

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 132**

51 Int. Cl.:

C02F 1/14	(2006.01)
B01D 1/26	(2006.01)
B01D 5/00	(2006.01)
B01D 3/14	(2006.01)
B01D 3/10	(2006.01)
C02F 1/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.05.2015 PCT/US2015/031480**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15179342**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2015 E 15796723 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3145872**

54 Título: **Sistema de destilación solar multi-efecto y métodos asociados**

30 Prioridad:

19.05.2014 US 201462000209 P
18.05.2015 US 201514714709

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.12.2020

73 Titular/es:

D AND D MANUFACTURING (100.0%)
1111 Norwoods Avenue
Titusville, Florida 32796, US

72 Inventor/es:

POLK, DALE, JR. y
POLK, TIMOTHY

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 798 132 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de destilación solar multi-efecto y métodos asociados

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo del tratamiento del agua, y más en particular, a la destilación de agua con energía solar.

10 Antecedentes de la invención

El agua dulce es una necesidad crítica en muchas partes del mundo. Otras aguas o líquidos contaminados, tales como el agua de fracturación del campo petrolero y las aguas residuales industriales, deben procesarse también antes de desecharse. Se han desarrollado varios métodos diferentes para procesar agua de mar u otra agua contaminada que no es portátil para proporcionar agua dulce.

Un enfoque es utilizar sistemas de sedimentación y filtración para eliminar impurezas relativamente grandes del agua de mar o agua contaminada. La filtración también es capaz de eliminar contaminantes más pequeños hasta el tamaño de bacterias, y tal vez incluso partículas más pequeñas en ciertos casos. Sin embargo, los sistemas de filtración capaces de eliminar contaminantes hasta un tamaño iónico son bastante costosos, tanto en términos de fabricación como también de mantenimiento.

Un método alternativo de purificación de agua es la destilación. La destilación funciona bien en la eliminación de prácticamente todas las impurezas del agua. La destilación se utiliza en muchas áreas para la desalinización del agua de mar. Sin embargo, la mayoría de los procesos de destilación requieren un calor considerable para producir una evaporación suficiente, puesto que el agua se calienta a ebullición para acelerar el proceso de evaporación. Esto es particularmente cierto en las operaciones de destilación a gran escala.

Fuentes pasivas de energía (por ejemplo, energía solar) se han desarrollado para producir el calor requerido para la evaporación. Un enfoque para un sistema de destilación alimentado por energía solar para producir agua dulce a partir de agua de mar se describe en la Patente de Estados Unidos n.º 8.613.840. El sistema de destilación alimentado por energía solar incluye un panel de evaporación absorbente de calor que tiene superficies de evaporación mutuamente opuestas. El panel está contenido dentro de un alojamiento. Cada lado del alojamiento incluye un panel de lente. Las lentes de cada panel enfocan la energía solar en las superficies respectivas del panel de evaporación. Se coloca un espejo a cada lado del alojamiento para reflejar la energía solar en los paneles de lentes respectivos. El agua contaminada ingresa a la parte superior del alojamiento para correr por las superficies del panel de evaporación. Una tubería de recogida de agua dulce se extiende desde la parte superior del alojamiento hasta un tanque de recogida. Un mecanismo rascador elimina la sal y/u otros residuos de las superficies del panel de evaporación para permitir que los residuos se eliminen periódicamente del fondo del alojamiento. Otro ejemplo de destilación solar se proporciona en el documento DE8424789U1.

WaterFX proporciona otro enfoque para un sistema de destilación con energía solar. Los canales solares reflejan la luz solar a una tubería llena de un fluido de transferencia de calor (HTF), como el aceite mineral. El aceite mineral calentado alimenta una bomba de calor. El calor se alimenta a un sistema de destilación multi-efecto o multi-etapa que evapora el agua dulce del agua de mar o agua contaminada. El enfoque multi-efecto para la evaporación de agua dulce es eficaz puesto que cada etapa reutiliza esencialmente la energía de una etapa anterior. El vapor que se produce se condensa en agua líquida pura, y la sal restante se solidifica y puede eliminarse.

Incluso en vista de los enfoques de destilación solar anteriores, todavía es necesario mejorar dicho sistema para procesar agua de mar u otra agua contaminada que no sea portátil para proporcionar agua dulce.

Sumario de la invención

Un sistema de destilación solar como se define en la reivindicación 1 incluye una pluralidad de paneles solares configurados para reflejar la luz solar, y una pluralidad de receptores adyacentes a la pluralidad de paneles solares y configurados para recibir agua de proceso para ser procesada en agua de proceso purificada. La pluralidad de receptores comprende al menos un primer receptor y un último receptor, con el agua de proceso fluyendo desde el primer receptor hasta el último receptor y se calienta por la luz solar reflejada.

Los tubos de vapor están acoplados a los receptores, con cada tubo de vapor respectivo acoplado entre receptores adyacentes. El vapor de agua se genera a medida que el agua de proceso se calienta dentro de cada receptor, con el vapor de agua fluyendo a través de los respectivos tubos de vapor entre los receptores adyacentes hacia el último receptor.

Un tubo de vapor de retorno está acoplado al último receptor, y un tubo de destilación puede estar acoplado al tubo de vapor de retorno para recibir el vapor de agua. El tubo de destilación se extiende a través de la pluralidad de

receptores desde el último receptor hasta el primer receptor. A medida que el vapor de agua se desplaza a través del tubo de destilación, el vapor de agua cambia a líquido, siendo el líquido el agua purificada del proceso.

5 La pluralidad de receptores están conectados en serie para que cada receptor use energía térmica de un receptor anterior para calentar el agua de proceso, a excepción del primer receptor. Dicho de otro modo, el agua de proceso se calienta por etapas, con cada receptor correspondiente a una etapa. Un enfoque multi-etapa o multi-efecto para calentar el agua de proceso es eficaz puesto que cada etapa esencialmente reutiliza la energía de una etapa previa. A medida que el agua de proceso se calienta dentro de cada receptor, se genera el vapor de agua.

10 Cada receptor puede ser llenado por el agua de proceso, excepto por un entrehierro para permitir que se desarrolle el vapor de agua. El tubo de destilación puede extenderse a través de cada receptor debajo del entrehierro. El tubo de destilación puede estar en contacto directo con el agua de proceso dentro de cada receptor y, a medida que el vapor de agua cambia al líquido dentro del tubo de destilación, se libera calor. El calor emitido durante este cambio de fase se proporciona a cada etapa, aumentando así aún más la eficacia del sistema de destilación solar. Una salida del tubo de destilación proporciona el agua de proceso purificada.

Cada tubo de vapor puede extenderse entre los entrehierros en receptores adyacentes. Cada receptor tiene un volumen dado, y el entrehierro puede tener del 10 al 20 % del volumen dado.

20 La pluralidad de paneles solares puede configurarse como canales parabólicos, con la pluralidad de receptores situados dentro de un punto focal de la pluralidad de paneles solares. Cada receptor puede tener una forma de I o una forma de Y doble.

25 El sistema de destilación solar puede comprender además una pluralidad de fuentes de calor auxiliares adyacentes a la pluralidad de receptores. El sistema de destilación solar puede comprender además un vacío acoplado al tubo de destilación para dirigir el flujo del vapor de agua a través de la pluralidad de receptores y el tubo de destilación. El sistema de destilación solar puede comprender además una bomba acoplada al primer receptor para controlar un caudal del agua de proceso a través de la pluralidad de receptores.

30 El agua de proceso puede comprender al menos uno de agua de mar, agua de fracturación y aguas residuales. El último receptor puede emitir el agua de proceso que no se convierte en vapor de agua.

35 Se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 8 para procesar agua de proceso a agua de proceso purificada usando un sistema de destilación solar como se ha descrito anteriormente. El método comprende reflejar la luz solar de la pluralidad de paneles solares a la pluralidad de receptores, y proporcionar el agua de proceso a la pluralidad de receptores. El agua de proceso fluye desde el primer receptor hasta el último receptor y es calentada por la luz solar reflejada. El vapor de agua se genera dentro de cada receptor a medida que el agua de proceso se calienta, con el vapor de agua fluyendo a través de los respectivos tubos de vapor entre los receptores adyacentes hacia el último receptor. El método comprende además proporcionar el vapor de agua desde el tubo de vapor de retorno en el último receptor al tubo de destilación, y a medida que el vapor de agua se desplaza a través del tubo de destilación, el vapor de agua cambia a líquido, siendo el líquido el agua purificada del proceso.

