

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 357**

51 Int. Cl.:

F01K 23/10	(2006.01)	C02F 103/20	(2006.01)
C02F 1/04	(2006.01)	C02F 103/32	(2006.01)
F01K 13/00	(2006.01)		
F28B 5/00	(2006.01)		
C02F 3/28	(2006.01)		
F23B 60/02	(2006.01)		
F23B 80/02	(2006.01)		
F23B 90/04	(2011.01)		
F28D 7/16	(2006.01)		
C02F 103/10	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2012 E 12175670 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2546478**

54 Título: **Sistema de recuperación de agua**

30 Prioridad:

13.07.2011 US 201113182040

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.04.2018

73 Titular/es:

**COMBINED SOLAR TECHNOLOGIES, INC.
(100.0%)
860 Kennedy Place
Tracy, California 95377, US**

72 Inventor/es:

SCHUBERT, FRANK

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 662 357 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 recuperación de agua

Campo

5 El campo de la divulgación se refiere en general a la recuperación de agua utilizada en procesos municipales, agrícolas, de procesamiento de alimentos o de fabricación antes de devolver el agua al medio ambiente. Más específicamente, la divulgación se refiere a un sistema y método de recuperación de agua mediante el uso de una fuente de energía renovable u otra fuente de energía respetuosa con el medio ambiente. Más particularmente, la descripción se refiere a un sistema y método de recuperación de agua que elimina residuos de biomasa y proporciona energía térmica y/o eléctrica como subproducto.

10 Antecedentes

15 Esta sección está destinada a proporcionar antecedentes o contexto a la invención citada en las reivindicaciones. La descripción en este documento puede incluir conceptos que podrían perseguirse, pero que no son necesariamente los que se han concebido o perseguido previamente. Por lo tanto, a menos que se indique lo contrario en este documento, lo que se describe en esta sección no es estado de la técnica anterior a la descripción y las reivindicaciones en esta solicitud y no se admite como estado de la técnica por inclusión en esta sección.

20 Las instalaciones que requieren agua para procesar productos agrícolas u otros son bien conocidas. Los sitios para la producción de productos agrícolas y/o ganaderos (en general denominados aquí genéricamente como "granjas") también son conocidos. Al completar la operación de procesamiento, o como resultado de actividades agrícolas, el agua a menudo está contaminada con sólidos disueltos, partículas u otros contaminantes que a menudo convierten el agua en inadecuada para regresar al medioambiente en una manera que cumpla con ciertos requisitos regulatorios de limpieza del agua. Por ejemplo, las reglamentaciones a menudo limitan el contenido de sólidos totales disueltos (TDS) en el agua liberada desde una instalación de procesamiento o granja al medio ambiente. Los sólidos disueltos a menudo son difíciles de eliminar del agua porque normalmente son lo suficientemente pequeños para sobrevivir a la filtración. La descarga de agua con niveles excesivos de TDS puede causar ciertos efectos ambientales indeseables y resultar en multas reglamentarias que se imponen a la instalación, o requerir sistemas costosos y/o de uso intensivo de energía para tratar o recuperar el agua antes de su liberación al medio ambiente.

25 Lo que se necesita es un sistema y método para recuperar el agua utilizada en una instalación (por ejemplo, procesamiento de alimentos, agricultura, elaboración de vino, lácteos, extracción de petróleo, etc.) u operaciones agrícolas, para reducir los contaminantes indeseables (como TDS) a los niveles de limpieza que cumplen o exceden los requisitos regulatorios aplicables. Lo que se necesita más es un sistema y método para recuperar agua utilizando fuentes de energía renovables u otras fuentes de energía amigables con el medio ambiente. Lo que se necesita más es un sistema y método para recuperar agua que ventajosamente dispone de los residuos de biomasa y también proporciona energía térmica como subproducto para su uso en otras aplicaciones.

35 El documento JP 2001 029939 A divulga un sistema para recuperar agua contaminada en una instalación que comprende un subsistema de recolección de contaminantes en forma de un aparato de concentración de evaporación que evapora el agua. Además, hay una caldera que recibe el condensado del aparato de concentración de evaporación. El sistema comprende además una turbina a gas configurada para alimentar un compresor. La caldera genera vapor por intercambio de calor con los gases de escape de la turbina a gas. El vapor generado por la caldera se suministra a una turbina de vapor que impulsa un generador para proporcionar energía a la instalación. El agua contaminada suministrada al aparato de concentración de evaporación se concentra en la misma y se asperja en una chimenea, se evapora allí y se expulsa a la atmósfera. El vapor del aparato de concentración de evaporación se condensa y se suministra como agua de alimentación a la caldera.

40 El documento WO 2009/129233 A2 describe un sistema para recuperar agua contaminada en una instalación que comprende un subsistema de recolección de contaminantes que incluye una caldera configurada para recibir y concentrar contaminantes en el agua contaminada hirviendo el agua contaminada y produciendo vapor;

una turbina a gas configurada para quemar un suministro de gas combustible y accionar un primer generador configurado para proporcionar energía a la instalación;

45 un subsistema de generación de calor que incluye un intercambiador de calor separado de la caldera y una red de flujo de fluido térmico configurada para hacer circular un fluido de transferencia térmica entre el intercambiador de calor y la caldera; y

50 una turbina de vapor configurada para accionar un segundo generador;

en el que la caldera está configurada para recibir el fluido de transferencia térmica calentado a través de la red de flujo de fluido térmico y usar calor del fluido de transferencia térmica calentado para hervir el agua contaminada de modo que al menos una parte de los contaminantes en el agua contaminada se retengan en la caldera;

5 en el que la caldera produce vapor y el vapor se dirige desde la caldera al intercambiador de calor para sobrecalentar el vapor, en donde el vapor sobrecalentado se dirige desde el intercambiador de calor a la turbina de vapor para accionar el segundo generador.

10 Sería deseable proporcionar un sistema y método para recuperar agua de una instalación de procesamiento, municipalidad, operación o granja mediante el uso de fuentes de energía respetuosas del medio ambiente y que elimine los desechos de biomasa y proporcione energía térmica como subproducto para su uso en una amplia variedad de otras aplicaciones beneficiosas.

Resumen

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema para recuperar agua contaminada que comprende las características de la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas de la invención se establecen en las reivindicaciones dependientes.

15 Se muestra que un sistema y método de recuperación de agua incluyen seis regiones primarias o funcionales (por ejemplo, subsistema, etc.): una "región de captura y entrega de agua" y una "región de recolección y eliminación de contaminantes" y una "región de generación de calor", y una "región de conversión de energía de vapor y generación de energía" y una "región de recuperación de calor libre" y una "región de retención y liberación de agua recuperada".

20 La 'región de captura y entrega de agua' incluye un reservorio u otro dispositivo de retención para recibir el agua contaminada de una instalación, operación o granja. La "región de recolección y eliminación de contaminantes" incluye una estación de filtración para filtrar el agua contaminada y una caldera de coraza y tubo vertical que recibe energía calórica de la "región de generación de calor" para evaporar el agua contaminada de modo que los contaminantes se recogen en el fondo de la caldera y en los lados de los tubos. La 'región de generación de calor' calienta un fluido de transferencia térmica durante el día utilizando paneles concentradores solares parabólicos y un tubo colector rectangular, y calienta el fluido de transferencia térmica durante la noche quemando un biocombustible (en forma de un suministro de desechos de biomasa). El vapor de la caldera se dirige a través de un separador de humedad-vapor y un dispositivo de conversión de energía de vapor, tal como un motor de vapor de tipo pistón o una turbina Tesla para accionar un generador eléctrico para producir electricidad para el sistema y se proporciona un excedente a la instalación o granja. El vapor de escape del motor de vapor o turbina se dirige a través de otro separador de humedad-vapor y luego a la "región de recuperación de calor libre" donde proporciona calor a una o más cargas de calor suplementarias, como equipos de lavandería, equipos agrícolas, equipos de destilación de etanol, equipos de instalaciones de proceso, y/o se puede usar para precalentar el fluido de transferencia térmica que se devuelve a la región de generación de calor. El vapor que sale de las cargas de calor suplementarias se dirige a la "región de retención y liberación de agua regenerada" donde el vapor se condensa, prueba, filtra y libera como agua regenerada en forma de vapor o líquido al medio ambiente o de regreso a la instalación o granja para reutilización. El sistema también incluye un sistema de control que monitoriza señales representativas de los diversos parámetros asociados con el sistema y proporciona señales de salida apropiadas para operar los diversos componentes del sistema.

40 En conexión con la presente invención, se puede proporcionar un sistema que subsidia la destilación costosa de agua contaminada a través de la agregación de múltiples aplicaciones de energía renovable habilitadas por la presión y el calor resultantes. Al vaporizar agua a presión para accionar motores de vapor de la presente invención integrados con generadores, los intercambiadores de calor de la presente invención pueden reducir los sólidos y contaminantes hasta aproximadamente 97% en ciertas aplicaciones. Aproximadamente el 50% de la energía térmica utilizada para el proceso de vaporización se recupera en ciertas aplicaciones y se optimiza su uso productivo. En ciertas aplicaciones, el diseño está destinado a permitir la construcción de una instalación consolidada de energía renovable y agua que, mientras se limpian aproximadamente 19000 m por día (5 millones de galones por día (GPD)) de agua, está destinado a generar aproximadamente 30 MW por hora de electricidad y produce suficiente energía calorífica para procesar aproximadamente 190000 m³ por año (50 millones de galones por año (GPY)) de etanol y/u otro biocombustible. La producción de electricidad y combustible crea corrientes de retorno concomitantes, cada uno de los cuales tiene una parte proporcional del coste energético de la vaporización, lo que fracciona el coste energético de la destilación. El sistema y el método están destinados a procesar una amplia variedad de fuentes de agua, como (sin limitarse a ellas) agua de mar cruda, salmuera de ósmosis inversa, agua de parcelas agrícolas, agua de drenaje, aguas residuales de plantas procesadoras de alimentos, aguas residuales lácteas y agua contaminada químicamente.

55 En conexión con la presente invención, los componentes del sistema de recuperación de agua pueden incluir un reservorio u otro dispositivo de retención para recibir el agua contaminada de una instalación o granja. Una estación de filtración filtra el agua contaminada y una caldera de coraza y tubo vertical recibe energía térmica de los dispositivos de generación de calor (por ejemplo, una caldera de biorreactor o matriz solar) para vaporizar el agua contaminada de modo que los contaminantes se recogen en el fondo de la caldera y en los lados de los tubos. Un fluido de

transferencia térmica se calienta durante el día usando una matriz solar que tiene paneles concentradores solares parabólicos y un tubo colector rectangular. Durante la noche, el fluido de transferencia térmica se calienta mediante la combustión de un material de biomasa (en forma de un suministro de desechos de biomasa). El vapor de la caldera se dirige a través de un separador de humedad-vapor y a un motor de vapor, tal como un motor de vapor de tipo pistón o turbina Tesla para accionar un generador eléctrico de CA para producir electricidad para el sistema y se proporciona un excedente a la instalación. El vapor de escape del motor de vapor o turbina se dirige a través de otro separador de humedad-vapor y luego a otras cargas de calor (por ejemplo, suplementarias, etc.), como equipos de destilación de etanol, bandejas de secado de un sistema de descarga de líquido cero u otras instalaciones de equipos de proceso. El vapor que sale de las cargas de calor se dirige a la "región de retención y liberación de agua recuperada" donde el vapor se condensa, prueba, filtra y libera como agua regenerada en forma de vapor o líquido al medio ambiente o a otra ubicación adecuada para su reutilización. El sistema también incluye un sistema de control que monitoriza señales representativas de los diversos parámetros asociados con el sistema y proporciona señales de salida apropiadas para operar los diversos componentes del sistema.

En relación con la presente invención, un sistema de recuperación de agua para recuperar agua contaminada puede incluir una caldera de coraza y tubo que hierve el agua contaminada de modo que el vapor sale de la caldera y los contaminantes se recogen en la caldera. Los paneles concentradores solares parabólicos y un dispositivo de combustión de biomasa operan para calentar un fluido de transferencia térmica que circula a través de la caldera para proporcionar energía térmica para hervir el agua contaminada. Un dispositivo de conversión de energía de vapor recibe el vapor de la caldera y acciona un generador eléctrico. Una o más cargas de calor reciben el vapor que sale del dispositivo de conversión de energía de vapor. Un condensador recibe y condensa el vapor que sale de las cargas de calor. Un sistema de control opera los paneles solares cuando una cantidad de luz solar es adecuada para calentar el fluido de transferencia térmica lo suficiente para hervir el agua contaminada en la caldera y opera el dispositivo de combustión de biomasa cuando la cantidad de luz solar no es adecuada para calentar el fluido de transferencia térmica suficiente para hervir el agua contaminada en la caldera. Se puede proporcionar una estación de filtro para filtrar el agua contaminada antes de hervir el agua en la caldera. Se puede proporcionar un dispositivo de calentamiento de gas natural como respaldo de los paneles solares y el dispositivo de combustión de biomasa. Los paneles solares pueden incluir un tubo rectangular para calentar el fluido de transferencia térmica. El dispositivo de conversión de energía de vapor puede incluir un motor de vapor de tipo pistón o una turbina Tesla. Las cargas de calor pueden incluir equipos de lavandería, equipos agrícolas, equipos de destilación de etanol o equipos de instalaciones de proceso. Se puede proporcionar un tanque de algas para recibir los gases de escape del dispositivo de combustión de biomasa para promover el crecimiento de las algas y reducir el volumen de emisión de dióxido de carbono en los gases de escape. Se pueden proporcionar uno o más separadores de vapor de humedad para eliminar los contaminantes del vapor.

Según la presente invención, un sistema para recuperar agua contaminada en una instalación tiene un subsistema de recolección de contaminantes que incluye una caldera que recibe y concentra contaminantes en el agua contaminada hirviendo el agua contaminada y produciendo vapor. Una turbina a gas quema un suministro de gas combustible y conduce un primer generador que proporciona energía a la instalación, la turbina a gas tiene un escape que proporciona una fuente de calor residual. Un subsistema de generación de calor incluye un intercambiador de calor separado de la caldera y una red de flujo de fluido térmico que hace circular un fluido de transferencia térmica entre el intercambiador de calor y la caldera que está en comunicación con la fuente de calor residual de la turbina a gas para calentar el fluido de transferencia térmica en el intercambiador de calor. Se proporciona una turbina de vapor configurada para conducir un segundo generador. La caldera está configurada para recibir el fluido de transferencia térmica calentado a través de la red de fluido térmico y para usar el calor del fluido de transferencia térmica calentado para hervir el agua contaminada de modo que al menos una parte de los contaminantes en el agua contaminada se retengan en la caldera. La caldera produce vapor, y el vapor es dirigido desde la caldera al intercambiador de calor para recalentar el vapor, donde el vapor sobrecalentado se dirige desde el intercambiador de calor a la turbina de vapor para accionar el segundo generador.

