de potencia **208**, a través de los tanques de almacenamiento caliente
25 y frío **210** y **211**.

Además del modo de operación de capacidad reducida descrito anteriormente, que utiliza la derivación **212** y calienta el segundo fluido de transferencia de calor **207** solo a través del intercambio de calor del primer fluido de transferencia de calor **201** que circula en el primer campo **203**, se reconocerá que otro modo de capacidad reducida también puede ser posible
30 en algunas realizaciones. En este segundo modo de capacidad reducida, no se utiliza la derivación **212** (la válvula **214** está abierta y la válvula **215** está cerrada), de manera que el segundo fluido de transferencia de calor **207** circula a través del segundo campo **205** para calentarse por los colectores **206** en el segundo campo **205**, a través del tanque de almacenamiento caliente **210**, y a través del bloque de potencia **208** donde se genera

energía eléctrica utilizando el calor transferido desde el segundo fluido de transferencia de calor **207**. El segundo fluido de transferencia de calor **207** puede circular más lejos del bloque de potencia **208**, a través del tanque de almacenamiento frío **211**, a través del intercambiador **204** de calor, y de vuelta al segundo campo de colectores **205** para volver a calentarse. (Como alternativa, se puede proporcionar una segunda derivación de manera que el segundo fluido de transferencia de calor **207** puede pasar por alto el intercambiador de calor **204**, por ejemplo bajo el control de válvulas). En este segundo modo de capacidad reducida, el primer campo **203** de colectores puede no estar en operación, y puede no proporcionar calor para el segundo fluido de transferencia de calor **207**. En este segundo modo de capacidad reducida, solo el segundo campo **205** de colectores proporciona calentamiento. Este modo se puede utilizar, por ejemplo, cuando el primer campo **203** de colectores no está operativo, por ejemplo cuando el primer campo **203** de colectores está en mantenimiento o está experimentando un fallo temporal del equipo. Por lo tanto, la planta solar de concentración **200** ejemplar se puede operar de tal manera que los ambos campos de colectores **203** y **205** contribuyen a calentar el segundo fluido de transferencia de calor **207**, o en cualquiera de los otros dos modos en los que solo uno de los dos campos de colectores **203** o **205** contribuye a calentar el segundo fluido de transferencia de calor **207**.

La **Figura 3** muestra historiales de temperatura ejemplares de primer y segundo fluidos de transferencia de calor **201** y **207** a medida que circulan dentro del sistema. El primer fluido de transferencia de calor **201** entra en el primer campo de colectores **203** en o cerca de su temperatura más baja, en el punto marcado con "A" en la Figura 2, y sale del primer campo de colectores **203** a su temperatura más alta, en el punto marcado con "B" en la Figura 2. Las condiciones de temperatura correspondientes a los puntos A y B están marcadas también como "A" y "B" en la Figura 3. El primer fluido de transferencia de calor **201** se enfría a continuación, en el primer intercambiador de calor **204**, a medida que imparte calor al segundo fluido de transferencia de calor **207**.

El segundo fluido de transferencia de calor **207** entra en el primer intercambiador de calor **204** en o cerca de su temperatura más baja T1, en el punto marcado con "E" en la Figura 2. El primer intercambiador de calor **204** eleva la temperatura del segundo fluido de transferencia de calor **207** hasta una temperatura T2 a la salida del primer intercambiador de calor **204**, en el punto marcado con "C" en la Figura 2. El segundo fluido de transferencia de calor **207** se calienta después en el segundo campo de colectores **205** y sale del segundo campo de colectores **205** en o cerca de su más alta temperatura T3, en el punto marcado con "D" en la Figura 2. Las condiciones de temperatura correspondientes a los puntos C, D y

E se marcan también como "C", "D" y "E" en la Figura 3. El segundo fluido de transferencia de calor **207** puede después entrar en el tanque de almacenamiento caliente **210**, donde puede mantenerse a una temperatura cerca de T3. El segundo fluido de transferencia de calor **207** se enfría a continuación, a medida que pasa a través del bloque de generación de potencia **208**, de nuevo a una temperatura cerca de T1, y entra en el tanque de almacenamiento frío **211**. El tanque de almacenamiento frío **211** se puede mantener a una temperatura cerca de T1.