Breve descripción de los dibujos

45 La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de destilación solar multi-efecto de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 es una vista detallada del primer y segundo receptores ilustrados en la Figura 1.

La Figura 3 es una vista detallada del último receptor ilustrado en la Figura 1.

50 La Figura 4 es una vista en perspectiva de una realización de los receptores y paneles solares ilustrados en la Figura 1.

La Figura 5 es una vista lateral de una realización del receptor ilustrado en la Figura 1 que tiene forma de I.

La Figura 6 es una vista lateral de otra realización del receptor ilustrado en la Figura 1 que tiene forma de Y.

La Figura 7 es una vista en perspectiva expuesta de otra realización del último receptor ilustrado en la Figura 1 con una barrena incluida en su interior.

55 La Figura 8 es una vista en sección transversal ampliada de la sección 110" resaltada en la Figura 7.

La Figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un método para procesar agua de proceso a agua de proceso purificada usando un sistema de destilación solar como se ilustra en la Figura 1.

La Figura 10 es un diagrama de bloques de otra realización de un sistema de destilación solar multi-efecto de acuerdo con la presente invención.

60

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

65 La presente invención se describirá ahora en mayor detalle en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran realizaciones preferidas de la invención. Los números similares se refieren a elementos similares en todas partes, y se usan notaciones primas y dobles para indicar elementos similares en realizaciones alternativas.

Con referencia inicialmente a la Figura 1, un sistema de destilación solar multi-efecto **20** incluye una pluralidad de receptores **30(1)-30(n)** y una pluralidad de paneles solares **40(1)-40(n)** adyacente a la pluralidad de receptores. Cada receptor se coloca dentro de un punto focal de un panel solar respectivo.

5 El agua que se procesará generalmente se denominará agua de proceso. **50**. El agua de proceso **50** puede ser agua de mar, agua de fracturación del campo petrolífero o aguas residuales industriales, por ejemplo. El agua de proceso **50** se calienta a medida que fluye a través de cada uno de los receptores **30(1)-30(n)**. A medida que el agua de proceso **50** se calienta, se genera vapor de agua, que eventualmente proporcionará agua de proceso purificada **60**,

10 El agua de proceso **50** se calienta por etapas, con cada receptor correspondiente a una etapa. Un enfoque multi-etapa o multi-efecto para calentar el agua de proceso **50** es eficaz puesto que cada etapa reutiliza esencialmente la energía de una etapa anterior. A medida que el agua de proceso **50** se calienta dentro de cada receptor, se genera vapor de agua.

15 En la realización ilustrada, un pequeño porcentaje del agua de proceso **50** se convierte en vapor a medida que se desplaza a través de los receptores **30(1)-30(n)**. Este porcentaje puede estar dentro de un intervalo de aproximadamente el **10-20** %, por ejemplo. El último receptor **30(n)** dirige el agua de proceso restante **54** al mar si es agua de mar, o a un tanque de retención para su posterior procesamiento si es agua de fracturación de campos petroleros o aguas residuales industriales.

20 El vapor de agua fluye entre los receptores adyacentes **30(1)**, **30(2)** a través de un tubo de vapor **32** conectado entre los mismos. En el último receptor **30(n)**, un tubo de vapor de retorno **34** está conectado a un tubo de destilación **36**. El tubo de vapor de retorno **34** dirige el vapor a una entrada del tubo de destilación **36**. El tubo de destilación **36** se extiende a través de cada uno de los receptores **30(1)-30(n)** pero está separado del agua de proceso **52** que circula dentro de cada receptor.

25 A medida que el vapor de agua se desplaza a través del tubo de destilación **36**, cambia de fases a líquido. El calor emitido durante este cambio de fase se proporciona a cada etapa respectiva, aumentando así aún más la eficacia del sistema de destilación solar multi-efecto ilustrado **20**. Una salida del tubo de destilación. **36** proporciona el agua de proceso purificada **60**.

30 Puesto que el agua de proceso **50** fluye a través de los receptores **30(1)-30(n)** en lugar de un fluido de transferencia de calor (HTF), el sistema ilustrado de destilación solar multi-efecto **20** se conoce también como un sistema de destilación solar multi-efecto "in situ".

35 El agua de proceso **50** entra en una entrada **33** del primer receptor **30(1)** y llena el primer receptor **30(1)** excepto por un entrehierro **35** en la parte superior para permitir que se desarrolle vapor de agua, como se ilustra en la Figura 2. Los entrehierros **35** pueden ser aproximadamente el **10-20** % del volumen de los receptores. El tubo de destilación **36** se coloca de modo que esté debajo del entrehierro **35**. Tal y como se ha señalado anteriormente, situar el tubo de destilación **36** en contacto con el agua de proceso **50** permite ventajosamente que se desprenda calor a medida que el vapor de agua cambia de fase a líquido.

40 Una salida **37** del primer receptor **30(1)** está conectada a una entrada **33** del segundo receptor **30(2)**. El agua de proceso **52** llena el segundo receptor **30(2)** a excepción de otro entrehierro **35** en la parte superior para permitir que se desarrolle vapor de agua. Este proceso continúa para cada uno de los receptores.

45 Un tubo de vapor **32** acopla entre sí los entrehierros **35** en cualquiera de los dos receptores adyacentes. En el ejemplo ilustrado, un tubo de vapor **32** proporciona un pasaje para que el vapor de agua viaje desde el entrehierro **35** en el primer receptor **30(1)** hasta el entrehierro **35** en el segundo receptor **30(2)**. Este proceso continúa para cada uno de los receptores. En el último receptor **30(n)**, un tubo de vapor de retorno **34** une el entrehierro **35** en el tubo de destilación **36**, como se ilustra en la Figura 3.

50 Como se describirá a continuación con mayor detalle, el sistema de destilación solar multi-efecto **20** incluye múltiples componentes para calentar el agua de proceso **50** a la temperatura deseada. Estos componentes incluyen una estructura para precalentar el agua de proceso, un cilindro parabólico para la captura de energía solar térmica, una bomba de circulación, un receptor con una gran área de impacto solar y un bajo volumen interior, y un tubo de destilación.

55 Para mejorar aún más el calentamiento del agua de proceso **50**, el sistema de destilación solar multi-efecto **20** puede incluir una bomba de vacío o sistema **72** acoplado al tubo de destilación para ayudar a reducir la temperatura de ebullición del agua de proceso **50** así como proporcionar dirección al flujo del vapor de agua. Además, una pluralidad de fuentes de calor auxiliares **42(1)-42(n)** puede colocarse adyacente a la pluralidad de receptores **30(1)-30(n)** para permitir la baja o nula operación del sol. Las fuentes de calor auxiliares **42(1)-42(n)** pueden ser quemadores de gas, por ejemplo.

El precalentamiento se puede lograr almacenando el agua de proceso **50** en un estanque o tanque revestido con una gran superficie de exposición cubierta por un edificio de estilo invernadero. El edificio tiene lados y un techo de un material transparente que permitirá la entrada de energía solar ambiental y calentará el agua de proceso almacenada. **50**. El techo del edificio puede tener forma para canalizar el vapor de agua que se condensará en un colector, ya que este será agua de proceso purificada. El edificio puede construirse de modo que se pierda un mínimo de calor y vapor de agua en el entorno exterior para aumentar la eficacia.

Los paneles solares **40(1)-40(n)** pueden configurarse como canales parabólicos de gran apertura, como se ilustra en la Figura 4. Cada cilindro parabólico incluye un material reflectante para dirigir la luz solar a un punto focal. El material reflectante puede ser espejos de vidrio o una fina película reflectante, por ejemplo. Los canales parabólicos pueden colocarse en serie para permitir el calentamiento del agua de proceso **50** a una temperatura adecuada.

Una bomba **70** mueve el agua de proceso a través de los receptores **30(1)-30(n)**, como se ilustra en la Figura 1. La bomba **70** incluye controles para variar el caudal del agua de proceso **50**. El control del caudal controla la velocidad de evaporación del agua de proceso **50**. El caudal del agua de proceso **50** a través de los receptores **30(1)-30(n)** puede estar dentro de un intervalo de aproximadamente 18,5-55,5 litros (5-15 galones) por minuto, por ejemplo. Como se entenderá fácilmente por aquellos expertos en la materia, el caudal se selecciona de modo que el porcentaje deseado del agua de proceso se vaporice a medida que se desplaza a través de los receptores **30(1)-30(n)**. A medida que aumenta el caudal, entonces el número de etapas del receptor necesitaría también incrementarse para obtener la temperatura deseada para vaporizar el agua de proceso **50**. El caudal es inversamente proporcional a la energía absorbida por los receptores. **30(1)-30(n)**.