En conexión con la presente invención, un sistema para recuperar aguas residuales municipales que tienen contaminantes cloacales puede incluir un subsistema de recolección de contaminantes con una caldera que recibe las aguas residuales municipales y concentra los contaminantes cloacales en un lodo de aguas residuales concentrado hirviendo las aguas residuales municipales y produciendo vapor. Un subsistema de generación de calor incluye una red de flujo de fluido térmico que hace circular un fluido de transferencia térmica a través de un intercambiador de calor que está en comunicación con un dispositivo de combustión de biomasa que quema un material de biomasa para calentar el fluido de transferencia térmica. La caldera recibe el fluido de transferencia térmica calentado para hervir las aguas residuales municipales y el material de biomasa comprende el lodo de aguas residuales concentrado.

En conexión con la presente invención, un sistema para recuperar agua contaminada puede tener un subsistema de recolección de contaminantes que incluye una caldera que recibe y concentra contaminantes en el agua contaminada hirviendo el agua contaminada y produciendo vapor. Un subsistema de generación de calor incluye una red de flujo de fluido térmico que hace circular un fluido de transferencia térmica a través de un intercambiador de calor que está en comunicación con una fuente de calor para calentar el fluido de transferencia térmica. Una turbina de vapor recibe el vapor, y un sistema de condensación modular recibe y condensa el vapor de la turbina de vapor. El sistema de

- 5 condensación modular incluye (i) una pluralidad de intercambiadores de calor planos orientados verticalmente que tienen un interior con un patrón de deflectores para dirigir el vapor a través de un camino de flujo, y un exterior, (ii) un suministro de agua y boquillas configuradas para dirigir el agua de enfriamiento en el exterior de los intercambiadores de calor planos, y (iii) al menos un ventilador configurado para crear un flujo de aire sobre el exterior de los intercambiadores de calor planos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se describirán a continuación realizaciones de la invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que los mismos números indican elementos similares. Se observa que las siguientes Figuras muestran configuraciones útiles para comprender aspectos aislados de la invención pero ningún sistema reivindicado.

- 10 La FIGURA 1 representa un diagrama esquemático de un sistema de recuperación de agua para uso con una instalación de proceso o granja.
- La FIGURA 2 representa un diagrama de bloques de un método para un sistema de recuperación de agua para uso con una instalación de proceso o granja.
- 15 La FIGURA 3 representa una imagen esquemática de un dispositivo de recolección de contaminantes en forma de un intercambiador de calor de coraza y tubo vertical.
- La FIGURA 4A representa una imagen esquemática de un dispositivo de conversión de energía de vapor en forma de un motor de vapor de tipo pistón.
- La FIGURA 4B representa una imagen esquemática de una vista en alzado detallada del dispositivo de conversión de energía de vapor en forma de un motor de vapor de tipo pistón.
- 20 Las FIGURAS 4C-4F representan imágenes esquemáticas de las porciones detalladas de una válvula deslizante para uso con un motor de vapor de tipo pistón.
- La FIGURA 5 representa una imagen esquemática de un dispositivo de conversión de energía de vapor en forma de una turbina Tesla.
- La FIGURA 6 representa una imagen esquemática de un generador de calor solar.
- 25 La FIGURA 7A representa una imagen esquemática de un dispositivo de recolección de contaminantes que tiene múltiples etapas.
- La FIGURA 7B representa una imagen esquemática de un sistema para separar compuestos químicos del agua contaminada concentrada.
- 30 La FIGURA 8 representa una imagen esquemática de una vista en alzado de un dispositivo de combustión de biocombustible.
- La FIGURA 9 representa una imagen esquemática de una vista en alzado detallada de una parte de la cámara de combustión del dispositivo de combustión de biocombustible de la Figura 8.
- La FIGURA 10 representa una imagen esquemática de una porción de la cámara de combustión del dispositivo de combustión de biocombustible de la Figura 8.
- 35 Las FIGURAS 11A-11H representan una imagen esquemática de un dispositivo de recolección de contaminantes.
- La FIGURA 12 es una representación esquemática de un diagrama de flujo del proceso de otro sistema y método de recuperación de agua.
- La FIGURA 13 es una representación esquemática de una disposición de diseño de equipo para los componentes del sistema de recuperación de agua.
- 40 La FIGURA 14 es una representación esquemática de una matriz solar de paneles colectores solares parabólicos reflectantes para uso por el sistema de recuperación de agua de las figuras 12-13.
- La FIGURA 15 es una representación esquemática de un diagrama de flujo de otro sistema de recuperación de agua y un método dirigido a instalaciones de elaboración de vino (por ejemplo, bodegas).

La FIGURA 16 es una representación esquemática de un diagrama de flujo de otro sistema de recuperación de agua dirigido a operaciones de perforación de petróleo.

La FIGURA 17 es una representación esquemática de un diagrama de flujo de otro sistema de recuperación de agua dirigido a operaciones agrícolas, tales como granjas lecheras.

5 La FIGURA 18 representa un diagrama esquemático de otro sistema de recuperación de agua.

La FIGURA 19 representa un diagrama esquemático de otro sistema de recuperación de agua.

La FIGURA 20 representa un diagrama esquemático de un sistema de condensación para un sistema de recuperación de agua.

Descripción detallada

10 Con referencia a la FIGURA 1, se muestra que un sistema 10 de recuperación de agua incluye las siguientes regiones o subsistemas principales: una región 100 de captura y suministro de agua; una región 200 de generación de calor; una región 300 de recolección y eliminación de contaminantes; una región 400 de conversión de energía de vapor y generación de energía; una región 500 libre de recuperación de calor; una región 600 de retención y liberación de agua regenerada; y un sistema 700 de control que interactúa con cada una de las regiones para coordinar y controlar el funcionamiento del equipo dentro de las regiones del sistema.

15 Se muestra que la región 100 de captura y suministro de agua incluye una instalación de procesamiento, operación o granja (mostrada colectivamente como 110) que usa agua en el procesamiento de un producto (tal como un alimento o producto agrícola o ganadero). De acuerdo con una aplicación, el producto es un producto agrícola tal como, por ejemplo, aceitunas y el agua se usa en el procesamiento de las aceitunas (u otro producto agrícola) para consumo humano. Según otra aplicación, la instalación puede ser una bodega que utiliza agua para el procesamiento y descarga orgánicos y aguas residuales. De acuerdo con otra aplicación más, la granja puede ser una granja lechera que descarga agua residual que tiene una concentración relativamente alta de materiales orgánicos. De acuerdo con otra aplicación más, la instalación puede ser una instalación de perforación de petróleo (por ejemplo, campo, plataforma, etc.) que produce agua residual que tiene una concentración relativamente alta de sales e hidrocarburos. Por consiguiente, todas estas formas de realización están destinadas a estar dentro del alcance de esta descripción.

20 El agua contaminada se descarga desde la instalación 110 y se captura para la regeneración en un reservorio 120 de retención de agua contaminada (u otro dispositivo de almacenamiento o retención a gran escala adecuado, tal como un tanque, silo, estanque, etc.). El reservorio 120 puede formarse en una sección de terreno relativamente llana (o cóncava) fuera y adyacente a la instalación 110, e incluye una berma de aproximadamente cinco (5) pies de alto y define un perímetro que encierra un área de aproximadamente 930 m² (10,000 pies cuadrados) (aunque se pueden usar otras alturas de berma y tamaños de reservorio para satisfacer los requisitos del proceso de una instalación en particular). Se proporciona una membrana duradera, resistente e impermeable (por ejemplo, capa, lámina, etc.) de material en el suelo cerrado y sobre la berma para formar el reservorio. La membrana impermeable puede estar hecha de poliuretano con un espesor de aproximadamente 60 mils y está disponible comercialmente en B&B Supply de Fresno, California. La membrana es preferiblemente de color negro para mejorar el calentamiento solar del agua contaminada en el reservorio para promover la evaporación del agua contaminada. Después de ser descargada desde la instalación 110, el agua contaminada se retiene dentro del reservorio 120 hasta que es procesada por el sistema de recuperación de agua. El agua contaminada es entregada (por ejemplo, enrutada, dirigida, transportada, etc.) desde el reservorio 120 a la región 300 de recolección y eliminación de contaminantes utilizando una tubería adecuada (por ejemplo, tubos, conductos, etc.). De acuerdo con la configuración ilustrada, se pueden usar una o más bombas 130 para mover el agua, y se proporciona un tanque 140 de almacenamiento intermedio para permitir que sedimenten los contaminantes en forma de partículas en el agua. De acuerdo con una aplicación a modo de ejemplo, los resultados de un análisis químico de una muestra de agua contaminada de la instalación 110 para el procesamiento por el sistema dieron como resultado un TDS promedio de aproximadamente 10,538.8 mg/L.

35 Con referencia adicional a la FIGURA 1, tras la entrega bajo presión de bombeo desde el reservorio 120 y/o el tanque 140 de almacenamiento, el agua contaminada entra en la región 300 de recolección y eliminación de contaminantes. Según la configuración ilustrada, el agua contaminada se dirige primero a través de una estación 302 de filtración que tiene uno o más conjuntos de filtros para eliminar cualquier contaminante en forma de partículas del agua contaminada. Los filtros pueden ser de un tipo de autodescarga comercialmente disponible de US Filter o Seimens Water Technologies y tienen un tamaño de tamiz de aproximadamente veinte (20) micras (aunque puede usarse un tamaño de filtro adecuado de acuerdo con otras realizaciones o aplicaciones donde el agua contaminada tiene otros tipos de contaminantes). Alternativamente, la estación de filtración puede incluir ósmosis inversa u otro equipo de filtración adecuado.

Tras la descarga de la estación 302 de filtración, el agua de proceso filtrada entra en un dispositivo 304 de recolección de contaminantes. El dispositivo 304 de recolección de contaminantes puede comprender un intercambiador de calor de coraza y tubo vertical (por ejemplo, caldera, generador de vapor, etc., mostrado más particularmente en FIGURAS 3 y 11) y el agua contaminada se dirige a través del fondo del lado del tubo del intercambiador 304 de calor donde se calienta y convierte (por ejemplo, se hierve, se evapora, etc.) en vapor y se descarga desde el lado del tubo a la parte superior del intercambiador 304 de calor. El calor para convertir el agua contaminada en vapor se proporciona mediante un fluido de transferencia térmica que se calienta en la región de generación de calor del sistema y se dirige a través del lado de la carcasa del intercambiador 304 de calor. La conversión del agua contaminada a vapor da como resultado la concentración o destilación de los contaminantes (por ejemplo, TDS, etc.) del agua contaminada de modo que los contaminantes se recogen dentro del intercambiador 304 de calor (por ejemplo, dentro de las campanas de extremo superior e inferior y a lo largo de las superficies de los tubos del intercambiador de calor).

Refiriéndose más particularmente a las FIGURAS 11A-11G, se muestra con más detalle el dispositivo de recolección de contaminantes en forma de intercambiador 304 de calor. Se muestra que el dispositivo 304 de recolección incluye un intercambiador de calor de coraza y tubo vertical diseñado para cumplir los requisitos del Código de Caldera y Recipiente a Presión ASME. El intercambiador 304 de calor incluye una pared lateral con dos secciones 306 de pared alargadas paralelas y unidas en extremos opuestos por dos secciones 308 de pared redondeadas (mostradas como semicirculares) para proporcionar una sección transversal rectangular redondeada. Los cabezales 310, 312 de extremo superior e inferior (por ejemplo, campanas, etc.) se unen a la parte superior e inferior de las secciones 306, 308 de pared lateral (respectivamente) para formar un recipiente a presión. Una pared 314 de extremo que tiene una serie de aberturas (por ejemplo, lámina de tubo, etc.) está dispuesta en la parte superior e inferior de las paredes 306, 308 laterales y un arreglo de tubos 316 está dispuesta en un patrón dentro del recipiente correspondiente a las aberturas y fijado a las láminas 314 de tubo para proporcionar el lado del tubo del intercambiador 304 de calor de modo que el agua contaminada fluya en una campana 312 de extremo, a través de las aberturas y tubos 316 y en una campana 310 de extremo opuesto. Las secciones 306, 308 de pared lateral de la carcasa del intercambiador 304 de calor incluye boquillas 318 de entrada de fluido de transferencia térmica (mostradas por ejemplo como seis boquillas) espaciadas alrededor de un perímetro inferior de las secciones 306, 308 de pared lateral. La forma rectangular del dispositivo de recolección de contaminantes y la separación, la ubicación y la distancia de separación de las boquillas 318 de entrada de transferencia térmica están diseñadas de manera que cada tubo está dentro de una distancia máxima predefinida desde cada entrada 318 de fluido de transferencia térmica (por ejemplo, doce pulgadas según una realización). La forma del intercambiador 304 de calor y el número/ubicación de las boquillas 318 de entrada de fluido de transferencia térmica están destinadas a permitir que el dispositivo se construya más grande y todavía tenga una distribución relativamente uniforme de fluido de transferencia térmica a todos los tubos en el intercambiador de calor. Las boquillas 320 de salida de fluido de transferencia térmica se muestran como espacios alrededor de un perímetro superior de las secciones 306, 308 de pared lateral. La longitud de los tubos 316 es suficientemente larga para acomodar la espuma y la formación de espuma del agua contaminada dentro del intercambiador 304 de calor de modo que el arrastre de la espuma y la espuma con la descarga de vapor del intercambiador de calor se eliminan o minimizan. De acuerdo con una realización, la longitud de los tubos 316 es de aproximadamente 89 pulgadas, pero puede tener otras longitudes según sea apropiado para su uso con ciertos contaminantes y otros parámetros del proceso (por ejemplo, tasas de flujo requeridos, etc.).

El intercambiador 304 de calor incluye cuatro patas 330 que están acopladas de manera retirable al intercambiador 304 de calor y están diseñadas para cumplir con los estándares sísmicos/sísmicos modernos. Una pluralidad de bridas 324 de conector (mostradas, por ejemplo, como bridas de tres conectores) se proporcionan como boquillas de instrumentos para acomodar instrumentación destinada a controlar con precisión sensores de presión, temperatura y corrosión dentro del intercambiador 304 de calor. Se proporcionan una boquilla 334, 336 de entrada y salida en las campanas 312, 310 de extremo inferior y superior respectivamente para el suministro del agua contaminada y la descarga de vapor.