Aunque las temperaturas implicadas variarán con las condiciones de operación, los fluidos de transferencia de calor particulares utilizados y el diseño de una planta particular, en algunas realizaciones T1 puede estar en el orden de 300°C, T2 puede estar en el orden de 400°C, y T3 puede estar en el orden de 550-600°C.

La Figura 4 ilustra una planta solar de concentración **400** de acuerdo con otras realizaciones. Al igual que las plantas solares **100** y **200** que se han descrito anteriormente, la planta solar de concentración **400** utiliza un primer fluido de transferencia de calor **401** que circula a través de un campo **403** de colectores solares de concentración **402**, y un intercambiador de calor **404** que imparte calor del primer fluido de transferencia de calor **401** a un segundo fluido de transferencia de calor **405**. Como anteriormente, el segundo fluido de transferencia de calor **405** puede tener una temperatura de trabajo máxima más alta que el primer fluido de transferencia de calor **401**. Por ejemplo, el segundo fluido de transferencia de calor **405** puede ser una sal fundida.

Una vez que el segundo fluido de transferencia de calor **405** se ha calentado en el intercambiador de calor **404**, se hace pasar a un calentador solar de concentración secundario para continuar el calentamiento. En la realización de la Figura 4, el segundo fluido de transferencia de calor **405** se hace pasar a una "torre solar" **406** donde se calienta por la radiación solar reflejada por un campo de espejos **407**. Los espejos **407** siguen al sol de manera que cada espejo refleja la radiación solar hacia un receptor en la torre solar **406** y la radiación reflejada acumulada produce un flujo de energía muy elevado en la torre solar **406**. Los espejos **407** pueden ser llamados heliostatos. Una vez calentado, el segundo fluido de transferencia de calor **405** se hace pasar a un bloque de generación de potencia **408**, donde se genera energía eléctrica utilizando el calor extraído del segundo fluido de transferencia de calor **405** a través de un segundo intercambiador de calor. El segundo intercambiador de calor transfiere calor a un segundo fluido de trabajo dentro del bloque de potencia **408**. El segundo fluido de trabajo puede ser un líquido o un gas, o una combinación de los mismos. El segundo fluido de transferencia de calor **405** vuelve después al

intercambiador de calor **404** para iniciar el ciclo de calentamiento de nuevo. Tanques de almacenamiento caliente y frío **409** y **410** se pueden proporcionar para el almacenamiento de energía. Mediante la utilización del campo **403** de colectores solares de concentración **402** y del intercambiador de calor **404** para precalentar el segundo fluido de transferencia de calor **405** antes de su calentamiento adicional en la torre solar **406**, una mayor cantidad del fluido de transferencia de calor **405** se puede calentar a un trabajo mayor a la temperatura que sería posible, de otro modo, con un campo de espejos **407** practicablemente dimensionado. Una primera derivación adicional se puede proporcionar, de forma similar a la derivación **212** que se muestra en la Figura 2. La circulación del segundo fluido de transferencia de calor **405** a través de la torre solar **406** se puede activar o desactivar mediante el ajuste apropiado de unas válvulas. Del mismo modo, una segunda derivación adicional se puede proporcionar, de forma similar a la segunda derivación descrita anteriormente con la figura 2, y activarse y desactivarse por otras válvulas. Por lo tanto, la planta solar de concentración **400** se puede operar en un modo de eficiencia reducida si se desea. Se reconocerá que la representación de la planta solar de concentración **400** es muy esquemática. Otras disposiciones que utilizan uno o más heliostatos y un receptor se pueden utilizar.