Los receptores **30(1)-30(n)** están configurados para proporcionar una gran área de impacto solar, Sin embargo, tienen un bajo volumen interior. Los receptores **30(1)-30(n)** se encuentran dentro del canal parabólico **40(1)-40(n)** para que la energía solar se refleje sobre los mismos desde las mitades superior e inferior del cilindro parabólico. Los receptores **30(1)-30(n)** están montados de modo que puedan ajustarse para ayudar en una posición óptima para recibir la energía solar.

Un puerto de llenado o entrada **33** y un puerto de salida o salida **37** en la parte inferior de cada receptor permite que el agua de proceso **50** entre y salga. El receptor no está limitado a ningún diseño en particular. Un ejemplo de diseño de un receptor **30(1)** es una forma de I, como se ilustra en la Figura 5. El receptor en forma de I **30(1)** se dimensiona de acuerdo con el cilindro parabólico correspondiente **40(1)**. Las dimensiones de ejemplo son secciones superiores e inferiores de 15,24 cm (6 pulgadas) centradas perpendicularmente con respecto a una sección vertical de **30,48** cm (**12** pulgadas). Esta estructura es hueca en el interior para permitir que el agua de proceso se dirija a lo largo del receptor.

Varias pulgadas hacia abajo desde la parte superior de los lados verticales se ensancharían entre sí para aumentar el ancho total y permitir la colocación del tubo de destilación o condensado **36**. El receptor en forma de I **30(1)** está sellado para recoger el vapor de agua que se crea al calentar el agua de proceso. El nivel del agua se controla para que haya una brecha o vacío **35** en la parte superior del receptor en forma de I **30(1)** para permitir la recogida del vapor de agua. Una abertura en la parte superior del receptor **30(1)** dirige el vapor de agua limpia a un tubo de vapor **32** acoplado a un receptor adyacente. La sección superior e inferior de 15,24 cm (6 pulgadas) de anchura del receptor **30(1)** proporciona un área adicional para capturar energía solar. Todas las dimensiones son aproximadas y pueden modificarse para garantizar un impacto solar óptimo a lo largo del receptor **30(1)**.

Otro ejemplo de diseño de un receptor es un receptor en forma de Y doble **30(1)'**, como se ilustra en la Figura 6. Las dimensiones serán de aproximadamente 14x32,5 cm (5,6x13 pulgadas). Este receptor hueco en forma de Y doble **30(1)'** presenta una sección de cámara vertical fina con una sección en forma de Y unida en la parte superior e inferior de la sección vertical. Al igual que el receptor en forma de I, el receptor en forma de Y doble **30(1)'** está sellado para capturar el vapor de agua al calentar y también cuenta con un tubo de condensado **36'** colocado dentro. Una abertura en la parte superior del receptor **30(1)'** dirige el vapor de agua limpia a un tubo de vapor acoplado a un receptor adyacente.

Tal y como se ha señalado anteriormente, el tubo de destilación **36** se extiende a través de cada uno de los receptores **30(1)-30(n)** pero está separado del agua de proceso **52** que circula dentro de cada receptor. El tubo de destilación **36** proporciona así la salida para que el vapor de agua escape de la cámara de destilación del receptor. Este tubo podría dirigirse a un intercambiador de calor en el que el agua de proceso entrante pasará sobre el tubo para enfriar el vapor de modo que se forme agua y luego se recoja en un tanque de almacenamiento de agua purificada o estanque. El vapor destilado en el tubo de condensado nunca se mezcla con el agua de proceso.

El tubo de condensado corre "contracorriente" al flujo dentro del receptor. El tubo de condensado se forma dentro del receptor para que el flujo del vapor esté en una dirección opuesta al agua de proceso. Esto permite que el vapor de agua libere su calor en el flujo del agua de proceso para aumentar ventajosamente la eficacia del ciclo a medida que el calor contenido en el vapor de agua vuelve al ciclo.

Tal y como se ha señalado anteriormente, la bomba de vacío o sistema **72** puede usarse para bajar la temperatura a

la cual el agua se convierte de líquido en vapor. También se puede aplicar un vacío al puerto donde el vapor de agua sale del receptor. El vacío se puede aplicar por separado a cada receptor o en cadena en serie. Al final de la línea de vacío y antes de entrar a la bomba de vacío **72**, el condensado entrará en un separador para eliminar el agua destilada de la columna de aire.

5 Como también se ha señalado anteriormente, una pluralidad de fuentes de calor auxiliares **42(1)-42(n)** pueden colocarse debajo de la pluralidad de receptores **30(1)-30(n)** para permitir la baja o nula operación del sol. Las fuentes de calor auxiliares **42(1)-42 (n)** pueden ser quemadores de gas, por ejemplo, y cuando se enciende, proporciona una fuente de calor en los receptores **30(1)-30(n)** para el proceso de destilación cuando las condiciones
10 solares no son suficientes para que ocurra el proceso.

La bomba **70** mueve el agua de proceso a través de los receptores **30(1)-30(n)**. La bomba **70** incluye controles para variar el caudal del agua de proceso **50**. El flujo del agua de proceso puede ralentizarse para que se vaporice un porcentaje mucho mayor del agua de proceso. Como resultado, la sal o los contenidos que quedan del proceso evaporado se acumulan para formar un lodo en el último receptor **30(n)**". Para forzar el lodo fuera del último receptor **30(n)**", una barrena **100**"se incluye en su interior. El taladro **100**"obliga al lodo acumulado a salir por un puerto de salida. El tubo de condensado **36**" atraviesa el centro de la barrena **100**". Un motor **102**"acoplado al último receptor **30(n)**" impulsa la barrena **100**".
15

20 Para aumentar aún más la eficacia de recogida y dirigir la energía solar a los receptores **30(1)-30(n)**, cada panel solar **40(1)** puede comprender una pluralidad de paneles colectores solares sintonizables transportados por una base. Cada panel colector solar puede estar sintonizado o sesgado en términos de posición para que la radiación del sol reflejada por cada panel colector solar esté alineada con mayor precisión en la línea focal en la que el receptor **30(1)** se sitúa para maximizar la cantidad de energía recibida.

25 Colectivamente, los paneles colectores solares pueden tener una forma parabólica y están separados uno del otro. Junto a los paneles colectores solares se encuentran los dispositivos de posicionamiento del panel. Los dispositivos de posicionamiento del panel mueven los paneles colectores solares en función de los dispositivos sensores ópticos que se utilizan para determinar la alineación de las líneas focales respectivas en las que se colocan los receptores
30 para maximizar la cantidad de energía recibida.

Otra característica más de los receptores descritos anteriormente **30(1)-30(n)** es colocar los receptores metálicos dentro de las secciones del tubo de vidrio. Las secciones de tubo de vidrio evitan que se escape el calor de los receptores metálicos. Cada sección de tubo de vidrio interactúa con una sección de tubo de vidrio adyacente a través de un deflector de expansión. Los sellos de metal en los extremos de las secciones del tubo de vidrio están
35 acoplados al deflector de expansión. El deflector de expansión permite la expansión y contracción de los sellos de metal para evitar la rotura de las secciones del tubo de vidrio. También se puede aspirar un vacío a través de las secciones del tubo de vidrio.

40 Aunque el agua de proceso **50** fluye a través de los receptores **30(1)-30(n)**, un fluido de transferencia de calor (HTF) puede fluir en su lugar. El HTF calentado alimentaría una bomba de calor. El calor se puede alimentar a un sistema de destilación multi-efecto o multi-etapa que evapora el agua dulce del agua de mar o agua contaminada.

45 Como alternativa al tubo de condensado que funciona con "contracorriente" al flujo dentro de los receptores, el tubo de condensado puede correr "conjuntamente con la corriente" al flujo dentro de los receptores. El agua de proceso purificada saldría del último receptor junto con el agua de proceso.