De acuerdo con la configuración ilustrada, el intercambiador 304 de calor puede estar provisto de las siguientes características específicas a modo de ejemplo, sin embargo, las variaciones en tamaños, cantidades y capacidades para acomodar otras aplicaciones pretenden estar dentro del alcance de la invención: los componentes están formados de acero, como acero 304 inoxidable o acero al carbono; la presión de diseño del lado de la carcasa es de aproximadamente 7.9 bar (100 psig) y la temperatura de diseño es de aproximadamente 293°C (560°F); el número de tubos es de aproximadamente 97 tubos cada uno con un diámetro exterior de aproximadamente 8.9 cm (3.5 pulgadas); el índice de energía del intercambiador de calor es de aproximadamente 110 kW (150 hp), pero puede ampliarse hasta aproximadamente 370 kW (500 hp).

De acuerdo con la configuración ilustrada, el intercambiador 304 de calor está destinado a funcionar de manera que promueva activamente el "ensuciamiento" de las superficies del intercambiador de calor (a diferencia de la mayoría de los intercambiadores de calor convencionales que funcionan de manera destinada a evitar el ensuciamiento), como un método para separar los contaminantes del agua contaminada. Los contaminantes pueden eliminarse del intercambiador de calor de una manera generalmente no invasiva, descargando periódicamente agua con los contaminantes altamente concentrados desde un drenaje del fondo del intercambiador de calor (por ejemplo, purga, ventilación, etc.) y dirigiendo el agua a una ubicación de contención (por ejemplo, estanque de evaporación o

intercambiador de calor, tanque de almacenamiento, etc.). Los contaminantes también se pueden eliminar de una manera más invasiva, donde el intercambiador de calor se abre y se limpia a intervalos periódicos para eliminar la masa de contaminantes que se extrajeron del agua contaminada. Los contaminantes pueden eliminarse de cualquier manera adecuada, como la extracción manual. Por ejemplo, los extremos 310, 312 superior y/o inferior del intercambiador 304 de calor pueden retirarse para permitir el acceso al tubo 316 por medio de un dispositivo adecuado para eliminar los contaminantes (por ejemplo, con herramientas tales como un sinfín, o empujador). varilla, agitador o similar). Se puede usar una barrena con varias cabezas para limpiar múltiples tubos simultáneamente. De acuerdo con otra configuración, los contaminantes pueden eliminarse de una manera automática o semiautomática (por ejemplo, ultrasonidos, aire comprimido, etc.). Por ejemplo, el intercambiador 304 de calor puede llenarse con agua y unas sondas ultrasónicas se bajan dentro de los tubos. Cuando se activa la sonda, las ondas de sonido de alta frecuencia crean suficiente vibración para desalojar los contaminantes de los tubos para su recolección debajo de los tubos. Los solicitantes creen que estos métodos de recolección de contaminantes del interior del intercambiador de calor son particularmente adecuados para aplicaciones donde los contaminantes incluyen altas concentraciones de sales y/o sulfatos, y los contaminantes forman una capa densa que lleva bien las vibraciones del sonido. Los contaminantes eliminados del interior de los tubos 316 pueden recogerse en la campana 312 externa inferior y eliminarse con un chorro de agua, o recogerse en otro reservorio adecuado (por ejemplo, carro, tambor, contenedor, contenedor de envío, etc.) y luego secarse (si es necesario, por ejemplo, por evaporación, luz solar, etc.) y luego se desecha de manera adecuada (por ejemplo, la venta a terceros como subproducto químico reutilizable, almacenamiento en vertederos, etc.). De acuerdo con otras aplicaciones, donde los contaminantes incluyen aceites y sustancias orgánicas, el aceite y los orgánicos tienden a crear espuma del agua contaminada dentro de los tubos. La formación de espuma tiende a promover la elevación de los sólidos a la parte superior de los tubos, donde los sólidos se llevan a cabo desde el intercambiador 304 de calor por la velocidad del vapor. A medida que los sólidos y otros contaminantes salen del intercambiador 304 de calor, se separan del vapor "limpio" (mediante separadores como se describe adicionalmente en este documento) y pueden desviarse a un dispositivo de secado (por ejemplo, bandeja, estanque, reservorio, etc.) donde el agua restante se evapora. La cantidad de agua "desbordada" desviada de esta manera puede estar típicamente dentro de un intervalo de aproximadamente 5-20% del agua total procesada por la caldera. De acuerdo con las aplicaciones alternativas, se puede usar un agente en el agua contaminada para promover la formación de espuma como método menos invasivo para eliminar los contaminantes de la caldera. De esta manera, el intercambiador 304 de calor funciona como un dispositivo de tipo destilación que recoge los contaminantes dentro y descarga vapor del intercambiador 304 de calor para usar en la región 400 de generación de energía y conversión de vapor y energía y la región 500 de recuperación de calor libre.

Aunque solo se muestra un intercambiador 304 de calor en la FIGURA 1 para mayor claridad, se pueden proporcionar dos o más intercambiadores de calor (por ejemplo, dispuestos y conectados en paralelo) para obtener una capacidad deseada para recuperar el agua contaminada de la instalación o granja. De acuerdo con dicha configuración, se pueden proporcionar uno o más intercambiadores de calor "adicionales" para acomodar el mantenimiento y la eliminación de los contaminantes recogidos, de modo que un número deseado de intercambiadores de calor permanezca en funcionamiento mientras que otros se limpian y/o mantienen. De acuerdo con una realización, el intercambiador 304 de calor opera con una tasa de flujo de agua contaminada de aproximadamente 0.45 m³ por hora (120 galones por hora (GPH)), y una transferencia de calor de temperatura de entrada de fluido-lado de la carcasa de aproximadamente 240°C (460 grados Fahrenheit (°F)) y tasa de flujo de aproximadamente 0.3 m³ por hora (81 GPH). Sin embargo, se pueden usar otras tasas de flujo (por ejemplo, 0.19–1.9 m³ por hora) (por ejemplo, 50-500 GPH) y temperaturas (por ejemplo, 120-400°C) (por ejemplo, 250-750°F) para lograr la generación de vapor deseada y eliminación de contaminantes dentro del intercambiador de calor. Según configuraciones alternativas, el dispositivo de recolección de contaminantes puede ser un intercambiador de calor de coraza y tubo horizontal, tanque, alambique o cualquier otro tipo de aparato para convertir el agua contaminada en vapor y recolectar los contaminantes dentro del aparato y descargar el vapor para su uso en otras aplicaciones.

Con referencia a las FIGURAS 7A-7B, el intercambiador 304 de calor puede proporcionarse en múltiples etapas (por ejemplo, en una disposición en cascada, etc.), de acuerdo con una realización a modo de ejemplo. El dispositivo de recolección de contaminantes multietapa puede ser adecuado para aplicaciones que tienen niveles particularmente altos de contaminantes, o para aplicaciones en las que se desea una descarga de líquido cero. Por ejemplo, de acuerdo con la configuración ilustrada, un primer dispositivo de recolección de contaminantes (que se muestra como una caldera 340 principal) funciona a una presión relativamente alta como un dispositivo de recolección de contaminantes de la manera descrita previamente. El agua líquida altamente contaminada que tiene una colección concentrada de contaminantes (por ejemplo, "concentrado") se dirige desde la caldera 340 principal a un separador 342 de vapor y luego a una caldera 344 secundaria (por ejemplo, en cascada, suplementaria etc.) que funciona a un nivel reducido presión. La caldera 344 secundaria vuelve a procesar (por ejemplo, hierva, evapora, etc.) el concentrado y descarga vapor a una línea 346 de salida de vapor, y el agua líquida que tiene una recolección concentrada adicional de contaminantes puede dirigirse a una tercera caldera (no mostrada) para el procesamiento continuo, o a un evaporador 348 (tal como un evaporador de placas o similar), o a un estanque de evaporación para recoger y separar adicionalmente los contaminantes del agua. Por consiguiente, todas estas variaciones del dispositivo de recolección de contaminantes están incluidas dentro de esta descripción.

Con referencia adicional a la FIGURA 7B, ciertos compuestos químicos pueden separarse del agua altamente contaminada descargada del dispositivo 340, 344 de recolección de contaminantes o calderas. De acuerdo con la configuración ilustrada, el concentrado se puede usar para separar (por ejemplo, por precipitación, cristalización, etc.) ciertos otros compuestos químicos comercialmente deseables del agua, tales como sulfato de calcio, sulfato de sodio, etc. Por ejemplo, la separación de sulfato de sodio puede realizarse usando cualquier procedimiento adecuado, tal como concentración y reducción de temperatura. Los solicitantes creen que concentrando los contaminantes en el agua (usando el dispositivo de recolección de contaminantes) a un nivel de TDS de aproximadamente 120000 mg/L y luego capturando el concentrado en un contenedor (por ejemplo, "tanque de separación sólida") donde la temperatura del agua se puede reducir suficientemente (por ejemplo, a aproximadamente 3°C) (por ejemplo, a aproximadamente 38°F) para producir precipitación y/o cristalización de los compuestos del agua. El agua puede luego drenarse del recipiente y volver a procesarse por el sistema, y los cristales precipitados pueden recogerse y secarse. A modo de ejemplo adicional, la concentración y el cambio de temperatura pueden usarse para provocar la separación del sulfato de calcio. Según una aplicación, los dispositivos de recolección de contaminantes se utilizan como calderas de salmuera para aumentar la concentración de salmuera a aproximadamente 160000 partes por millón (PPM) (por ejemplo, aproximadamente 16% de sólidos) y luego el agua altamente concentrada se dirige a través de una torre de enfriamiento 350 o torre de evaporación (tal como una torre de enfriamiento del tipo que está disponible comercialmente en la Amcot Cooling Tower Corporation de Ontario, California) o similares para hacer que el sulfato de calcio cristalice y se acumule en el fondo de la torre 350. Según las aplicaciones alternativas, la separación de los compuestos químicos del agua puede realizarse usando otros procesos adecuados, tales como intercambio iónico, o elevar el pH del agua regenerada usando un material alcalino tal como cal o similar. Todas estas variaciones pretenden estar dentro del alcance de esta descripción.

Con referencia adicional a la FIGURA 1, la región 200 de generación de calor del sistema 10 para proporcionar una fuente de calor al dispositivo 304 de recolección de contaminantes se ilustra de acuerdo con una realización a modo de ejemplo. Se muestra que la región 200 de generación de calor incluye múltiples generadores de calor, que pueden funcionar independientemente o en cooperación entre sí, y que pueden operar secuencialmente o simultáneamente. Se muestra que los generadores de calor incluyen un generador 210 de calor solar, un generador 230 de calor de biocombustible y un generador 290 de calor de gas natural. Cada uno de los generadores de calor está configurado para agregar calor a un fluido de transferencia térmica que circula a través de un circuito 202 de tuberías al dispositivo de recolección de contaminantes para proporcionar calor y convertir el agua contaminada en vapor. De acuerdo con la configuración ilustrada, el circuito 202 de tuberías se comunica con cada generador de calor en una configuración paralela e incluye válvulas adecuadas para permitir el aislamiento de cada generador de calor del circuito, de modo que uno o más de los generadores de calor puedan operar para agregar calor a el fluido de transferencia térmica que circula en el circuito 202 de tubería hacia, y a través, del dispositivo 304 de recolección de contaminantes. De acuerdo con una aplicación, el fluido de transferencia de calor se conoce como XCEL THERM® 600, comercializado por Radco Industries de La Fox, Illinois.

El sistema 700 de control puede operar los generadores de calor y las válvulas asociadas según sea necesario para mantener una temperatura y flujo relativamente constantes del fluido de transferencia de calor al dispositivo 304 de recolección de contaminantes. Por ejemplo, el sistema 700 de control normalmente está configurado para operar el generador 210 de calor solar como generador primario de calor durante el día (es decir, cuando hay suficiente luz solar disponible), y para operar el generador 230 de calor de biocombustible durante la noche (o cuando no hay suficiente luz solar disponible). El intercambiador 290 de calor de gas natural está típicamente en un modo de "espera" para usar como respaldo cuando el generador 210 de calor solar y/o el generador 230 de calor de biocombustible no están disponibles (por ejemplo, durante el mantenimiento, etc.). El generador 210 de calor solar y el generador 230 de calor de biocombustible pueden ser los principales generadores de calor para proporcionar una fuente de calor renovable y respetuosa con el medio ambiente para eliminar los contaminantes del agua contaminada.

Con referencia a las FIGURAS 1 y 6, se muestra el generador 210 de calor solar. El generador 210 de calor solar en la figura 6 incluye una pluralidad de paneles 212 solares parabólicos reflectivos (por ejemplo, canales, etc., dispuestos en forma de una matriz solar, etc.) que concentran la luz solar en un tubo 214 colector colocado generalmente en un punto focal del reflector 212. Según una realización, el tubo 214 colector actúa como un conducto para transportar el fluido de transferencia térmica a través del concentrador 212 solar y el tubo 214 tiene una forma sustancialmente rectangular con dimensiones de aproximadamente 2.5 cm de ancho por 7.5 cm de alto (uno 1 pulgada de ancho por tres (3) pulgadas de alto), que los solicitantes creen que proporciona características ventajosas de transferencia de calor sobre los tubos 214 colectores convencionales que tienen una forma de sección transversal circular. De acuerdo con otras realizaciones, los tubos 214 colectores sustancialmente rectangulares pueden tener unas dimensiones de aproximadamente 2.5 cm de ancho por 10 cm o 12.5 cm de alto (una (1) pulgada de ancho por cuatro (4) pulgadas o cinco (5) pulgadas de alto), aunque otras dimensiones se pueden usar para obtener características óptimas de transferencia de calor para una geometría de panel solar particular. Por ejemplo, los solicitantes creen que la altura adicional proporcionada por las paredes laterales reflectantes de los tubos proporciona un objetivo mayor para la luz reflejada y promueve el flujo turbulento del fluido de transferencia térmica dentro del tubo para reducir los efectos de la capa límite fluida y mejorar el calor características de transferencia (relativas a tubos circulares convencionales). El fluido de transferencia de calor se hace circular en un "bucle" a través del tubo colector donde se calienta por la luz solar reflejada que incide sobre las superficies del tubo 214 colector rectangular, y luego a un reservorio 218 aislado

(por ejemplo, tanque, etc.) para proporcionar una fuente de fluido térmico de transferencia térmica para usar en la eliminación de contaminantes del agua contaminada en el dispositivo de recolección de contaminantes. El área superficial de los paneles 212 reflectantes puede ser de aproximadamente 19000 m² (200000 pies cuadrados), lo que corresponde a una capacidad de generación de energía de aproximadamente 2 MW, y el fluido de transferencia de calor circula a una tasa de flujo de aproximadamente 0.09-0.38 m³ por hora (25-100 GPH), y más particularmente 0.13–0.28 m³ por hora (35-75 GPH), y aún más particularmente 0.17-0.25 m³ por hora (45-65 GPH), y se calienta a una temperatura de aproximadamente 315°C (600°F).