La presente invención se ha descrito anteriormente en términos de las realizaciones actualmente preferidas de modo que se pueda trasladar una comprensión de la presente invención. Existen, sin embargo, muchas configuraciones de sistemas de generación de electricidad con energía solar que no se describen específicamente en el presente documento pero en los que la presente invención es aplicable. La presente invención no debe, por tanto, considerarse como limitada a las realizaciones particulares descritas en el presente documento, sino más bien, se debe entender que la presente invención tiene una amplia aplicabilidad con respecto a los sistemas de colectores en general. Por lo tanto, todas las modificaciones, variaciones, o disposiciones e implementaciones equivalentes que estén comprendidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas deben considerarse comprendidas dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de generación de energía, que comprende:
 - un campo de colectores solares de concentración;
 - un intercambiador de calor;
 - 5 un primer fluido de transferencia de calor que circula a través del campo de colectores solares de concentración de tal manera que el primer fluido de transferencia de calor es calentado por el campo de colectores solares de concentración, y en el que el primer fluido de transferencia de calor circula también a través del intercambiador de calor;
 - un calentador solar de concentración secundario;
 - 10 un bloque de generación de potencia; y
 - un segundo fluido de transferencia de calor que circula a través del calentador solar de concentración secundario, del intercambiador de calor, y del bloque de generación de potencia;
 - en el que el intercambiador de calor imparte calor al segundo fluido de transferencia de calor desde el primer fluido de transferencia de calor para calentar el segundo fluido de transferencia de calor de una primera temperatura a una segunda temperatura;
 - 15 y en el que el calentador solar de concentración secundario calienta el segundo fluido de transferencia de calor de la segunda temperatura a una tercera temperatura;
 - y en el que el bloque de generación de potencia genera energía eléctrica utilizando la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor.
 - 20
2. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, en el que el segundo fluido de transferencia de calor es una sal fundida.
3. El sistema de generación de energía de la reivindicación 2, en el que el primer fluido de transferencia de calor tiene una temperatura de operación máxima utilizable de menos de
25 450°C.
4. El sistema de generación de energía de la reivindicación 2, en el que el primer fluido de transferencia de calor tiene una temperatura de operación máxima utilizable, y en el que el

segundo fluido de transferencia de calor es calentado en el calentador solar de concentración secundario hasta una temperatura mayor que la temperatura de operación máxima utilizable del primer fluido de transferencia de calor.

5. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, que comprende además:

5 un tanque de almacenamiento caliente, y

un tanque de almacenamiento frío;

en el que el segundo fluido de transferencia de calor se hace fluir desde el calentador solar de concentración secundario hasta el tanque de almacenamiento caliente, y después hasta el bloque de generación de potencia;

10 y en el que el segundo fluido de transferencia de calor se hace fluir desde el bloque de generación de potencia hasta el tanque de almacenamiento frío y después hasta el intercambiador de calor.

6. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, en el que el campo de colectores solares de concentración comprende colectores de uno o más tipos
15 seleccionados de entre el grupo que consiste en colectores solares cilindro-parabólicos, colectores Fresnel, y colectores no formadores de imágenes.

7. El sistema de generación de energía de la reivindicación 6, en el que el campo de colectores solares de concentración comprende al menos un colector solar cilindro-parabólico.

20 8. El sistema de generación de energía de la reivindicación 6, en el que el campo de colectores solares de concentración comprende colectores de más de un tipo.

9. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, en el que el calentador solar de concentración secundario comprende un segundo campo de colectores solares de concentración.

25 10. El sistema de generación de energía de la reivindicación 9, en el que el segundo campo de colectores solares de concentración comprende al menos un colector solar cilindro-parabólico.

11. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, en el que el calentador solar de concentración secundario comprende un campo de espejos que reflejan la radiación solar

en una ubicación común, y en el que el segundo fluido de transferencia de calor circula a través de la ubicación común, del intercambiador de calor, y de un bloque de generación de potencia.