Otro aspecto está dirigido a un método para procesar agua de proceso **50** al agua de proceso purificada **60** utilizando el sistema de destilación solar **20**. Desde el inicio (bloque **202**), el método comprende reflejar la luz solar de la pluralidad de paneles solares **40(1)-40(n)** en la pluralidad de receptores **30(1)-30(n)** en el bloque **204**. El agua de proceso **50** se proporciona a la pluralidad de receptores **30(1)-30(n)** en el bloque **206**, con el agua de proceso fluyendo desde el primer receptor **30(1)** hasta el último receptor **30(n)** y calentándose por la luz solar reflejada. El vapor de agua se genera en el bloque **208** dentro de cada receptor a medida que el agua de proceso **50** se calienta. El vapor de agua fluye a través de los respectivos tubos de vapor **32** entre los receptores adyacentes hacia el último receptor **30(n)**. El vapor de agua se proporciona desde el tubo de vapor de retorno **34** en el último receptor **30(n)** hasta el tubo de destilación **36** en el bloque **210**. A medida que el vapor de agua se desplaza a través del tubo de destilación **36** el vapor de agua cambia a líquido, siendo el líquido el agua de proceso purificada **60**. El método termina en el bloque **212**.
50
55

60 Otra realización de un sistema de destilación solar multi-efecto **300** que utiliza un fluido de transferencia de calor (HTF) se describirá a continuación con referencia a la Figura **10**. El sistema ilustrado de destilación solar multi-efecto **320** incluye una pluralidad de receptores **330(1)-330(n)** y una pluralidad de paneles solares **440(1)-440(n)** adyacente a la pluralidad de receptores. Cada receptor se coloca dentro de un punto focal de un panel solar respectivo. En lugar de calentar el agua de proceso dentro de los receptores **330(1)-330(n)** como en la realización anterior, se calienta un fluido de transferencia de calor (HTF). El HTF puede ser aceite mineral o glicol, por ejemplo.
65

Un almacenamiento de HTF **380** proporciona el HTF que fluye a través de los receptores **330(1)-330(n)** que se va a calentar. Una bomba **370** mueve el HTF a través de los receptores **30(1)-30(n)** e incluye controles para variar el caudal del HTF.

5 El HTF se calienta a medida que fluye a través de cada uno de los receptores **330(1)-330(n)**. Al igual que con el agua de proceso **50** anterior, el HTF se calienta por etapas, con cada receptor correspondiente a una etapa. Un enfoque multi-etapa o multi-efecto para calentar el HTF es eficaz puesto que cada etapa reutiliza esencialmente la energía de una etapa previa.

10 En el último receptor **330(n)**, el HTF calentado se proporciona a un intercambiador de calor **382**. El agua de proceso **350** se proporciona al intercambiador de calor **382** para su conversión a vapor. El intercambiador de calor **382** puede ser un intercambiador de calor flash, por ejemplo, en el que el HTF calentado se dirige a través de una rejilla. El agua de proceso **350** se salpica o se rocía después sobre la rejilla, que luego se convierte en vapor de agua y/o vaho. Este tipo de intercambiador de calor **382** se conoce también como intercambiador de flash, como entenderán
15 fácilmente aquellos expertos en la materia. El agua de proceso **350** no entra en contacto con el HTF.

El vapor generado por el intercambiador de calor HTF **382** se dirige al tubo de destilación **336**. El tubo de destilación **336** se extiende a través de cada uno de los receptores **330(1)-330(n)** pero está separado del HTF que circula dentro de cada receptor. El HTF proporcionado a la salida del intercambiador de calor **382** se recircula de nuevo al
20 almacenamiento de HTF **380**.

A medida que el vapor se desplaza a través del tubo de destilación **336**, cambia de fases a líquido. El calor emitido durante este cambio de fase se proporciona a cada etapa respectiva, aumentando así aún más la eficacia del sistema de destilación solar multi-efecto ilustrado **320**. Una salida del tubo de destilación. **336** proporciona el agua de
25 proceso purificada **360**.

El tubo de destilación **336** está en contacto con el HTF que circula dentro de cada receptor. El HTF permite ventajosamente que se desprenda calor a medida que el vapor de agua cambia de fase a líquido, ayuda a bajar la temperatura de ebullición del HTF y también]
30

El sistema de destilación solar multi-efecto **320** puede incluir una bomba de vacío o sistema **372** acoplado al tubo de destilación **336** para proporcionar dirección al flujo del vapor de agua. Además, una pluralidad de fuentes de calor auxiliares **342(1)-342(n)** puede colocarse adyacente a la pluralidad de receptores **330(1)-330(n)** para permitir la baja o nula operación del sol. Las fuentes de calor auxiliares **342(1)-342 (n)** pueden ser quemadores de gas, por ejemplo.
35

La destilación (es decir, el tubo de condensación) **336** corre a "contracorriente" al flujo dentro del receptor. El tubo de condensado se forma dentro del receptor para que el flujo del vapor esté en una dirección opuesta al HTF. Esto permite que el vapor de agua libere su calor en el flujo del HTF para aumentar ventajosamente la eficacia del ciclo a medida que el calor contenido en el vapor de agua vuelve al ciclo.
40

Las fuentes de calor auxiliares **342(1)-342 (n)** pueden ser quemadores de gas, por ejemplo, y cuando se enciende, proporciona una fuente de calor en los receptores **330(1)-330(n)** para el proceso de destilación cuando las condiciones solares no son suficientes para que ocurra el proceso.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de destilación solar (20) que comprende:

5 una pluralidad de paneles solares (40(1)-40(n)) configurados para reflejar la luz solar;
 una pluralidad de receptores (30(1)-30(n)) adyacentes a dicha pluralidad de paneles solares (40(1)-40(n)) y
 configurados para recibir agua de proceso (50) para ser procesada dando agua de proceso purificada (60),
 comprendiendo dicha pluralidad de receptores (30(1)-30(n)) al menos un primer receptor (30(1)) y un último
 10 receptor (30(n)), con el agua de proceso (50) fluyendo desde dicho primer receptor (30(1)) hasta dicho último
 receptor (30(n)) y siendo calentada por la luz solar reflejada;
 dicha pluralidad de receptores (30(1)-30(n)) para ser conectados en serie, con cada receptor (30(1)-30(n))
 dispuesto para usar la energía térmica de un receptor anterior para calentar el agua de proceso (50), a excepción
 de dicho primer receptor (30(1));
 15 una pluralidad de tubos de vapor (32) acoplados a dicha pluralidad de receptores (30(1)-30(n)), con cada tubo de
 vapor respectivo (32) acoplado entre los receptores adyacentes (30(1)-30(n)), y el vapor de agua se genera a
 medida que el agua de proceso (50) se calienta dentro de cada receptor (30(1)-30(n)), con el vapor de agua
 fluyendo a través de dichos respectivos tubos de vapor (32) entre los receptores adyacentes (30(1)-30(n)) hacia
 dicho último receptor (30(n));
 un tubo de vapor de retorno (34) acoplado a dicho último receptor (30(n)); y
 20 un tubo de destilación (36) acoplado a dicho tubo de vapor de retorno (34) para recibir el vapor de agua, con
 dicho tubo de destilación (36) extendiéndose a través de dicha pluralidad de receptores (30(1)-30(n)) desde dicho
 último receptor (30(n)) hasta dicho primer receptor (30(1)), y a medida que el vapor de agua se desplaza a través
 de dicho tubo de destilación (36) el vapor de agua cambia a líquido, siendo el líquido el agua de proceso
 purificada (60);
 25 dicho tubo de destilación (36) está dispuesto para estar en contacto directo con el agua de proceso (50) dentro
 de cada receptor (30(1)-30(n)), y a medida que el vapor de agua cambia a líquido dentro de dicho tubo de
 destilación (36) se emite calor.

2. El sistema de destilación solar (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha pluralidad de paneles
 30 solares (40(1)-40(n)) están configurados como canales parabólicos, con dicha pluralidad de receptores (30(1)-30(n))
 situados dentro de un punto focal de dicha pluralidad de paneles solares (40(1)-40(n)).

3. El sistema de destilación solar (20) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que cada receptor (30(1)-30(n)) está
 35 dispuesto para tener al menos una forma de I y una forma de Y doble.

4. El sistema de destilación solar (20) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de
 fuentes de calor auxiliares (42 (1)-42 (n)) adyacentes a dicha pluralidad de receptores (30(1)-30(n)).

5. El sistema de destilación solar (20) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un vacío (72)
 40 acoplado a dicho tubo de destilación (36) para dirigir el flujo del vapor de agua a través de dicha pluralidad de
 receptores (30(1)-30(n)) y dicho tubo de destilación (36).