Debe entenderse que la presente invención puede funcionar con una variedad de matrices solares disponibles a partir de fuentes comerciales. Sin embargo, es deseable que la matriz solar sea un canal concentrador parabólico capaz de concentrar la luz solar aproximadamente ochenta y dos veces en el tubo colector que pasa por el centro focal del canal. En tales matrices solares, el tubo colector puede estar pintado de negro (o provisto de una superficie negra) con una pintura negra de alta temperatura como la conocida como Solcoat. El canal de espejo parabólico debe ser soportado por un marco; aquí se puede emplear un armazón de acero angular, como se conoce en la técnica. Dichos paneles solares están disponibles, por ejemplo, en Solar Genics de Golden, Colorado, Soele of Jerusalem, Israel o Five Star Engineering de Boulder, Colorado. Estos canales parabólicos suelen tener una eficiencia de alrededor del 80% (sol/calor) dependiendo de la época del año. La cantidad de pies cuadrados de la matriz solar de acuerdo con la presente invención, por supuesto, dependerá del tamaño del sitio a diseñar. Dichas matrices pueden tener desde unos pocos miles de pies cuadrados hasta varios millones de pies cuadrados, de nuevo dependiendo de la cantidad de fluido de transferencia térmica que se va a calentar. Los paneles pueden estar hechos de cualquier material adecuado tal como aluminio y el tubo colector puede estar hecho de un material adecuado, tal como cobre, aluminio, acero, etc.

El generador 210 de calor solar también incluye un dispositivo 220 de seguimiento operable para inclinar o "mover" los paneles de un lado a otro para permitir que los paneles rastreen el movimiento de este a oeste del sol a lo largo del día. Según una realización, el dispositivo de seguimiento incluye transductores de ganancia de calor (por ejemplo, que tienen termistores, etc.) en una disposición de control de circuito cerrado para proporcionar un sistema de detección activo que detecta el movimiento del sol y a su vez ajusta la inclinación de los paneles conduciendo un motor y un enlace conectado a los paneles. Tal dispositivo de seguimiento está disponible comercialmente en Beartrap Enterprises of Coalinga, California.

El reservorio 218 para almacenar el fluido de transferencia térmica puede aislarse, o proporcionarse de otro modo como un dispositivo de almacenamiento de energía para almacenar la energía térmica del fluido de transferencia térmica calentado. Por ejemplo, el reservorio 218 puede proporcionarse como un sistema de almacenamiento de energía térmica. Se puede proporcionar un tipo de sistema de almacenamiento de energía térmica como almacenamiento intermedio, por ejemplo, para acceder durante períodos de tiempo transitorios (por ejemplo, de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 3 horas) durante los cuales la región de generación de calentamiento del sistema puede no ser capaz de igualar los requisitos para una demanda de carga dada (como cuando la radiación solar es atenuada por la cobertura transitoria de nubes o cuando una demanda de carga transitoria excede la capacidad de estado estable del sistema o una interrupción temporal del suministro de biomasa, etc.). Por el contrario, el sistema de almacenamiento de energía térmica puede proporcionarse para un almacenamiento a más largo plazo, por ejemplo de 3 horas a 24 horas, etc.

El sistema de almacenamiento de energía térmica puede incluir un medio de almacenamiento de energía térmica y una pluralidad de conductos enterrados dentro del medio de almacenamiento en una relación de intercambio de calor con el medio de almacenamiento para formar una estructura compuesta, y la estructura compuesta está rodeada por una capa de un material aislante. Cada conducto está dispuesto para transportar el fluido de transferencia térmica a través del medio de almacenamiento de energía térmica y también puede tener elementos de transferencia de calor térmicamente conductores (por ejemplo, aletas, placas, discos, hojas, etc.) para mejorar la transferencia de calor entre el medio de almacenamiento y los conductos. Cada uno de los elementos de transferencia de calor funciona alternativamente como distribuidor de calor y recuperador y se extiende al medio de almacenamiento de energía con el fin de transferir energía térmica de forma reversible entre el fluido de transferencia térmica en el conducto asociado y los componentes discretos (térmicamente conductores) del medio.

El sistema de almacenamiento de energía térmica puede ubicarse al menos en parte sobre el nivel del suelo local, o localizarse debajo del nivel del suelo e integrarse en la tierra localizada de forma que el suelo forme una extensión del sistema de almacenamiento de energía térmica (por ejemplo, ubicado debajo o alrededor la matriz del colector 212 solar u otra ubicación adecuada).

El material aislante en forma de partículas (por ejemplo, material relativamente no conductor) o un material aislante de tipo estera (no mostrado) se pueden ubicar alrededor y/o sobre la parte superior del sistema de almacenamiento de energía térmica. Tal material aislante comprende opcionalmente arena y/o polvo de roca y la región superior del sistema de almacenamiento puede comprender opcionalmente un material aislante de mayor grado y puede colocarse sobre una región superior del sistema de almacenamiento, a una pequeña distancia por debajo del nivel del suelo.

El medio de almacenamiento de energía térmica puede incluir cualquiera de una amplia variedad de materiales tales como, entre otros, roca, grava, arena, limo, arcilla, cuarzita, basalto, suelo, así como tipos específicos, composiciones químicas o fracciones aisladas de los mismos. Por lo tanto, un "material" puede ser, por ejemplo, roca, roca de cuarzita o arcilla (por ejemplo, la arcilla puede ser una fracción aislada de algunos suelos). En general, el medio de almacenamiento de energía térmica puede comprender cualquier medio útil para el almacenamiento de energía térmica, que incluye medios de almacenamiento de energía térmica granular. Ejemplos adicionales de medios de almacenamiento de energía térmica incluyen hormigón, arena y una estructura de tierra compuesta sustancialmente por material mineral inorgánico conductor. Los medios de almacenamiento de energía térmica granular pueden comprender uno o más componentes granulares, y carecen de un material de unión tal como cemento o cal hidratada. Los medios de almacenamiento granulares permiten el movimiento relativo de los diversos componentes del sistema de almacenamiento de energía térmica, incluido el movimiento longitudinal de los conductos, causado por la expansión térmica dentro del medio. Un medio de almacenamiento granular normalmente mantiene su integridad granular a través de ciclos térmicos completos, y adicionalmente mantiene su integridad granular si se expone al agua.

Diversos materiales, por ejemplo, minerales inorgánicos y materiales de tierra (por ejemplo, suelo vegetal y/o subsuelo y/o materiales individuales de suelo vegetal y/o subsuelo y/o roca y/o grava) pueden ser útiles en el medio de almacenamiento térmico. Ejemplos no limitantes de materiales que pueden ser útiles incluyen, por ejemplo, agregados (por ejemplo, roca, cuarzita, granito, basalto, silicatos, piedra caliza, pizarra, hematita, alúmina, periclase (MgO), etc.), gravas (por ejemplo, cuarzita, granito, basalto, silicatos, piedra caliza, pizarra, hematita, alúmina, periclase (MgO), etc.), arena, suelos (por ejemplo, suelo vegetal y/o subsuelo), arcilla, limo, materia orgánica del suelo, metales, óxidos metálicos (por ejemplo, hematita, hierro y alúmina, periclase (MgO)), vidrio (por ejemplo, vidrio reciclado), silicatos, carbonatos metálicos, grafito, nitratos metálicos, nitritos metálicos, nitruros metálicos (por ejemplo, nitruro de aluminio), sales fundidas, minerales solubles (por ejemplo, carbonatos y nitratos solubles) y líquidos (por ejemplo, silicona, aceite mineral, glicerol, alcoholes de azúcar, reteno, tetracosano).

Con referencia a las FIGURAS 1 y 8-10, el generador 230 de calor de biocombustible se muestra de acuerdo con una configuración. Se muestra que el generador 230 de calor de biocombustible (por ejemplo, dispositivo de combustión de biocombustible, etc.) incluye un recinto 232 que tiene una sección 234 inferior que funciona como un combustor o cámara de combustión (por ejemplo, cámara de combustión, etc.) y una porción 236 superior con un banco 238 de tubos (por ejemplo, bobina de intercambiador de calor, etc.) a través del cual se hace circular el fluido portador de calor y se calienta mediante el calor de combustión ascendente desde la cámara 234 de combustión. Se proporcionan un dispositivo 240 de almacenamiento de biocombustible y un transportador 242 de alimentación para entregar generalmente un suministro estable de biocombustible a la cámara 234 de combustión a través de las tolvas de alimentación de biocombustible superiores según sea necesario para mantener una temperatura deseada del fluido de transferencia de calor que sale del banco 238 de tubos. El dispositivo 240 de almacenamiento de biocombustibles es una tolva o contenedor paletizado y el transportador 242 es un transportador de tipo tornillo alimentador para recibir el biocombustible de la tolva y entregar el biocombustible a través de las canaletas de biocombustible a la cámara 234 de combustión. El transportador de alimentación de tornillo es accionado por un motor y una caja de cambios, que está controlado por el sistema de control para entregar biocombustible a una rata (por ejemplo, aproximadamente 1.8-5.4 t/hora) (por ejemplo, aproximadamente dos (2)-seis (6) toneladas/hora) que mantiene la temperatura deseada del fluido de transferencia de calor que sale del banco 238 de tubos. El dispositivo 230 de combustión de biocombustible puede estar hecho de cualquier material adecuado, tal como acero, aluminio y similares, y aislado con un material de aislamiento adecuado, tal como tablero de fibra cerámica que tenga un índice de temperatura de aproximadamente 1650°C (3000°F).

Según una configuración mostrada más particularmente en la FIGURA 8, el dispositivo 230 de combustión de biocombustible incluye una entrada de aire externa que tiene un ventilador 244 de entrada de aire (por ejemplo, velocidad variable, etc.), una cámara 234 de combustión, un lecho 246, chorros 248 direccionales, deflectores 250 de copa, un quemador 252, una boquilla 254 de combustión de combustible, un intercambiador 238 de calor, un ducto 256 de escape, conductos 258 de retorno de recirculación y extracción de gases de combustión, un filtro 260 de partículas (por ejemplo, depurador, etc.) y conductos 262 de alimentación superiores de biocombustible. El depurador 260 funciona para comprimir el gas de combustión y luego dirigir el gas para su uso en la producción de algas (mediante el consumo de CO₂ en el gas) como se describirá adicionalmente en este documento.

La cámara 234 de combustión puede funcionar con una temperatura del lecho de combustión dentro del intervalo de aproximadamente 700-980°C (1300-1800°F). Los chorros 248 direccionales y deflectores 250 de copa están dispuestos para producir un efecto de ciclón en el lecho 246 de la cámara 234 de combustión, de modo que el gas se acelera y se aleja del lecho 246 de manera que se reduce la temperatura del lecho 246. Los chorros 248 direccionales y deflectores 250 de copa están dispuestos en una configuración como se muestra en la FIGURA 9. Una boquilla 254 de combustión de combustible está provista en la parte superior de la cámara 234 de combustión y está configurada para comprimir y encender los gases en un lugar justo debajo del intercambiador 238 de calor y proporciona una combustión más completa del gas.

El dispositivo 230 de combustión de biocombustible puede funcionar con recirculación de gases de combustión (FGR) para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) (por ejemplo, hasta aproximadamente 60 por ciento en ciertas

aplicaciones) recirculando una porción del gas de combustión (por ejemplo, aproximadamente 20-25% a través del conducto 258 de recirculación, aunque pueden usarse porciones mayores o menores del gas de combustión) en la cámara 234 de combustión. Este proceso está destinado a reducir la temperatura máxima de combustión y disminuir el porcentaje de oxígeno en la mezcla de aire de combustión/gases de combustión, por lo tanto retardando la formación de NOx causada por altas temperaturas de la llama (NOx térmico producido a partir de la oxidación del nitrógeno (N₂) a temperaturas superiores a aproximadamente 815°C (1500°F)). Por lo general, se entiende que las emisiones de NOx son un contaminante generalizado que causa o contribuye a una amplia variedad de problemas, como enfermedades, formación de ozono y niebla tóxica, lluvia ácida y es la base de los problemas de visibilidad debido a la formación de aerosoles. La recirculación del gas de combustión se muestra a modo de ejemplo dirigiendo el gas de combustión a través de una salida 256 de gas de combustión o dispositivo de despegue, y luego a través de los filtros 260 de partículas y luego a la entrada de la cámara 234 de combustión a través de un conducto 258 de recirculación de retorno de gases de combustión que incluye un ventilador 264 de recirculación de gases de combustión de velocidad variable para extraer la tasa de flujo deseado del gas de combustión a la entrada de la cámara 234 de combustión. El gas de combustión restante se dirige a través de dispositivos de dispersión (por ejemplo, rociadores, burbujeadores, etc.) en agua contenida en el tanque de retención de algas para promover el crecimiento de algas, como se describirá con más detalle.

Con referencia adicional a la FIGURA 8, puede proporcionarse un intercambiador 266 de calor de gases de combustión para transferir calor desde el gas de combustión al fluido de transferencia térmica, de modo que el fluido de transferencia térmica se precalienta antes de entrar en el intercambiador 238 de calor principal en el generador 230 de calor de biocombustible. El intercambiador 266 de calor de gases de combustión puede ser cualquier intercambiador de calor adecuado (por ejemplo, bobina de tubo, etc., con o sin aletas) y dispuesto interna o externamente al conducto 256 de desprendimiento de gases de combustión. El sistema 700 de control también supervisa los gases de combustión por su contenido de calor y gas, y operará la entrada de aire y los ventiladores de recirculación de gases de combustión para controlar la combustión del biocombustible dentro de la cámara de combustión. Por ejemplo, si el contenido de NOx excede una cantidad predeterminada, el sistema de control reducirá la velocidad de los ventiladores para disminuir la temperatura del lecho de combustión.