5 12. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, que comprende además una derivación del calentador solar de concentración secundario, y en el que:

cuando no se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del calentador solar de concentración secundario, del intercambiador de calor, y del bloque de generación de potencia; y

10 cuando se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del intercambiador de calor y del bloque de generación de potencia sin circular a través del calentador solar de concentración secundario.

13. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, que comprende además una derivación del intercambiador de calor, y en el que:

15 cuando no se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del intercambiador de calor, del calentador solar de concentración secundario, y del bloque de generación de potencia; y

cuando se utiliza la derivación, el segundo fluido de transferencia de calor circula a través del calentador solar de concentración secundario y del bloque de generación de potencia sin fluir a través del intercambiador de calor.

20 14. El sistema de generación de energía de la reivindicación 1, en el que el bloque de generación de potencia utiliza un fluido de trabajo, y en el que el fluido de trabajo es calentado utilizando al menos parte de la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor.

15. Un método de generación de energía eléctrica, comprendiendo el método:

25 hacer pasar un primer fluido de transferencia de calor a través de un campo de colectores solares de concentración para calentar el primer fluido de transferencia de calor;

hacer pasar el primer fluido de transferencia de calor a través de un intercambiador de calor para impartir calor a un segundo fluido de transferencia de calor;

hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un calentador solar de

concentración secundario para calentar aún más el segundo fluido de transferencia de calor;

hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a un bloque de potencia que genera energía eléctrica que utiliza la energía térmica extraída del segundo fluido de transferencia de calor, y

- 5 hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor de vuelta al intercambiador de calor para que sea recalentado.

16.El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, en el que el primer fluido de transferencia de calor es calentado por el campo de colectores solares de concentración hasta una temperatura máxima de menos de 450°C.

- 10 17.El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, en el que el segundo fluido de transferencia de calor es calentado por el calentador solar de concentración secundario hasta una temperatura de más de 450°C.

- 15 18.El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, en el que el segundo fluido de transferencia de calor es calentado por el calentador solar de concentración secundario hasta una temperatura mayor que la temperatura de operación máxima utilizable del primer fluido de transferencia de calor.

- 20 19.El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, que comprende además hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un tanque de almacenamiento caliente durante el flujo del segundo fluido de transferencia de calor desde el calentador solar de concentración secundario hasta el bloque de potencia.

20.El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, que comprende además hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de un tanque de almacenamiento frío durante el flujo del segundo fluido de transferencia de calor desde el bloque de potencia hasta el intercambiador de calor.

- 25 21.El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, en el que hacer pasa el segundo fluido de transferencia de calor a través de un calentador solar de concentración secundario comprende hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor, a través de un segundo campo de colectores solares de concentración.

- 30 22.El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, que comprende además dirigir la radiación solar en una ubicación común de un campo de espejos, y en el

que hacer pasa el segundo fluido de transferencia de calor a través de un calentador solar de concentración secundario comprende hacer pasar el segundo fluido de transferencia de calor a través de la ubicación común.

5 23. El método de generación de energía eléctrica de la reivindicación 15, en el que el bloque de potencia utiliza un fluido de trabajo, y en el que el método comprende además calentar el fluido de trabajo utilizando al menos una parte del calor extraído del segundo fluido de transferencia de calor.