6. El sistema de destilación solar (20) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una bomba
 45 acoplada a dicho primer receptor (30(1)) para controlar un caudal del agua de proceso (50) a través de dicha
 pluralidad de receptores (30(1)-30(n)).

7. El sistema de destilación solar (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho último receptor (30(n)) tiene
 una salida (37) separada del tubo de vapor de retorno (34) que da salida al agua de proceso (50) que no se
 50 convierte en vapor de agua.

8. Un método para procesar agua de proceso (50) dando agua de proceso purificada (60) usando un sistema de
 destilación solar (20) que comprende una pluralidad de paneles solares (40(1)-40(n)); una pluralidad de receptores
 (30(1)-30(n)) adyacentes a la pluralidad de paneles solares (40(1)-40(n)), comprendiendo la pluralidad de receptores
 (30(1)-30(n)) al menos un primer receptor (30(1)) y un último receptor (30(n)); la pluralidad de receptores (30(1)-
 55 30(n)) para ser conectados en serie, con cada receptor (30(1)-30(n)) dispuesto para usar la energía térmica de un
 receptor anterior para calentar el agua de proceso (50), a excepción de dicho primer receptor (30(n)); una pluralidad
 de tubos de vapor (32) acoplados a la pluralidad de receptores (30(1)-30(n)), con cada tubo de vapor (32) respectivo
 acoplado entre los receptores adyacentes (30(1)-30(n)); un tubo de vapor de retorno (34) acoplado al último receptor
 (30(n)); y un tubo de destilación (36) acoplado al tubo de vapor de retorno (34), con el tubo de destilación (36)
 60 extendiéndose a través de la pluralidad de receptores (30(1)-30(n)) desde el último receptor (30(n)) hasta el primer
 receptor (30(1)), comprendiendo el método:

reflejar la luz solar de la pluralidad de paneles solares (40(1)-40(n)) a la pluralidad de receptores (30(1)-30(n));
 proporcionar el agua de proceso (50) a la pluralidad de receptores (30(1)-30(n)), con el agua de proceso (50)
 65 fluyendo desde el primer receptor (30(1)) hasta el último receptor (30(n)) y siendo calentada por la luz solar
 reflejada;

- generar vapor de agua dentro de cada receptor (30(1)-30(n)) a medida que se calienta el agua de proceso (50), con el vapor de agua fluyendo a través de los respectivos tubos de vapor (32) entre los receptores adyacentes (30(1)-30(n)) hacia el último receptor (30(n)); y
- 5 proporcionar el vapor de agua desde el tubo de vapor de retorno (34) en el último receptor (30(n)) hasta el tubo de destilación (36), y a medida que el vapor de agua se desplaza a través del tubo de destilación (36) el vapor de agua cambia a líquido, siendo el líquido el agua de proceso purificada (60), con el tubo de destilación (36) dispuesto para estar en contacto directo con el agua de proceso (50) dentro de cada receptor (30(1)-30(n)), y a medida que el vapor de agua cambia a líquido dentro del tubo de destilación (36) se emite calor.
- 10 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que cada receptor (30(1)-30(n)) está dispuesto para ser llenado por el agua de proceso (50) excepto por un entrehierro (35) para permitir que se desarrolle el vapor de agua.
10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el tubo de destilación (36) está dispuesto para extenderse a través de cada receptor (30(1)-30(n)) debajo del entrehierro (35).
- 15 11. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que cada tubo de vapor (32) está dispuesto para extenderse entre los entrehierros (35) en los receptores adyacentes (30(1)-30(n)).
- 20 12. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que cada receptor (30(1)-30(n)) está dispuesto para tener un volumen dado, y el entrehierro (35) es aproximadamente del 10 al 20 % del volumen dado.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el agua de proceso (50) comprende al menos una de agua de mar, agua de fracturación y aguas residuales.