El generador de calor de biocombustible puede incluir un horno, que generalmente se considera una de las tecnologías de combustión más simples. En un horno, el combustible de biomasa se quema en una cámara de combustión, convirtiendo la biomasa en energía térmica. A medida que la biomasa se quema, se liberan gases calientes, que normalmente contienen alrededor del 85 por ciento de la energía potencial del combustible. Según una realización alternativa, el dispositivo de generación de calor y el dispositivo de recolección de contaminantes pueden combinarse en un único dispositivo como caldera de biomasa, que generalmente se considera una tecnología de combustión directa más adaptable porque la caldera transfiere el calor de combustión a vapor, sin el uso de un fluido de transferencia térmica. La producción de vapor de una caldera generalmente contiene del 60 al 85 por ciento de la energía potencial en el combustible de biomasa. Los principales tipos de calderas de combustión de biomasa son quemadores de pila, combustores estacionarios o de parrilla móvil y cámaras de combustión de lecho fluidizado. Los quemadores de pila consisten típicamente en celdas, cada una con una cámara de combustión superior e inferior, donde el combustible de biomasa se quema en una rejilla en la cámara inferior, liberando gases volátiles. Los gases se queman en la cámara de combustión superior (secundaria). Los quemadores pueden tener sistemas manuales o automáticos de eliminación de cenizas. En un combustor de parrilla estacionaria o móvil, un alimentador automático distribuye el combustible de biomasa en una parrilla, donde el combustible se quema. El aire de combustión entra por debajo de la parrilla. En el diseño de rejilla estacionaria, las cenizas caen en un pozo para su recolección. Por el contrario, un sistema de rejilla móvil tiene una rejilla móvil que deja caer la ceniza en una tolva. Las cámaras de combustión de lecho fluidizado generalmente queman combustible de biomasa en un lecho caliente de material granular, como arena. La inyección de aire en el lecho crea turbulencias que se asemejan a un líquido hirviendo. La turbulencia distribuye y suspende el combustible. Este diseño aumenta la transferencia de calor y está diseñado para permitir temperaturas de funcionamiento por debajo de aproximadamente 972°C (1700°F) para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx). Las cámaras de combustión de lecho fluidizado también pueden manejar típicamente combustibles con alto contenido de cenizas y residuos de biomasa agrícola. Por consiguiente, se considera que todos los dispositivos y tecnologías de combustión de biocombustibles están dentro del alcance de esta descripción.

La biomasa generalmente se considera una fuente de energía renovable porque la energía que contiene proviene del sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila en las plantas capta la energía del sol convirtiendo el dióxido de carbono del aire y el agua del suelo en carbohidratos, compuestos complejos compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Cuando estos carbohidratos se queman, vuelven a convertirse en dióxido de carbono y agua y liberan la energía del sol que contienen. La forma más común de capturar la energía de la biomasa es quemarla, producir calor, vapor y electricidad. Hay muchos tipos de plantas en el mundo, y muchas maneras en que pueden usarse para la producción de energía. En general, hay dos enfoques: cultivar plantas específicamente para uso de energía y usar los residuos de plantas que se usan para otros fines (por ejemplo, productos alimenticios, etc.).

El biocombustible puede comprender un producto de desecho de biomasa como huesos de aceituna, que representa una fuente de desechos de biomasa fácilmente disponible que resulta del procesamiento de aceitunas en la instalación, y la combustión de los huesos de aceituna genera calor para recuperar el agua contaminada, mientras

5 reduce significativamente la cantidad de biomasa que de otro modo se depositaría en un vertedero u otra ubicación no deseada. Los solicitantes creen que los huesos de aceituna (como una forma de residuos de biomasa) representan una fuente impresionante de biocombustible para su uso en un sistema de recuperación de agua porque generan una cantidad significativa de calor y producen muy poco humo y cenizas. El solicitante cree que el uso de los huesos de
 5 aceituna como biocombustible dará como resultado niveles favorables de emisión de NOx, en vista de los límites regulatorios aplicables. En base a factores preliminares, el Solicitante estima que las tasas de emisión de NOx para una realización del sistema serán de aproximadamente 5 kg (11 libras (lb)) por hora, en base a una tasa de combustión de aproximadamente 19 t (42000 lb) de huesos de aceituna por día.

10 De acuerdo con aplicaciones alternativas, cualquier otra forma adecuada de residuos de biomasa puede usarse como biocombustible en la cámara de combustión, como hierba, almendras u otras cáscaras de nueces, paletas usadas, residuos de pulpa y papel, cosecha de bosques y chatarra de madera aserrada, desechos municipales residuos y
 15 residuos agrícolas o agrícolas como el rastrojo de maíz (tallos, hojas y cáscaras de la planta), paja de arroz y paja de trigo, desechos de animales (por ejemplo, estiércol de ganado, pollo y cerdo, etc.) y desechos de madera urbana (por ejemplo, desperdicios y desechos de la construcción, recortes de césped y árboles, etc.) y desechos municipales (por ejemplo, basura, gases de vertederos, etc.). La fuente del biocombustible se basa preferiblemente (al menos parcialmente) en un producto de desecho de biomasa generado por la instalación o granja para la cual se está recuperando el agua, a fin de maximizar el beneficio general proporcionado por el sistema. Alternativamente, el biocombustible se puede adquirir a partir de productores de residuos de biomasa que de otro modo eliminarían el desecho de una manera menos deseable (por ejemplo, almacenamiento en vertederos, etc.). Preferiblemente, el
 20 generador de calor de biocombustible utiliza un producto de desecho de biomasa para calentar un fluido de transferencia térmica para recuperar el agua contaminada, y para eliminar los residuos de biomasa, durante periodos de tiempo cuando la luz solar es insuficiente para que el generador de calor solar mantenga la temperatura deseada del fluido circulante de transferencia térmica.

25 Con referencia adicional a las FIGURAS 1 y 8, el calor de escape de la combustión del biocombustible se puede usar para cualquiera de una amplia variedad de propósitos ventajosos. Por ejemplo, el calor puede usarse para precalentar el fluido de transferencia de calor contenido en el reservorio generador de calor solar. A modo de ejemplo adicional, el calor y los gases de escape del dispositivo de combustión de biocombustible pueden descargarse a través de colectores y boquillas adecuados (por ejemplo, rociadores, burbujeadores, etc.) en un tanque 270 de agua de cultivo de algas (por ejemplo, estanque, reservorio, fotobiorreactor, etc.) para promover el crecimiento de algas y la reducción
 30 en la cantidad de dióxido de carbono liberado al medio ambiente por el dispositivo de combustión de biocombustible. En general, las algas necesitan agua, luz solar y dióxido de carbono para crecer. Hasta 50 por ciento del peso corporal de un alga está compuesto de aceite, y el aceite que producen se puede recolectar del tanque y convertirlo en un combustible biodiesel, y el contenido de carbohidratos de las algas se puede fermentar en etanol.

35 El biodiesel a menudo se denomina ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de fuentes renovables de lípidos. Otros han definido el biodiesel como un material hecho de aceites vegetales o grasas animales. Todos los biodiésel generalmente se basan en triglicéridos, tres ácidos grasos unidos por glicerol. Si la fuente es grasa animal, por ejemplo, sebo o manteca de cerdo o aceite de ballena, los ácidos grasos están saturados, es decir, no contienen dobles enlaces. Si la fuente es vegetal, los ácidos grasos son insaturados, contienen uno o más dobles
 40 enlaces. El proceso de producción de biodiésel a partir de algas se reportó en Biodiesel from Algae, A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program, que informó que las especies de algas estudiadas en el programa podrían producir hasta 60% de su peso corporal en la forma de triacilglicerol, el mismo aceite natural producido por cultivos oleaginosos. El número de informe completo puede encontrarse en NREL/TP-580-24190, julio de 1998. Pueden obtenerse más detalles sobre la fabricación de biodiesel a partir de la Publicación de Solicitud de Patente Internacional No. WO2006/036836 y la Patente de los Estados Unidos No. 6,855,838; Patente de los Estados
 45 Unidos No. 6,822,105; Patente de los Estados Unidos No. 6,768,015; Patente No. 6,712,867; Patente de los Estados Unidos No. 6,642,399 y la Patente de los Estados Unidos No. 6,398,707.

50 El crecimiento de las algas puede acelerarse burbujeando dióxido de carbono suplementario desde el escape 230 del dispositivo de combustión de biocombustible a través del tanque 270 de algas, proporcionando el beneficio adicional de capturar un potente gas de efecto invernadero antes de que alcance la atmósfera. Dadas las condiciones adecuadas, las algas pueden duplicar su volumen durante la noche y, a diferencia de otras materias primas para biocombustibles, como la soja o el maíz, se pueden cosechar día tras día. La recolección, como se usa en el presente documento, es el acto de recoger las algas cultivadas (por ejemplo, floración de algas). En general, la recolección se
 55 lleva a cabo de forma mecánica (por ejemplo, rastrillado, compensación, dragado) y puede realizarse de forma manual o automática. Típicamente, las algas recolectadas se transfieren a un tanque u otro aparato sellable para un proceso de degradación. Los tanques de algas pueden ubicarse en una proximidad generalmente cercana a los otros componentes del sistema (por ejemplo, adyacentes al reservorio de retención de agua contaminada y/o al estanque de evaporación, etc.). Las algas se pueden cosechar o recolectar en una frecuencia predeterminada (por ejemplo, diariamente) y procesarse para extraer el aceite de las algas (por ejemplo, mediante prensado o similar), para convertirlo en un combustible tal como biodiesel.

5 Varias metodologías son actualmente factibles para la producción de combustible a partir de algas. Por ejemplo, se puede producir metano a partir de la misma mediante gasificación biológica o térmica. La biomasa puede fermentarse, formando así etanol. Puede quemarse directamente. Se puede comprimir para liberar los aceites del mismo y esos aceites se pueden transesterificar, con lo cual los triglicéridos se hacen reaccionar con un alcohol simple, para formar éster alquílico, que se conoce comúnmente como biodiesel.

10 Además, se sabe en general que ciertas algas verdes, cuando se someten a un ambiente anaeróbico, producen hidrógeno, que puede recuperarse y usarse como combustible. Otras metodologías para la producción de combustible de biodiesel a partir de algas se describen en la Patente de los Estados Unidos No. 5,661,017. Las metodologías para la producción de etanol a partir de algas también son actualmente factibles. Por ejemplo, el etanol se puede producir usando un proceso de fermentación y separación, tal como el descrito en la Patente de los Estados Unidos No. 7,135,308. En consecuencia, todos estos usos y metodologías están destinados a estar dentro del alcance de esta solicitud.

15 Con referencia adicional a la figura 1, se muestra el generador 290 de calor de gas natural. El generador 290 de calor de gas natural está destinado a servir de respaldo al generador 210 de calor solar y al generador 230 de calor de biocombustible y se mantiene en modo de espera en caso de que los generadores de calor solar y/o biocombustible no estén disponibles (por ejemplo, para mantenimiento, etc.). Aunque generalmente no se considera una fuente de energía "renovable", el generador 290 de calor de gas natural está destinado a proporcionar una fuente de calor de combustión relativamente limpia para las raras ocasiones en que el calentamiento solar y/o de biocombustible no está disponible, y la capacidad de almacenamiento de energía del sistema 218 de almacenamiento de energía térmica es insuficiente para proporcionar la cantidad de calor necesaria para mantener la temperatura deseada del fluido de transferencia térmica, a fin de mantener la fiabilidad operativa del sistema.

20 Por consiguiente, la región 200 de generación de calor del sistema 10 incluye una variedad de generadores de calor respetuosos con el medio ambiente que proporcionan calor para recuperar el agua contaminada de la instalación 110, y también reducen la cantidad de residuos de biomasa que de otro modo serían eliminados de una manera menos deseable, y además ayuda a promover el crecimiento de algas que a su vez se pueden utilizar para producir combustible biodiesel y etanol.

25 Con referencia adicional a la FIGURA 1, el calor generado por la región 200 de generación de calor calienta un fluido de transferencia térmica que circula a través de un circuito 202 de tubería a (y a través) del dispositivo 304 de recolección de contaminantes para convertir el agua contaminada en vapor y separar los contaminantes del agua. El vapor sale de la región 300 de recolección y eliminación de contaminantes a una presión relativamente baja de aproximadamente 5.5-14 bar (80-200 libras por pulgada cuadrada (PSI)), y más particularmente, 6.9-12 bar (100-170 PSI), y aún más particularmente 7.6-10 bar (110-150 PSI) y aún más particularmente 9.0-9.3 bar (130-135 PSI), y se canaliza a la región 400 de generación de energía de vapor y generación de potencia. En la configuración ilustrada, la región 400 de generación de energía y generación de energía de vapor incluye un dispositivo 410 de conversión de energía de vapor que convierte la energía de vapor en una salida mecánica y un generador 480 de energía eléctrica que usa la salida mecánica para generar electricidad. El vapor que se descarga desde el dispositivo de conversión de energía de vapor se dirige luego a la región 500 de recuperación de calor libre donde el vapor se usa para proporcionar calentamiento "libre" a cualquiera de una amplia variedad de cargas de calor asociadas con la instalación o granja. En configuraciones alternativas, la presión del vapor generado en el dispositivo de recolección de contaminantes puede ser mayor o menor, según sea apropiado para un dispositivo de conversión de energía de vapor particular.

30 El dispositivo 410 de conversión de energía de vapor puede ser un motor 420 de vapor de expansión de tipo pistón (mostrado más particularmente en las FIGURAS 4A-4B) que tiene una potencia de kW (HP) de aproximadamente 22 kW (300 HP), (pero puede estar dentro del rango de 3.7-3700 kW (5 HP-5000 HP), y más particularmente dentro del rango de 75-1100 kW (100 HP-1500 HP)) que recibe el vapor de la caldera 304 para la expansión en los cilindros 422 para accionar los pistones 424 y hacer girar un cigüeñal 426 a una velocidad de aproximadamente 300-325 revoluciones por minuto (RPM) para proporcionar la salida mecánica al generador 480 eléctrico. Se ha encontrado que el motor 420 de vapor de tipo pistón es particularmente adecuado para su uso en esta aplicación. debido a su capacidad inherente de tolerar contaminantes (por ejemplo, minerales, sales, sulfatos, orgánicos y desechos químicos, etc.) que pueden acumularse en el vapor del dispositivo de recolección de contaminantes, y por lo tanto es más confiable que otros dispositivos que son menos tolerantes a posibles contaminantes en el vapor suministrado. Además, los componentes del motor 420 que están expuestos a los contaminantes en el suministro de vapor se reemplazan fácil y económicamente, en el caso de que el reemplazo sea deseable. Se proporciona una válvula 428 de control en la entrada de vapor al motor 420, y puede ser una válvula de mariposa manual, o puede ser una válvula operada automáticamente diseñada para abrirse/cerrarse rápidamente (por ejemplo, apertura rápida/cierre automático, etc.) para el control del motor.