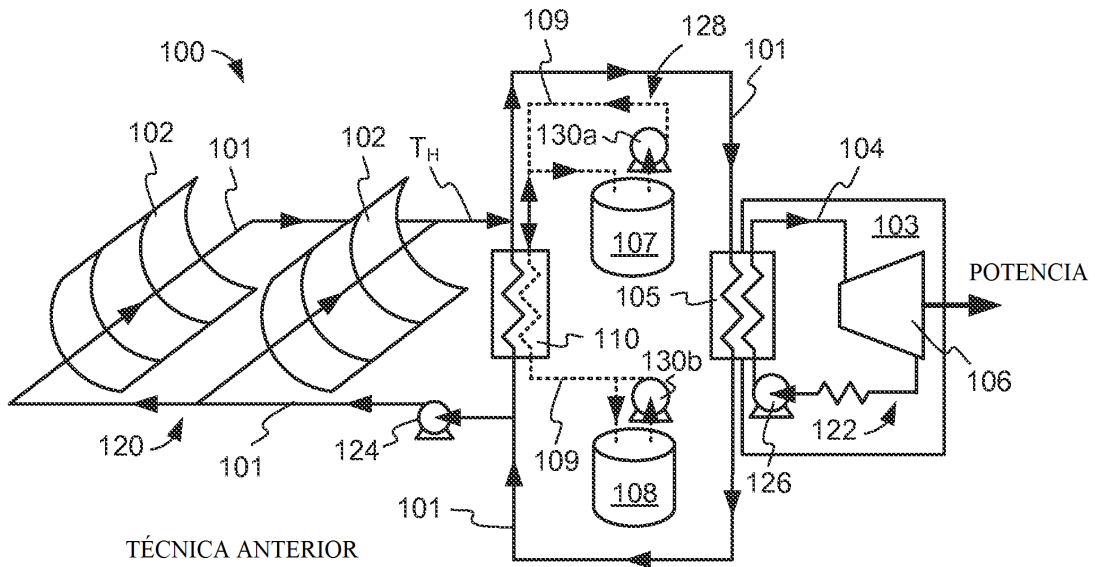


FIG. 1

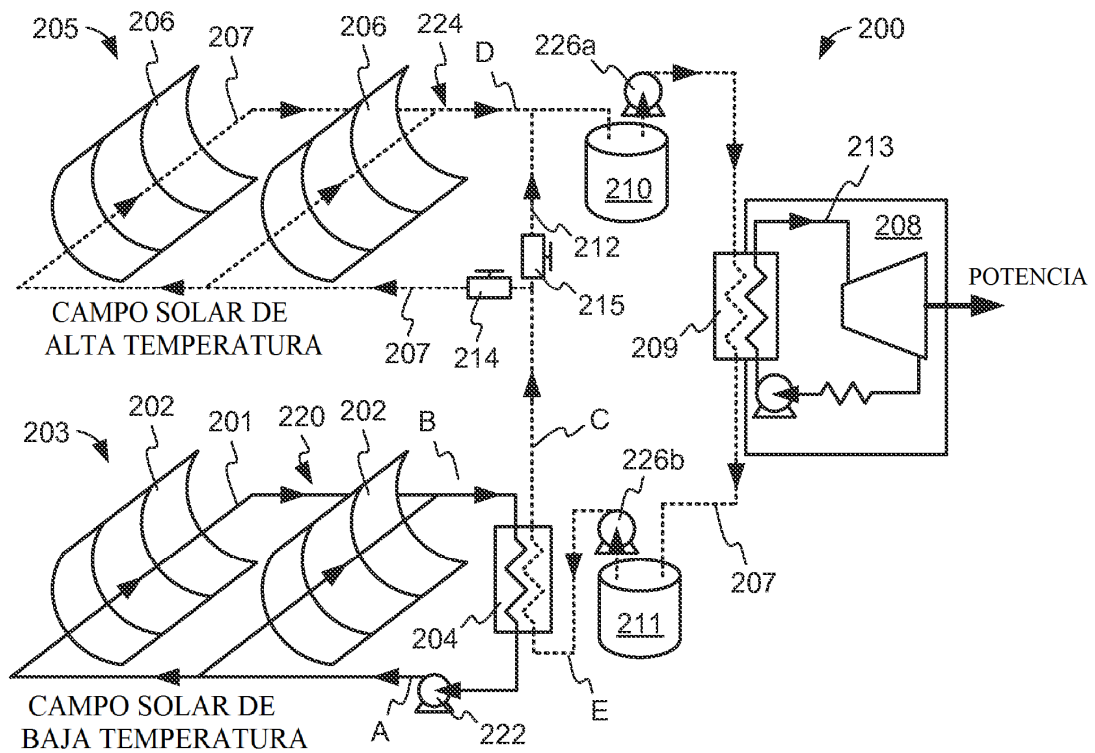


FIG. 2