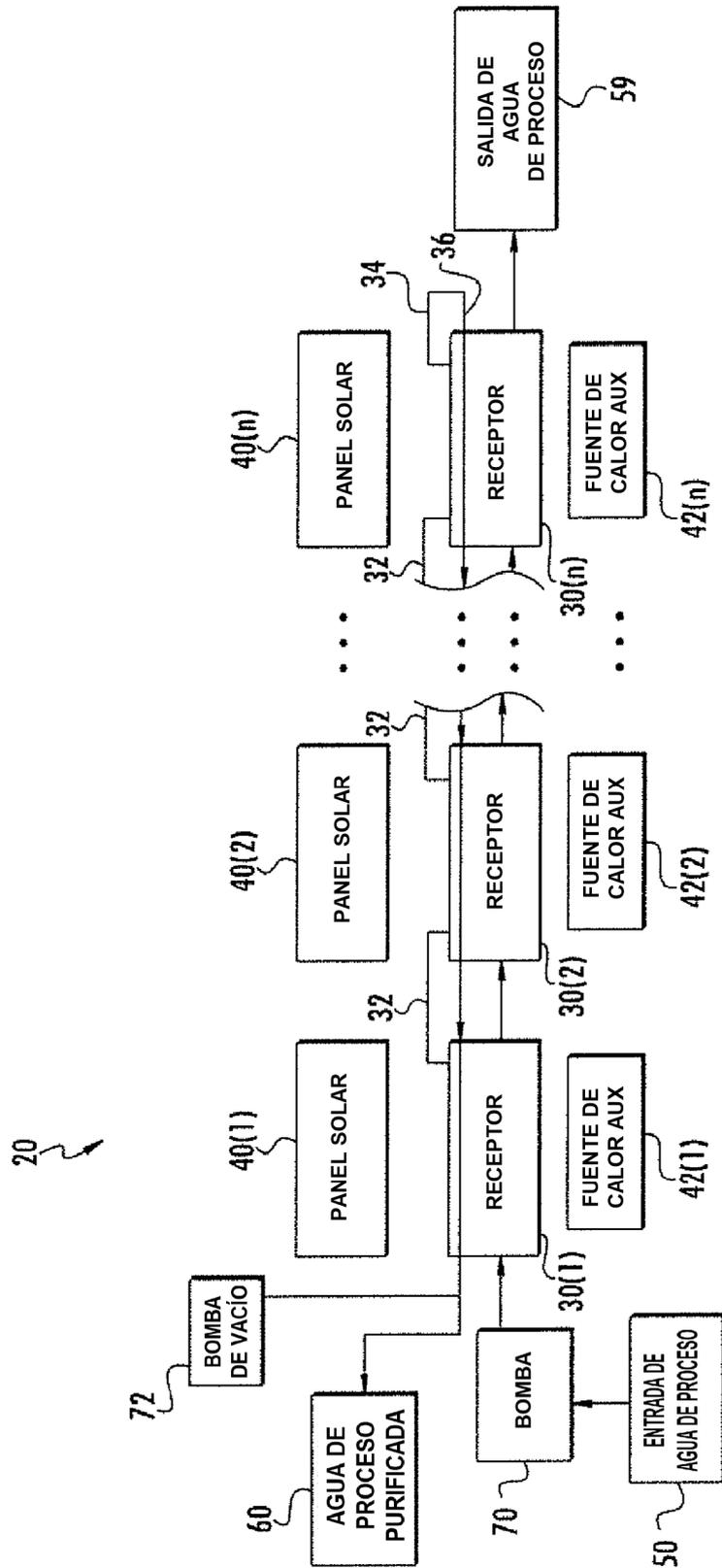


FIG. 1

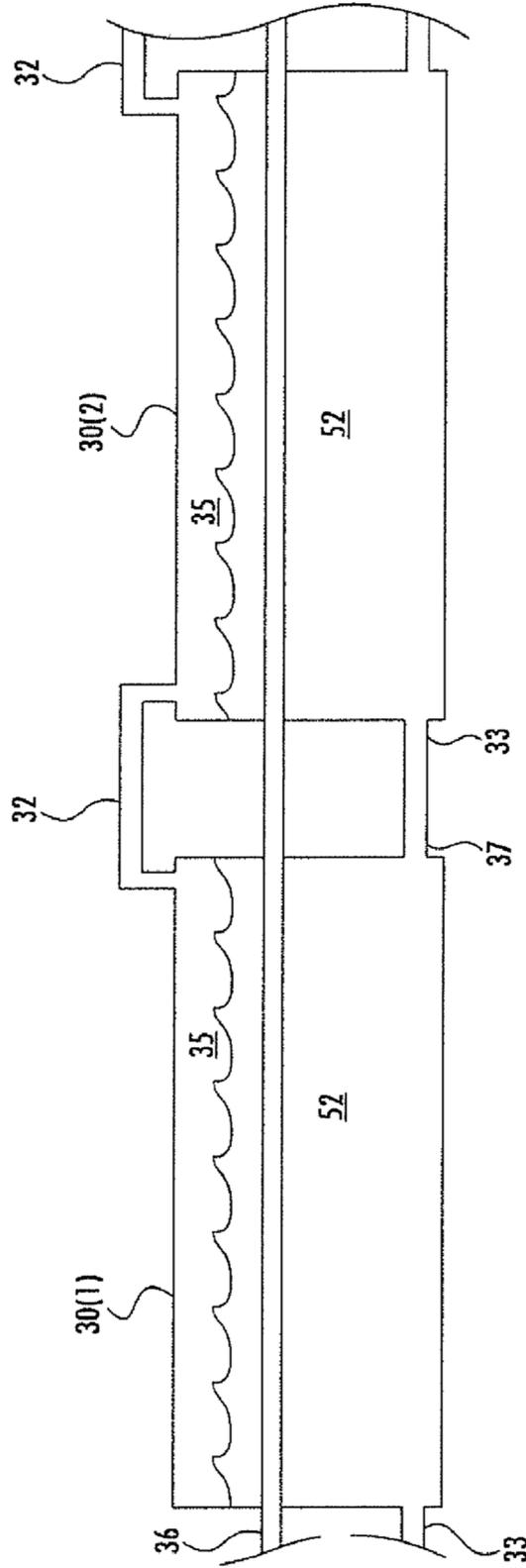


FIG. 2

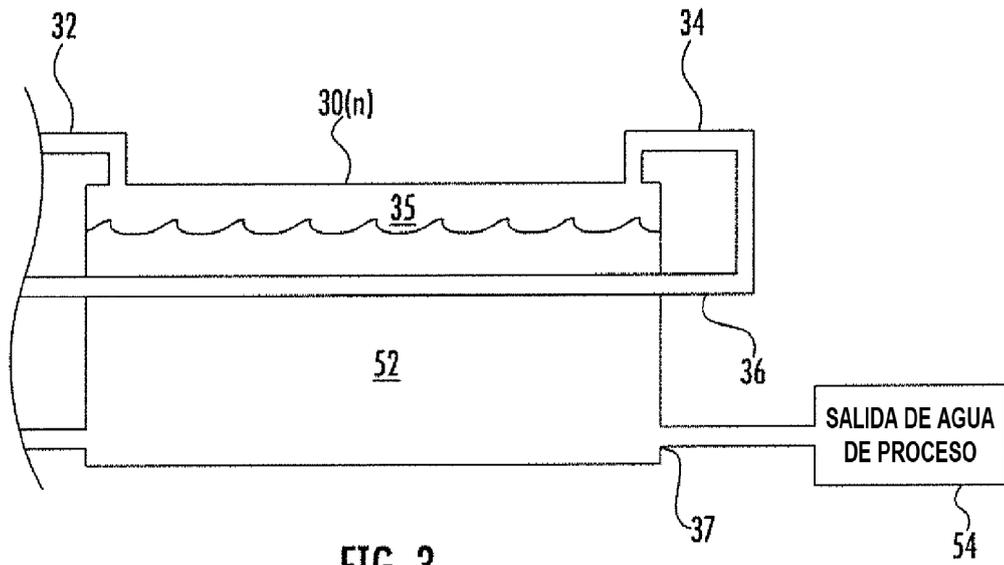


FIG. 3

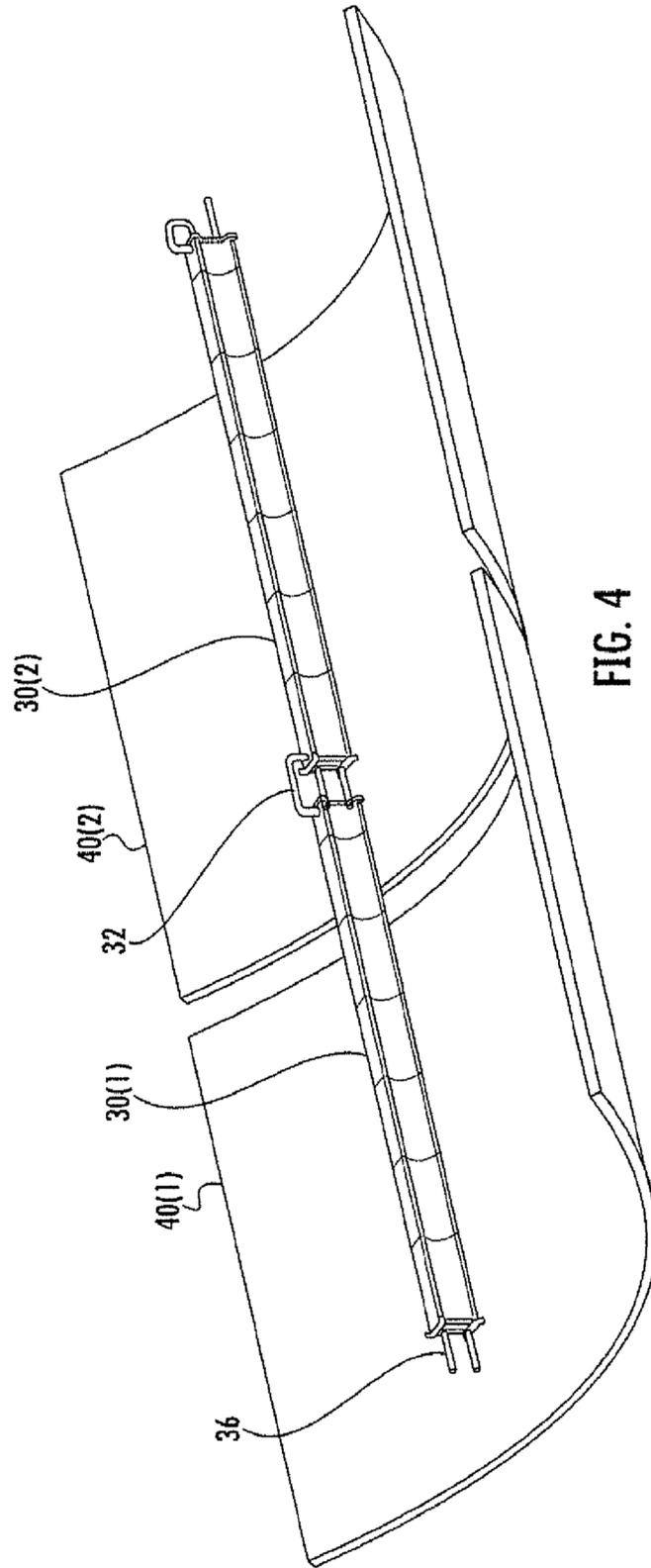