55 Refiriéndose más particularmente a la FIGURA 4B, se muestra que el motor 420 de vapor de tipo pistón incluye conjuntos 422/424 de cilindro/pistón, teniendo cada conjunto asociado tubos 430 de transferencia de vapor y cofre 432 de vapor con puerto de entrada de vapor; una válvula 428 de control en forma de válvula de corredera (tal como una válvula D vertical) con balancín 434 y una varilla 436 de conexión acoplada excéntricamente a través de un

cojinete 438 a un árbol 424 de accionamiento; árbol 440 de pistón, prensaestopas 442, placa 444 de guía de pistón, guía 446 de árbol de pistón y brazo 448 de conexión acoplado a un árbol de accionamiento. Los cilindros 422 están provistos en forma de tubo cilíndrico común, que puede tener un diámetro dentro de un intervalo de aproximadamente 15-110 cm (6-42 pulgadas), evitando así ventajosamente la necesidad de cilindros de fundición grandes. La caja 432 de transferencia de vapor se usa en lugar de una tubería de transferencia de vapor convencional, y el bloque puede soldarse o atornillarse al bastidor del motor. La válvula 428 D funciona como una válvula deslizante del tipo de "acción doble" mediante un enlace conectado a un brazo 434 oscilante que está acoplado de forma pivotante a una varilla 436 de conexión que está excéntricamente acoplada al árbol 424 de accionamiento. El varillaje, el balancín y la varilla de conexión excéntricamente acoplada permiten que la válvula "encaje" en su posición, lo que reduce el tiempo transitorio de la válvula y mejora la eficiencia de la entrada/salida de flujo de vapor del cilindro. La varilla 436 de conexión incluye una ranura de balancín de gran tamaño que permite que la varilla de conexión se mueva entre el 5-40% de su recorrido antes de que el balancín 434 se enganche. De este modo, el balancín 434 se acopla en un punto que corresponde a la carrera media de la varilla 436 de conexión, lo que da como resultado un rápido (por ejemplo, "de chasquido", "de tirón", etc.) enlace y apertura/cierre de la válvula 428 D.

Con referencia a la FIGURA 4C-4F, la disposición de orificio de entrada y salida de vapor dentro de la válvula 428 D se muestra de acuerdo con una realización. La válvula D 428 incluye una porción 437 de caja de vapor y un vástago 435 en forma de D deslizable. La caja de vapor incluye puertos 431 de entrada en forma de una fila de aberturas mostradas con forma circular (sin embargo, pueden usarse aberturas que tengan otras formas según realizaciones alternativas). El orificio 433 de escape en la caja 437 de vapor se muestra como un único orificio en forma de un rectángulo alargado y posicionado sustancialmente paralelo en el centro entre las dos filas de aberturas 431 del puerto de entrada. El vástago 435 en forma de D incluye dos brazos 435a, 435b que tienen un material 439 de sello en el extremo de los mismos y están configurados para deslizarse hacia adelante y hacia atrás sobre la superficie de la caja de vapor para cubrir y descubrir los puertos de entrada y los orificios de escape en la secuencia deseada para admitir y extraer el vapor del cilindro 422 asociado cuando el balancín 434 y la varilla 436 de conexión mueven el vástago 435 hacia adelante y hacia atrás en un movimiento de resorte. El solicitante cree que las aberturas de los puertos de entrada proporcionan características mejoradas de flujo de entrada de vapor que proporcionan un rendimiento mejorado del motor de vapor de tipo pistón.

El motor 420 de vapor de tipo pistón incluye un marco 450 que tiene un tamaño de aproximadamente 60 cm (21 pulgadas) de profundidad x 120 cm (48 pulgadas) de ancho por 165 cm (65 pulgadas) de alto, y cilindros 422 que tienen un diámetro de aproximadamente 30 cm (12 pulgadas) y una altura de aproximadamente 30 cm (12 pulgadas). El motor 420 funciona con un suministro de vapor que tiene una presión de aproximadamente 14 bar (200 PSI) y una temperatura de aproximadamente 200°C (400°F) y una tasa de flujo de aproximadamente 1600-2000 kg/hora (3600-4400 lb/hr) y una presión de escape de vapor dentro de un rango de aproximadamente 0.7-5.5 bar (10-80 PSI), para proporcionar una potencia de salida del eje de aproximadamente 220 kW (300 HP) a 325 RPM para una salida eléctrica de aproximadamente 250 KW.

Alternativamente, el dispositivo 410 de conversión de energía de vapor puede ser una turbomáquina tal como un motor de vapor de turbina de tipo disco, y más particularmente tal como una turbina 460 de tipo Tesla modificada (mostrada más particularmente en la FIGURA 5). La turbina 460 convierte la energía cinética de un flujo de fluido (típicamente húmedo o de "baja calidad") del intercambiador 304 de calor en potencia de eje útil dirigiendo el flujo de vapor generalmente paralelo a las caras de una serie de discos 468 de turbina finos giratorios. El flujo de fluido imparte impulso a los discos 468 en la dirección de su rotación por medio de una fuerza de cizalla que actúa a través de una capa límite viscosa unida a las superficies de los discos 468. Dichos discos 468 múltiples están ubicados concéntricamente sobre, y unidos mecánicamente a un eje 470. El conjunto de discos 468 de turbina y árbol 470 se denomina generalmente rotor de turbina. El rotor está montado en cojinetes 466 de baja fricción y contiene disposiciones para acoplar la potencia de salida del eje a un generador 480 eléctrico u otra carga dinámica. El rotor gira sobre un eje fijo con una pequeña holgura dentro de una carcasa 464 cilíndrica. Primero se forma un flujo de fluido en una corriente en chorro bidimensional, cuya anchura es mucho mayor que su espesor. La línea central del chorro se dirige para incidir sobre los discos 468 en una dirección generalmente tangencial, en un lugar cerca de la periferia de los discos 468. Al impartir impulso a los discos 468, el flujo de fluido pierde energía cinética. Debido a que el rotor está contenido en una carcasa 464 que cierra herméticamente evitando el flujo hacia afuera, la pérdida de velocidad resultante hace que el fluido fluya radialmente hacia adentro a través de las caras de los discos 468 y adquiera una componente axial de velocidad, formando un vórtice autoestable. Un patrón de orificios 476 que penetra a través del grosor de los discos 468 centrados en un círculo a una distancia corta del centro de los discos 468 proporciona una trayectoria para acomodar el flujo axial del fluido. Al salir de la pila de discos de turbina, el flujo se dirige a un orificio 472 de escape y se conduce fuera de la carcasa 464 mediante un tubo circular (no mostrado).

Con referencia adicional a la FIGURA 5, la turbina incluye tres componentes o conjuntos principales: un conjunto 465 de carcasa de rotor de boquilla, el conjunto 471 de rotor y el conjunto 466 de carcasa de cojinete de rotor. El conjunto 465 de carcasa de rotor de boquilla incluye una divergencia convergente, boquilla 472 subsónica que penetra a través de la periferia de una carcasa 464 cilíndrica cuyo diámetro interior es ligeramente mayor que el diámetro exterior del conjunto de discos 468. La sección convergente (no mostrada) de la boquilla 472, aguas arriba de la garganta, es circular en sección transversal y es alimentada por (por ejemplo) una sección corta de rosca de tubería. La sección

divergente de la boquilla, aguas abajo de la garganta, es rectangular en sección transversal. La garganta (donde se logra un flujo sónico cercano) es cuadrada en sección transversal. El plano de salida de la boquilla divergente tiene una relación de aspecto de aproximadamente 8 a 1, y tiene una relación de área (relativa a la garganta) de aproximadamente 32 a 1. El semiángulo de divergencia de la boquilla 472 está limitado a aproximadamente 12 grados, con el fin de evitar la separación de flujo y la recirculación antes de que el flujo salga del plano de salida. El chorro de fluido de sección transversal rectangular se dirige a los discos 468 a través de una ventana rectangular que penetra en la carcasa 464, y la boquilla 472 se suelda a la carcasa cilíndrica 464 en una ubicación en la periferia de la carcasa donde el ángulo de contacto entre la boquilla y la coraza es de aproximadamente 45 grados. Un extremo de la carcasa 464 termina en una pared fija que contiene cojinetes 466 de bolas sellados, y el otro extremo de la carcasa termina en una pared fija con un puerto 474 de escape circular situado en el eje.

El conjunto 471 de rotor incluye una serie de discos 468 grandes (por ejemplo, discos de potencia, etc.) y discos 469 pequeños (por ejemplo, "discos espaciadores", etc.) colocados en una secuencia alterna en un eje 470. Ambas variedades de discos tienen un orificio central a través de su espesor, permitiendo un ajuste de deslizamiento de precisión sobre el eje 470. Los discos 468 de potencia tienen un diámetro exterior elegido de manera que su velocidad de borde, en condiciones operativas nominales es aproximadamente igual a la tasa de flujo de fluido que emana de la boquilla 472. Los discos 468 de potencia tienen un grosor igual a aproximadamente 1/64 de su diámetro. Los discos 468 de potencia también tienen un patrón de orificios 476 circulares ("orificios de flujo axial") perforados a través del disco 468 centrado en un círculo concéntrico con el eje 470 con un diámetro de aproximadamente 1/3 del tamaño del diámetro exterior del disco 468. El diámetro de los orificios de flujo axial se elige de manera que la suma de las áreas de la sección transversal del patrón de orificios sea aproximadamente igual al área de escape de la boquilla. Los discos espaciadores tienen un diámetro tal que sus bordes exteriores son tangentes a los bordes interiores de los orificios 476 de flujo axial y no los ocluyen, cuando se ven axialmente. El grosor de los discos 469 espaciadores se elige para que sea dos veces el grosor de la capa límite efectiva del fluido en las condiciones nominales de velocidad de diseño, viscosidad y densidad. El número de discos 468 de potencia y discos 469 espaciadores se elige de manera que la pila resultante de discos tenga una altura aproximadamente igual a su diámetro. La pila de discos se sujeta en el eje de potencia en una unidad rígida por la acción de 3 pernos 473 de extracción situados en orificios circulares que se extienden a lo largo de la pila y se extienden en los cubos situados en ambos extremos de la pila. Los orificios de perno de extracción están situados en un círculo de perno con un diámetro igual a aproximadamente 1/5 del diámetro de los discos 468 de potencia. Los engarces de bloqueo de forma cónica (no mostrados) se utilizan para fijar los cubos en cada extremo de la pila en el árbol 470 y transmitir el par desde la pila de rotor al árbol 470. Un engarce de bloqueo de forma cónica (no mostrado) se usa en el extremo del árbol 470 de rotor para conectar un piñón de accionamiento (no mostrado) al árbol 470.

El conjunto 466 de cojinete de rotor incluye una coraza 475 cilíndrica corta de aproximadamente el mismo diámetro que la carcasa 464 con una pared de membrana sólida unida a través de un diámetro. La pared de la membrana proporciona una barrera positiva al flujo de fluido, que fuerza a todo el fluido a salir de la carcasa 464 en el escape 474. La pared de la membrana también tiene un orificio axial de diámetro suficiente para permitir el espacio libre para la protuberancia del eje 470 a través de él y orificios para pernos para la fijación de conjuntos de cojinetes de bolas. Un par de cojinetes 477 de bolas están unidos con sujetadores roscados a cada lado de la pared de la membrana (se muestra solo un cojinete de bolas para mayor claridad) y un extremo del eje 470 sobresale a través de los cojinetes. El conjunto 466 de cojinete proporciona así una ubicación cinemática determinada del rotor con relación a la carcasa del rotor y permite que el rotor gire sobre su eje con una pérdida mínima de fricción.

Los discos 468 están formados de acero inoxidable 316 que está destinado a resistir el comado y mejorar la longevidad de los discos, sin embargo, los discos pueden estar hechos de otros materiales adecuados tales como cerámicas de alta temperatura, etc. El tamaño de abertura 474 del puerto de escape puede ser cambiado (modificado, etc.) para corresponder a una caída de presión deseada a través de los discos, como dentro de un rango de aproximadamente 25-90% de la presión de suministro. La turbina 460 está prevista para funcionar a RPM relativamente altas. Por ejemplo, un rotor de 23 kg (50 lb) con discos con un diámetro de aproximadamente 30 cm (12 pulgadas) destinado a funcionar a una velocidad nominal de aproximadamente 15,000 RPM. Los solicitantes también creen que la turbina de tipo Tesla es particularmente adecuada para la aplicación de recuperación de agua debido a su capacidad inherente para manejar (o acomodar) posibles contaminantes en el vapor, y su característica de tener solo una sola pieza móvil. De acuerdo con realizaciones alternativas, se pueden usar otros dispositivos de conversión de energía de vapor para proporcionar una salida mecánica a un generador eléctrico, tal como, por ejemplo, cualquiera de una variedad de turbinas de tipo impulsivo.

Con referencia adicional a la FIGURA 1, también se muestra que la región 400 de generación de energía y conversión de energía de vapor incluye un primer separador 486 de vapor de humedad (por ejemplo, corriente arriba) en un lado de entrada del dispositivo 410 de conversión de energía de vapor para ayudar a reducir la humedad que se arrastra con el vapor desde el dispositivo 304 de recolección de contaminantes. El separador 486 también ayuda ventajosamente a capturar contaminantes que se arrastran con el vapor, y puede recogerse de la parte de drenaje del separador 486. De acuerdo con una realización, un análisis químico de una muestra del líquido y contaminantes separados del vapor por el sistema indicó un TDS de aproximadamente 62,100 mg/L. Un segundo (por ejemplo, "corriente abajo") separador 488 de vapor de humedad se muestra en el lado de escape del dispositivo 410 de

conversión de energía de vapor para ayudar a eliminar la humedad del vapor agotado antes de dirigir el vapor a la región 500 de recuperación de calor libre del sistema 10.