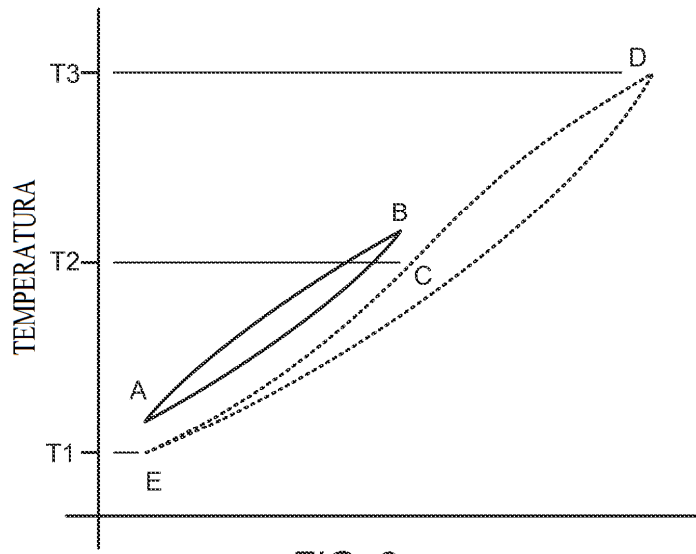


FIG. 3

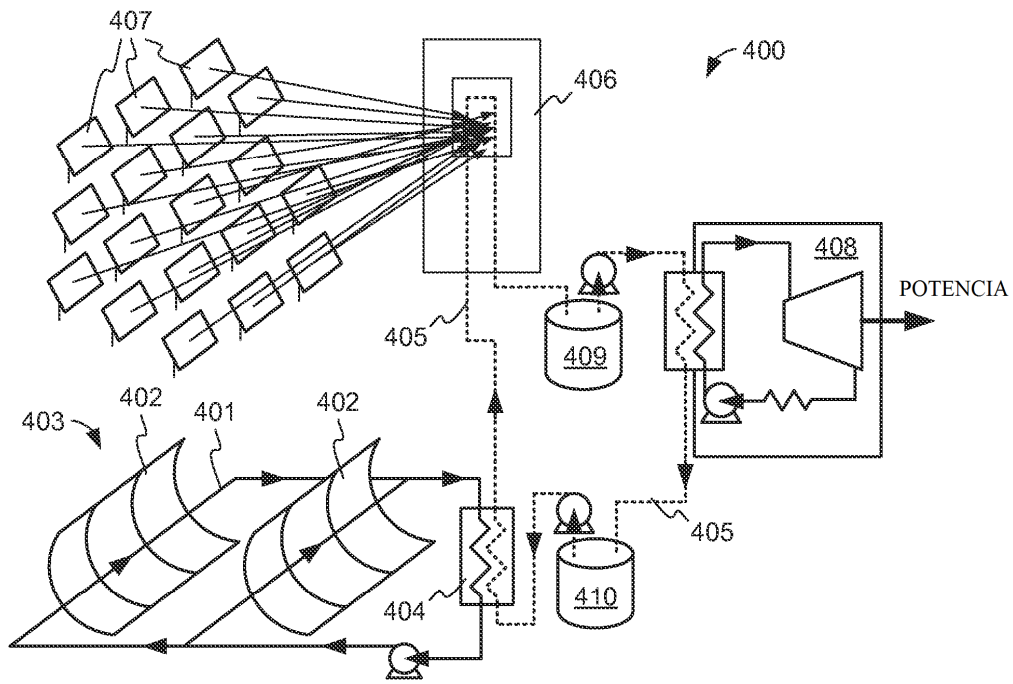


FIG. 4