FIG. 4

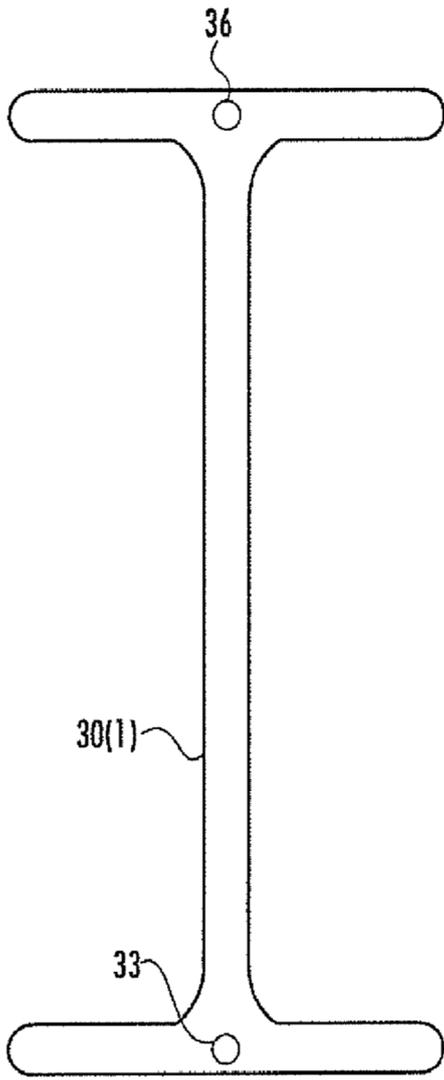


FIG. 5

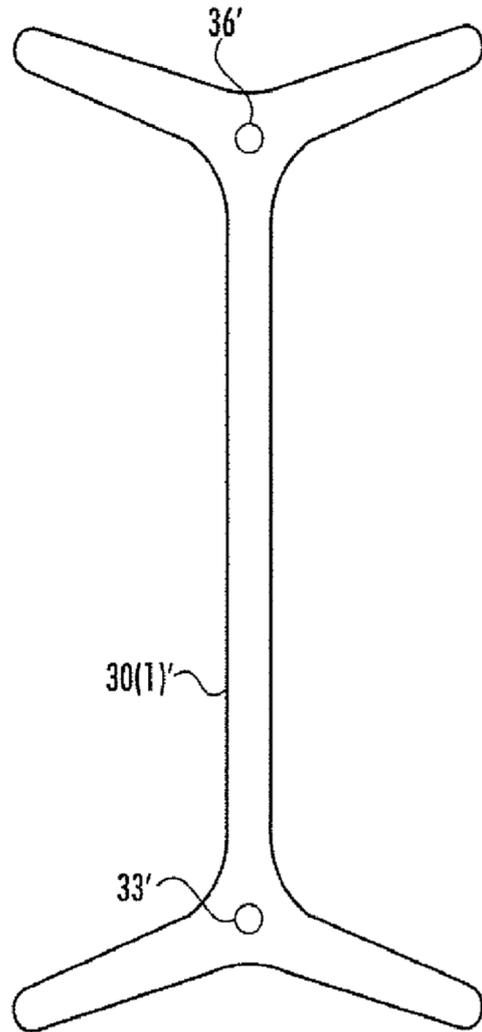


FIG. 6

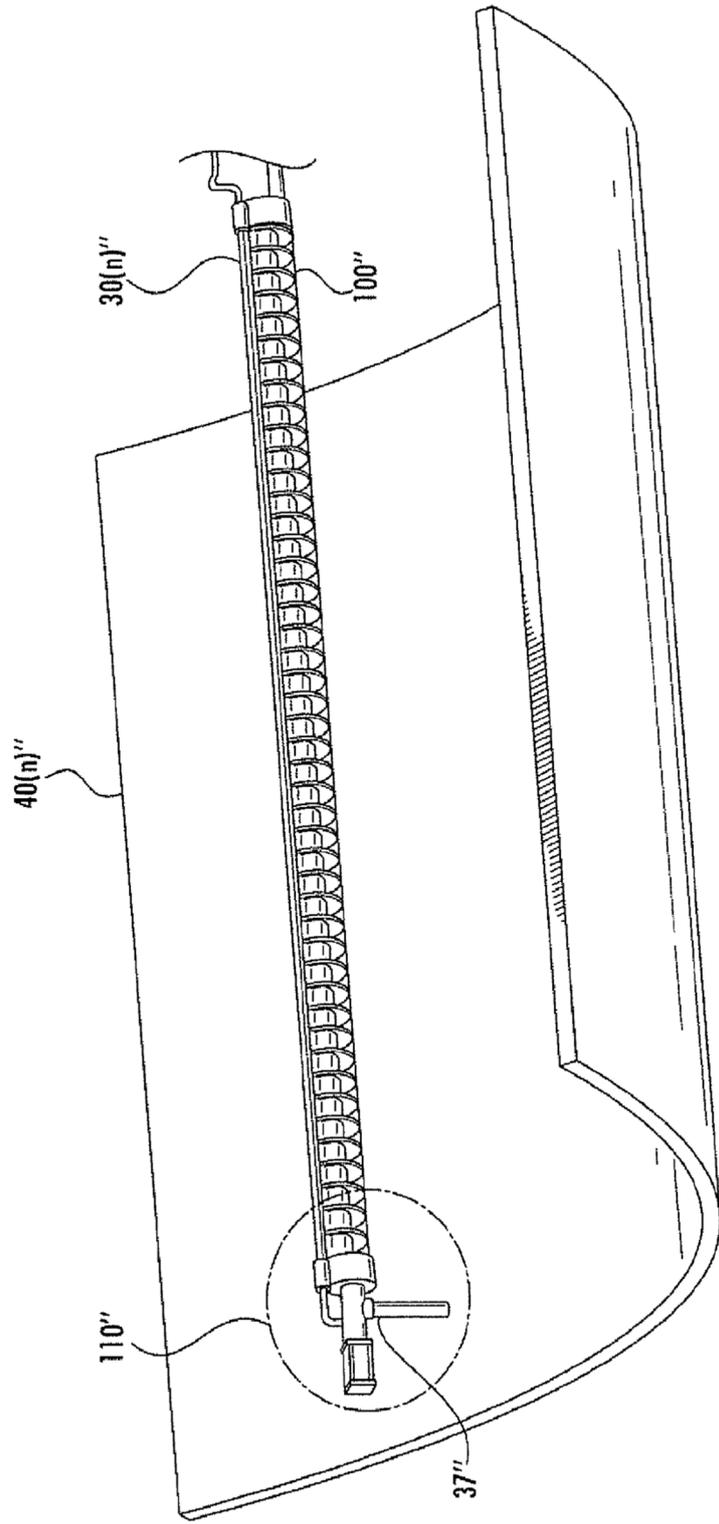
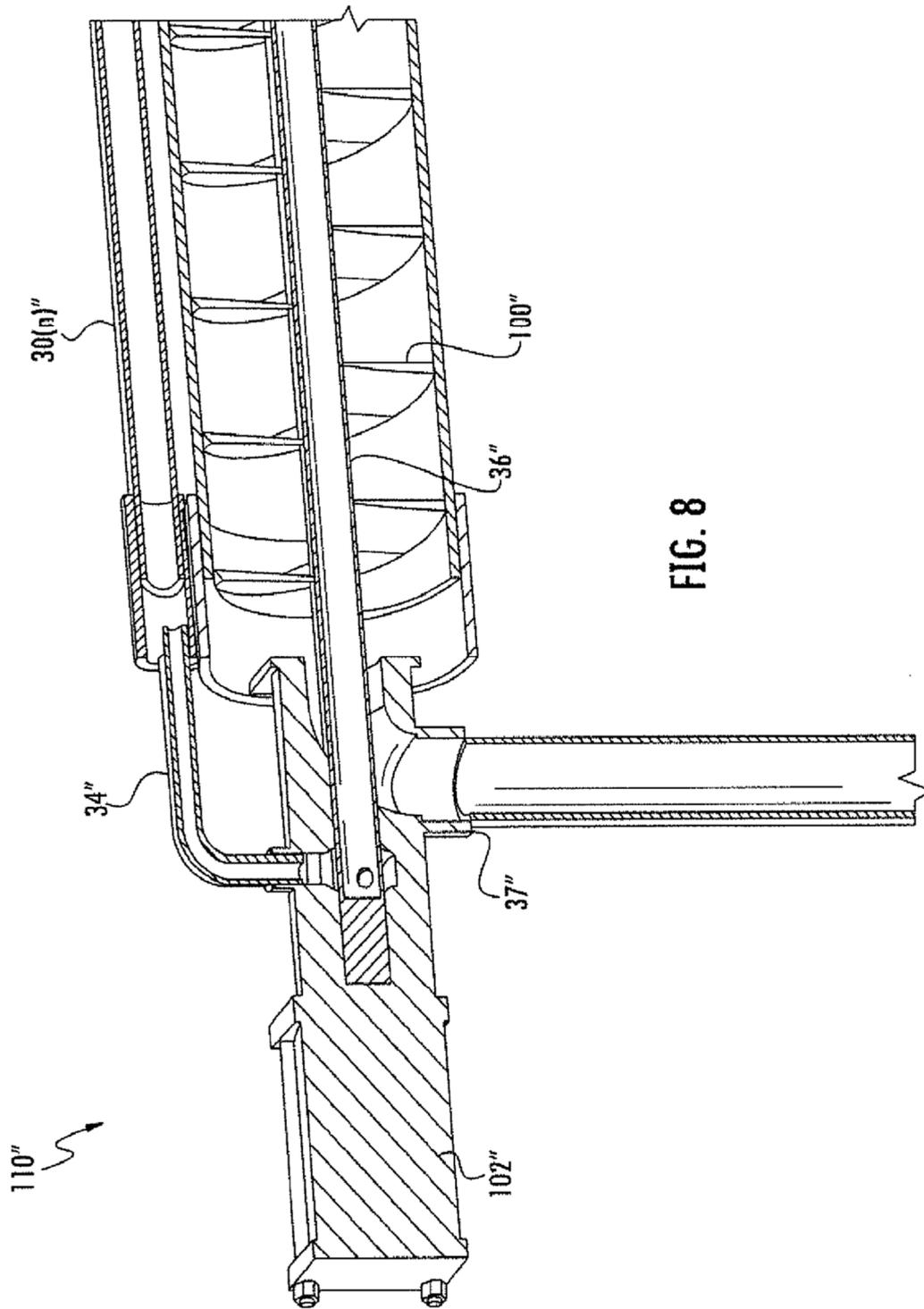