5 La salida mecánica del dispositivo 410 de conversión de energía de vapor se usa para hacer girar un generador 480 eléctrico para generar electricidad. Preferiblemente, la cantidad de electricidad generada es suficiente para alimentar todo el equipo operado eléctricamente en el sistema (por ejemplo, válvulas, motores, actuadores, dispositivos de control, etc.) de modo que el sistema sea autosostenible eléctricamente. De acuerdo con una realización, la salida eléctrica del generador(es) del sistema es aproximadamente de dos (2) mw. La instalación o la granja pueden usar energía eléctrica excedente para satisfacer (o al menos satisfacer parcialmente) sus propias necesidades de suministro de electricidad, o puede venderse a un proveedor local de servicios públicos o electricidad de acuerdo con las leyes y regulaciones locales.

15 Con referencia adicional a la FIGURA 1, después de que el vapor sale del separador 488 corriente abajo se dirige a un cabezal 510 de suministro en la región 500 de recuperación de calor libre donde proporciona vapor "libre" para calentar cualquiera de una amplia variedad de cargas 520 de calor típicamente asociadas con la instalación, la operación o la granja 110. Por ejemplo, las cargas de calor pueden disponerse en una configuración paralela e incluir cargas tales como: calentamiento de un suministro de agua potable o doméstica; y calentamiento para una operación de lavandería; y calentamiento para operaciones de procesamiento de alimentos, y calentamiento para un dispositivo de destilación de etanol; y calentamiento para equipos de procesamiento de productos lácteos; y una mayor evaporación de compost. En consecuencia, todas las cargas de calor que pueden suministrarse ventajosamente con "calor libre" del proceso de recuperación de agua están destinadas a estar dentro del alcance de esta divulgación.

20 Después de proporcionar calor libre para las cargas 520 de calor, el vapor es típicamente una mezcla de líquido y vapor de baja calidad y se descarga a un colector 530 de descarga que dirige el vapor a la región 600 de retención y liberación de agua recuperada como se muestra en la FIGURA 1 según una realización a modo de ejemplo. Se muestra que la región 600 de retención y liberación de agua recuperada incluye un condensador 610 y un estanque 620 de evaporación, y una estación 630 de filtro y un punto 640 de liberación. El vapor recibido del colector 530 de descarga de la región 500 de recuperación de calor libre está dirigido a través de un condensador 610 (por ejemplo, en un lado del tubo del condensador) para condensar cualquier vapor restante para devolver el vapor a un estado líquido en forma destilada y que ahora tiene una concentración de contaminante que cumple o excede los requisitos regulatorios de limpieza (en lo sucesivo 'agua regenerada'). Según un ejemplo, un análisis químico de una muestra del agua recuperada del estanque 620 de evaporación y procesada por el sistema 10 indica un TDS de aproximadamente 140 mg/l, que representa una reducción media de TDS de aproximadamente el 98.7 por ciento (%) de la muestra promedio de agua contaminada de la instalación 110. Se puede proporcionar agua de refrigeración para el condensador 610 desde el tanque 140 de almacenamiento, desde el reservorio 120 de retención de agua contaminada, desde el estanque 620 de evaporación, u otra fuente adecuada.

35 El agua recuperada se dirige luego al estanque 620 de evaporación, donde se retiene para probar y recoger cualquier contaminante restante (por ejemplo, mediante evaporación, cribado, etc.). De manera similar al reservorio 120 de retención de agua contaminada, el estanque 620 de evaporación se forma en una sección de terreno relativamente llana exterior y adyacente a la instalación 110, e incluye una berma de aproximadamente dos (2) pies de altura y define un perímetro que rodea un área de aproximadamente 230 m² (2,500 pies cuadrados) (aunque se pueden usar otros tamaños para adaptarse a los requisitos del proceso de una instalación en particular). Se proporciona una membrana duradera, robusta e impermeable (por ejemplo, capa, lámina, etc.) de material en el suelo cerrado y sobre la berma para formar el estanque 620 de evaporación. La membrana impermeable puede estar hecha de poliuretano con un espesor de aproximadamente 1.5 mm (60 mils) y está disponible comercialmente en B&B Supply of Fresno, California. La membrana es preferiblemente de color negro para mejorar el calentamiento solar del agua regenerada en el estanque de evaporación para promover la evaporación del agua recuperada.

45 Se puede permitir que el agua recuperada regrese al medio ambiente en forma de vapor evaporándose a la atmósfera, y/o en forma líquida regresando a la instalación o granja para su uso reciclado o liberación directa al medio ambiente (por ejemplo, tubería de drenaje, corriente, afluente, etc.). De acuerdo con una realización preferida, el agua recuperada que se libera en forma líquida se dirige a través de una estación 630 de filtración final y una estación 640 de muestreo de puntos de control de calidad para asegurar la limpieza adecuada.

50 El sistema también incluye un sistema 700 de control, que incluye un dispositivo 710 de control tal como un microprocesador o controlador lógico programable o similar configurado para recibir, desde la instrumentación 720 apropiada, señales que son representativas de los diversos parámetros asociados con el funcionamiento del sistema 10. La instrumentación incluye dispositivos de detección de temperatura (por ejemplo, termopares, RTD, termistores y similares), dispositivos de detección de presión (por ejemplo, medidores, transductores, etc.), dispositivos de detección de flujo (por ejemplo, transductores de flujo de presión diferencial, etc.), velocidad de rotación dispositivos de detección (por ejemplo, tacómetro, etc.), medidores de potencia eléctrica (por ejemplo, medidores de voltios, vatios y amperios, etc.) y sensores de nivel (por ejemplo, lentes de posición, transductores de nivel de presión diferencial, etc.). Los parámetros asociados con la operación del sistema 10 que son monitorizados por la instrumentación 720 y controlados por el dispositivo 710 de control incluyen:

ES 2 662 357 T3

- (a) nivel de agua en el reservorio 120 de retención de agua contaminada y/o el tanque 140 de almacenamiento,
- (b) tasa de flujo de agua contaminada a la región 300 de recolección y eliminación de contaminantes,
- (c) presión y temperatura del agua/vapor contaminados en el dispositivo 304 de recolección de contaminantes,
- (d) nivel del agua contaminada en el dispositivo 304 de recolección de contaminantes,
- 5 (e) temperatura y tasa de flujo del fluido de transferencia térmica que circula en el circuito 202 de tuberías entre los generadores de calor 210/230/290 y el dispositivo 304 de recolección de contaminantes,
- (f) temperatura del fluido de transferencia térmica que entra y sale del tubo 214 colector, y temperatura del fluido de transferencia térmica en el reservorio 218 solar,
- (g) masa de biocombustible que queda en el dispositivo 240 de almacenamiento de biocombustible,
- 10 (h) tasa de entrega de biocombustible a la cámara de combustión,
- (i) posición de las válvulas del sistema (es decir, abierto, cerrado, estrangulado, etc.),
- (j) temperatura y presión del vapor que entra en el dispositivo 410 de conversión de energía de vapor,
- (k) velocidad de rotación de la salida mecánica del dispositivo 410 de conversión de energía de vapor,
- (l) temperatura y presión del vapor que sale del dispositivo 410 de conversión de energía de vapor,
- 15 (m) temperatura y presión del vapor que sale de las cargas 520 de calor,
- (n) nivel de agua en el estanque 620 de evaporación, y
- (o) tasa de flujo del agua regenerada que se libera desde el punto 640 de liberación.

20 El sistema 700 de control usa una estrategia de control de dos o tres elementos para controlar el nivel de agua contaminada en la caldera 304 para separar y recoger los sólidos en la caldera 304. La diferencia entre el control de dos elementos y tres elementos depende del número de variables de proceso medidas y para controlar el nivel de agua contaminada en la caldera 304 proporcionando una señal de salida para modular la posición de una válvula 132 de control en el suministro de agua contaminada a la caldera 304. Estas variables de proceso medidas incluyen: nivel de líquido en la caldera 304, flujo de agua contaminada a la caldera 304 y flujo de vapor que sale de la caldera 304.

25 El sistema 700 de control opera para mantener el nivel de líquido en la caldera 304 para asegurar que el nivel de líquido permanezca lo suficientemente bajo como para proporcionar un volumen de desacoplamiento adecuado por encima del líquido, y lo suficientemente alto como para asegurar que haya agua presente en cada tubo 316 de generación de vapor en la caldera 304, lo que resulta típicamente en un intervalo relativamente estrecho en el que el nivel de líquido en la caldera 304 debería mantenerse para un rendimiento óptimo.

30 El suministro de agua contaminada utilizada para mantener el nivel de líquido en la caldera proviene del reservorio 120 de retención de agua contaminada y se lleva a la presión operativa de la caldera 304 por una o más bombas 130 como se muestra en la FIGURA 1. El sistema 700 de control incluye dispositivos de control de caldera adecuados, tales como un controlador de nivel, y un controlador de flujo (no mostrado).

35 En una estrategia de control en cascada de control de dos elementos (nivel de líquido de la caldera a flujo de agua de alimentación), el controlador de nivel decide si necesita más o menos flujo del agua contaminada a la caldera 304. El controlador de nivel transmite su flujo objetivo como un punto establecido al controlador de flujo. El controlador de flujo luego decide cuánto abrir o cerrar la válvula de control a medida que la presión de suministro oscila para cumplir con el objetivo del punto establecido. Al colocar esta tasa de flujo de agua de alimentación en un circuito de control de flujo rápido, el controlador de flujo detectará cualquier variación en las condiciones de suministro que produzca un cambio en el flujo del suministro de agua contaminada a la caldera 304. El controlador de flujo ajustará la posición del control

40 válvula para restablecer el flujo a su punto de referencia antes de que el nivel de líquido de la caldera 304 se vea sustancialmente afectado. El controlador de nivel es el controlador primario (a veces denominado controlador maestro) en esta cascada, ajustando el punto de ajuste del controlador de flujo, que es el controlador secundario (a veces identificado como el controlador esclavo).

45 En una estrategia de control de tres elementos, el tercer elemento en el sistema de control es la tasa de flujo de vapor que sale de la caldera 304, y es útil para abordar la variación de la demanda de las cargas de vapor aguas abajo de

la caldera 304 (por ejemplo, el dispositivo 410 de conversión de energía de vapor, etc.). Midiendo el flujo de vapor que sale de la caldera 304, la magnitud de los cambios de demanda puede usarse como una señal de avance hacia el controlador de nivel. La señal de avance puede agregarse a la salida del controlador de nivel para ajustar el punto de ajuste del controlador de flujo, o puede agregarse a la salida del controlador de flujo para manipular directamente la válvula de control. Los sistemas de control pueden agregar la señal de avance en la salida del controlador de nivel al punto de ajuste del controlador secundario (flujo de agua de alimentación) para eliminar la necesidad de caracterizar la señal de avance para que coincida con la característica de la válvula de control. Alternativamente, se puede calcular la diferencia entre el flujo de vapor de salida y el flujo de agua de entrada. El valor de diferencia se agrega directamente a la señal de punto de ajuste al controlador de flujo de agua de alimentación. Por lo tanto, si el flujo de vapor fuera de la caldera 304 aumenta repentinamente al arrancar el dispositivo 410 de conversión de energía de vapor (por ejemplo), el punto de ajuste al controlador de flujo de agua de alimentación aumenta en la cantidad del aumento de flujo de vapor medido. De manera similar, una caída repentina en la demanda de vapor causada por la detención de una de las cargas de vapor corriente abajo producirá una caída correspondiente en el flujo de suministro de agua contaminada a la caldera 304 sin producir ninguna perturbación significativa al control de nivel de la caldera.

De acuerdo con cualquier configuración que utilice una estrategia de control de dos elementos o de tres elementos, el sistema 700 de control supervisa las variables o parámetros de proceso apropiados y proporciona las señales de salida apropiadas para controlar el nivel de agua contaminada en la caldera 304. El sistema 700 de control también controla la temperatura del fluido de transferencia térmica que entra y sale de la caldera 304 y ajusta la tasa de flujo y/o la temperatura del fluido de transferencia térmica para mantener la temperatura deseada y la velocidad de ebullición/evaporación dentro de la caldera 304. El sistema 700 de control puede designar el generador 210 de calor solar como el generador de calor primario o de plomo para calentar el fluido de transferencia térmica para la circulación a la caldera 304, y complementar según sea necesario (por ejemplo, en condiciones nubladas, nocturnas, etc.) con calor proporcionado por el biocombustible por el generador 230 de calor (por ejemplo, como un generador de calor "secundario") para mantener una temperatura deseada a una tasa de flujo de flujo térmico correspondiente. Por ejemplo, el sistema 700 de control controla la temperatura del fluido de transferencia térmica en el tanque 218 de retención calentado por el sol y cambia el funcionamiento al generador 230 de calor de biocombustible cuando la temperatura del fluido disminuye por debajo de un punto de referencia predeterminado (por ejemplo, $237,8^{\circ}\text{C} = 460^{\circ}\text{F}$ u otra temperatura adecuada para una aplicación particular), como podría ocurrir durante períodos nublados prolongados o durante la madrugada, tarde en la tarde y en la noche, y cambiar el funcionamiento al generador 210 de calor solar cuando la temperatura del fluido de transferencia térmica en el tanque 218 de mantenimiento calentado por el sol aumenta por encima del punto de referencia predeterminado (por ejemplo, durante condiciones de sol prolongadas, etc.).

En el caso de que sea necesaria una mayor capacidad de calentamiento para mantener la temperatura deseada del fluido de transferencia térmica, el sistema 700 de control está configurado para operar el calentador 290 de gas natural como fuente de calor de respaldo para el sistema 10. En consecuencia, el sistema 700 de control monitoriza las señales representativas de la temperatura del fluido de transferencia térmica y proporciona las señales de salida correspondientes necesarias para controlar el funcionamiento de los generadores de calor apropiados, incluyendo válvulas de aislamiento de apertura/cierre para cada generador de calor, controlando la velocidad de la bomba de fluido de transferencia térmica, arrancar/ detener el dispositivo 230 de combustión de biocombustible y el almacenamiento 240 de biocombustible y el transportador 242 de alimentación, y poner en marcha/detener el calentador 290 de gas natural. Por consiguiente, todas las características de dicho sistema de control están dentro del alcance de esta solicitud.