FIG. 7



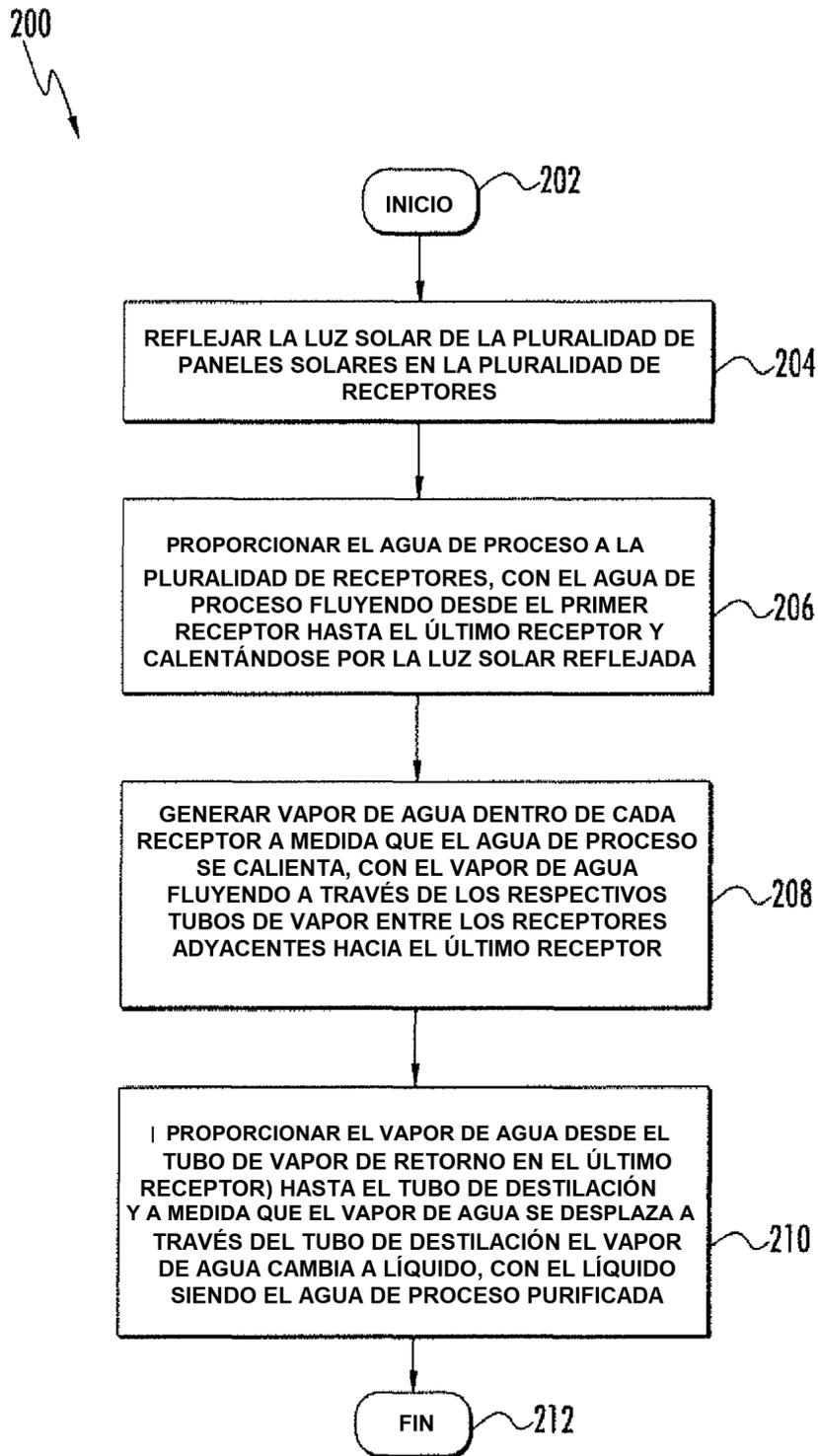


FIG. 9

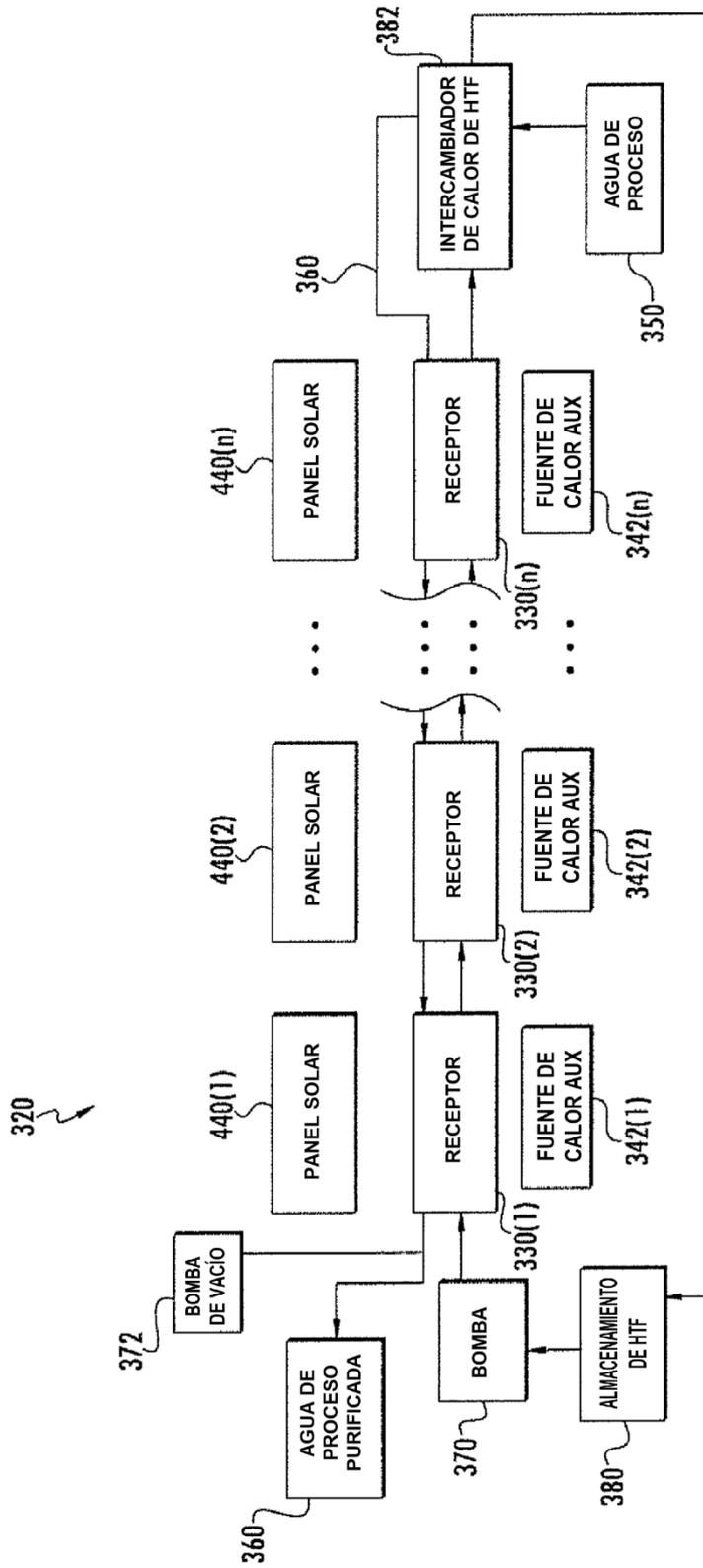


FIG. 10