Con referencia ahora a las FIGURAS 12-14, se muestra otro sistema para la recuperación de agua. El sistema se muestra, por ejemplo, como un sistema 800 de tratamiento de agua solar / biomasa de $0.075 \text{ m}^3/\text{min}$ (20 GPM) (o más) para procesar aguas residuales tales como aguas residuales municipales que pueden incluir contaminantes como material de aguas cloacales. El sistema 800 incluye un campo 810 de matriz solar que comprende aproximadamente 72 paneles 812 colectores solares que abarcan aproximadamente 2 acres para proporcionar una fuente de calor alimentada por energía solar, dos (2) intercambiadores 814 de calor de aproximadamente 110 kW (150 HP) para recibir el calor de la fuente de calor de la energía solar (y una fuente de calor de biomasa) y vaporización del agua residual y la recolección de contaminantes, y un motor 820 de vapor de 220 kW (300 HP) que impulsa generadores 824 capaces de producir aproximadamente al menos aproximadamente 150 kilovatios (KW) de electricidad. El sistema 800 de acuerdo con la realización también está destinado a generar aproximadamente 1200 kWh (4M BTU) de calor de proceso por hora, que proporcionará los requisitos de calor necesarios para un sistema de descarga de líquido cero (ZLD). Se puede encontrar un uso adicional para el calor, por ejemplo, en un pequeño sistema de procesamiento de etanol u otra aplicación adecuada. Sin embargo, se pueden proporcionar otros tamaños, capacidades y características. Todas estas variaciones pretenden estar dentro del alcance de esta divulgación.

El sistema 800 puede configurarse para procesar un mínimo de aproximadamente $0.075 \text{ m}^3/\text{min}$ (20 GPM) de agua, tal como agua de drenaje de riego o agua residual municipal provista al sistema por un proveedor, tal como un distrito de agua municipal. Complementario al procesamiento del agua de drenaje, el sistema 800 también genera electricidad y calor de proceso para el uso del sistema y otras aplicaciones. El sistema y el método para la recuperación de agua

ES 2 662 357 T3

de acuerdo con la realización ilustrada incluye (entre otros) las etapas de destilación térmica, producción de energía térmica, generación de energía y descarga de líquido mínima o nula.

5 Se muestra que los componentes del circuito de destilación térmica incluyen (entre otros), un filtro 802 autolimpiador (aproximadamente 75 micras u otro tamaño adecuado), un tanque 804 de almacenamiento de agua de alimentación (aproximadamente 19m³ (5000 galones) u otro tamaño adecuado), bombas 806 de control de flujo variable de agua de alimentación de caldera (mostradas, por ejemplo, como 1 bomba de servicio y 1 bomba de reserva), un intercambiador 808 de calor montado en pila (destinado a precalentar el agua de alimentación de la caldera a una temperatura de aproximadamente 93°C), calderas 814 (mostradas, por ejemplo, como 2 calderas que tienen una capacidad de aproximadamente 110 kW (150 Hp) cada una para vaporizar el agua de alimentación y recoger los contaminantes del agua de alimentación), separadores 816 de vapor (mostrados por ejemplo como 1 por caldera, pero se puede usar cualquier número), tanque 830 de agua de producto de condensación (que tiene una capacidad de aproximadamente 15 m³ (4.000 galones)), bombas 832 de agua de producto (mostradas por ejemplo 1 bomba de servicio y 1 bomba de reserva) y 834 filtros de presión (mostrados para ejemplo como 2 filtros que tienen una capacidad de aproximadamente 0.075 m³/min (20 GPM) cada uno).

15 De acuerdo con la configuración ilustrada, un suministro de agua contaminada de una fuente (por ejemplo, granja, instalación, distrito de agua municipal, etc.) pasa a través del dispositivo 802 de filtro autolimpiante que tiene un filtro de 75 micrómetros antes de entrar en el tanque 804 de almacenamiento de agua de alimentación. Desde el tanque 804 de almacenamiento de agua de alimentación, el agua es bombeada a las calderas 814 por la bomba 806 de agua de alimentación a una presión suficiente para compensar la presión de vapor producida en las calderas 814. El agua de alimentación se pasa a través del intercambiador 808 de calor instalado en la pila de un dispositivo de fuente de calor mostrado como un quemador 840 de biorreactor (que se describirá adicionalmente en este documento) o en la corriente de escape de los motores de vapor (que se describirá adicionalmente en el presente documento) que precalienta el agua de alimentación para una temperatura de aproximadamente 93°C (200°F) antes de entrar en las calderas 814. El agua se calienta en las calderas 814 a una temperatura de aproximadamente 186°C (400°F) por calor transferido desde un fluido de transferencia térmica calentado en el quemador 840 de biorreactor o la matriz 810 de panel solar y, a continuación circula a través del lado de la coraza de las calderas 814. Las calderas 814 producir vapor saturado a una presión de aproximadamente 14 bar (200 libras por pulgada cuadrada (psi)). Durante la vaporización del agua de alimentación en las calderas 814, se produce vapor presurizado en un área superior de los tubos de las calderas, mientras que los contaminantes en el agua se concentran en el área inferior de la caldera 814 y los tubos de evaporación. Los contaminantes tales como lodo concentrado de aguas residuales se acumulan como sólidos, que se eliminan de la caldera 814 en forma de una suspensión altamente concentrada. Las calderas 814 también están construidas de manera que las cubiertas superior e inferior se pueden quitar fácilmente para permitir que los tubos se limpien.

35 Aunque muchos contaminantes se recogerán típicamente en las calderas 814, ciertos contaminantes pueden transportarse en el flujo de vapor de las calderas 814. El vapor pasa a través del separador 816 de vapor donde se separan los contaminantes y el agua salpicada para proporcionar vapor "limpio", mientras que la corriente de desechos remanente se transporta a un dispositivo 860 de evaporador instantáneo de concentrado.

40 El vapor limpio pasa a través de una salida superior del separador 816 de vapor y se transporta a un motor 820 de vapor. El vapor de escape del motor 820 de vapor fluye luego a una carga térmica de proceso, tal como una placa calefactora del evaporador 860 instantáneo concentrado donde la energía térmica residual en el vapor se usa en el proceso de evaporación instantánea. A partir del evaporador 860 instantáneo de concentración, el vapor entra luego en el tanque 830 de agua del producto de condensación donde se almacena y se bombea desde el sitio a un canal de irrigación (u otra ubicación adecuada, no mostrada). De acuerdo con una realización, se puede proporcionar una filtración posterior en la línea de agua del producto para capturar cualquier contaminante restante en forma de partículas.

En ciertas aplicaciones, el total de sólidos disueltos dentro del agua del producto final típicamente estará por debajo de aproximadamente 500 mg/L y se mantendrá dentro de un rango de aproximadamente 350 mg/L a 750 mg/L.

50 Se muestra que los componentes de producción de energía térmica de acuerdo con una realización a modo de ejemplo incluyen (entre otros) colectores 812 cilíndricos parabólicos solares (mostrados, por ejemplo, como 72 matrices que tienen un tamaño de aproximadamente 6.1 m (20 pies) de largo y 4.9 m (16 pies) de ancho, sin embargo, se pueden usar otros números y tamaños), tanques 818 de fluido de transferencia de calor aislados (mostrados por ejemplo como 2 tanques uno para el fluido caliente recibido de las matrices solares en un circuito de fluido caliente para calentar las calderas, y uno para fluidos relativamente fríos devueltos desde las calderas en un circuito de fluido frío a las matrices solares), bombas 822 de flujo variable controlado por flujo térmico (mostradas por ejemplo como 2 conjuntos que incluyen cada uno bombas de operación y reserva, 1 conjunto para el circuito de fluido caliente y el otro configurado para el circuito de fluido frío), un quemador 840 de biorreactor (para calentar el fluido de transferencia térmica durante los períodos en que la energía solar no está disponible o de lo contrario insuficiente), y un filtro 844 de bolsa para recuperar cualquier ceniza en la chimenea de escape.

- La energía solar es aprovechada por un campo 810 solar que comprende una matriz solar de 72 colectores 812 solares parabólicos reflectivos de un tamaño adecuado tal como 6.1 m (20 pies) de largo y 4.9 m (16 pies) de ancho. De acuerdo con una realización, los colectores 812 se muestran alineados en filas de 18 con un sistema de accionamiento de seguimiento y posicionamiento central para toda la fila. Cada fila de colectores 812 está posicionada en una
- 5 alineación generalmente norte-sur con un espaciado de aproximadamente 12.2 m (40 pies) entre las líneas centrales de cada fila. El sistema DE accionamiento de seguimiento y posicionamiento central rastrea el sol desde la mañana hasta la noche. Al final de cada día, cuando el sistema de seguimiento "pierde" el sol, devolverá la alineación de los colectores 812 a una posición preestablecida de la mañana, lista para el día siguiente. En ciertas aplicaciones, la matriz solar está diseñada para producir aproximadamente 1400 kW (4.8 MMBTU/h) durante los períodos soleados o
- 10 aproximadamente 2600 MWh/año (8.9 mil millones de BTU/año). El método para transferir el calor del sistema solar es a través de la circulación del fluido de transferencia térmica que comprende un fluido a base de parafina no tóxico con una temperatura nominal de aproximadamente 315°C (600°F). Los paneles 812 de matriz solar están contruidos para diseñar estándares destinados a soportar vientos de aproximadamente 160 (o más) km/h (100 (o más) MPH) y son resistentes al granizo y al polvo.
- 15 El quemador 840 de biorreactor está diseñado para gasificar y quemar limpiamente un material de biomasa, particularmente un material de desecho agrícola o municipal. El quemador 840 de biorreactor está diseñado para funcionar a una temperatura de aproximadamente 815°C (1500°F) con el fin de minimizar (o eliminar) las emisiones térmicas de NOx. El quemador 840 de biorreactor está diseñado para ser totalmente automático y está equipado con características de seguridad tales como un corte de alta temperatura, sensores de calor exteriores y una advertencia
- 20 de temperatura de aceite alta (entre otros). El quemador 840 de biorreactor está diseñado para autolimpieza y requiere muy poco mantenimiento. Una porción de caja 842 de fuego del quemador 840 de biorreactor se puede construir de ladrillo de fuego de alta temperatura y placa de cerámica de alta temperatura. El quemador 840 de biorreactor también emplea un sistema de recirculación de gases de combustión para reducir aún más el NOx y otros contaminantes. El quemador 840 de biorreactor también puede tener una capacidad para suministrar aproximadamente 4.7 MW (16 MMBTU /hora) a un intercambiador 846 de calor integrado verticalmente dispuesto por encima de la cámara de combustión para calentar el fluido de transferencia térmica. El quemador de biorreactor también incluye características
- 25 tales como boquilla de caja de disparo y chorros direccionales en la caja de fuego (como se describió previamente). De acuerdo con una realización, el quemador 840 de biorreactor consumirá aproximadamente 900 kg/h (2000 lb/h) de material de biomasa. El quemador 840 de biorreactor también incluye una tolva 848 que es capaz de contener hasta
- 30 aproximadamente 18 t (20 toneladas) de material de biomasa (que corresponde a aproximadamente 2.5 días en combustible para ciertas aplicaciones). El material de biomasa puede incluir una amplia variedad de materiales, como lodo de aguas residuales (como un ejemplo de un combustible derivado de desperdicios) que el sistema recupera del agua recuperada en la aplicación de tratamiento de aguas residuales municipales y luego se seca en el concentrador/evaporadores u otros materiales como descrito previamente.
- 35 Se muestra que los componentes de generación de potencia de acuerdo con una realización a modo de ejemplo incluyen (entre otros), un motor 820 de vapor (que tiene una clasificación a modo de ejemplo de aproximadamente 220 kW (300 HP), sin embargo, se pueden proporcionar otras clasificaciones o múltiples motores de vapor), y un generador 824 eléctrico de CA (tal como un generador de CA trifásico que tiene una clasificación de aproximadamente 150kw).
- 40 La generación de energía se realizará dirigiendo el vapor presurizado (por ejemplo, a una presión de aproximadamente 15 bar (200 psig) u otra presión adecuada) desde las calderas 814 al motor 820 de vapor. El motor 820 de vapor utiliza, por ejemplo, aproximadamente 4500 kg/h (10,000 lb/h) de vapor a aproximadamente 200°C (400°F) en operación normal y es preferiblemente auto lubricante. El motor de vapor puede ser un motor de tipo pistón (como se describió anteriormente) con dos pistones de 30 cm (12 pulgadas) de diámetro que tienen una carrera de
- 45 aproximadamente 25 cm (10 pulgadas) y funciona a una velocidad de rotación de aproximadamente 300 RPM. Alternativamente, el motor de vapor puede ser una turbina de tipo Tesla (como se describió previamente). La salida del motor 820 de vapor puede transportarse mediante un árbol de accionamiento de 5 cm conectado a un dispositivo de transmisión 826, tal como un engranaje de Cleveland (que tiene una relación de engranaje de aproximadamente 12:1) que alimenta el generador de CA 824.
- 50 La porción de descarga de líquido cero del sistema está diseñada para reducir la humedad restante (por debajo del 50%) en el concentrado que se descarga desde el separador 816 de vapor y la purga de las calderas 814. El sistema ZLD se muestra a modo de ejemplo para incluir un dispositivo 860 concentrado de evaporación instantánea que tiene bandejas 862 de secado de planchas sustancialmente planas que utilizan el calor (por ejemplo a una temperatura de
- 55 aproximadamente 150°C (300°F)) proporcionado por el escape de los motores 820 de vapor. Las bandejas 862 de secado están destinados a autolimpieza y están configurados para depositar los sólidos en un contenedor 864. Las bandejas 862 de secado también se pueden usar para la separación de las diferentes especies de minerales que se encuentran en el agua. Se espera que el sistema ZLD produzca aproximadamente una tonelada de sólidos por día en ciertas aplicaciones. En una aplicación donde el agua regenerada es agua residual municipal, los sólidos producidos pueden comprender material de lodo cloacal seco, que también se puede usar como fuente de combustible en el
- 60 quemador de biorreactor. En una aplicación, los lodos cloacales secos pueden transferirse directamente de los

ES 2 662 357 T3

contenedores 864 a la tolva 848 del quemador 840 de biorreactor (por ejemplo, mediante un transportador adecuado o similar).

5 De acuerdo con la configuración ilustrada del sistema de recuperación de agua que se muestra en las FIGURAS 12-14, el sistema 800 generalmente ocupará un área de aproximadamente 6 mx 12 m (20 pies x 40 pies) para las calderas y las máquinas de vapor, y el quemador del biorreactor y los tanques de fluido de transferencia térmica generalmente ocuparán un área de aproximadamente 6 mx 7.5 m (20 pies x 25 pies). Las conexiones adecuadas para usar en la conexión de los componentes del sistema generalmente muestran una línea 803 de agua de diámetro interno de 5 cm (2 pulgadas) desde el tanque 804 de almacenamiento de agua de alimentación a la caldera 814, una línea 833 de 5 cm (2 pulgadas) del tanque 830 de agua del producto de condensación al destino del agua producida (por ejemplo, canal de irrigación, etc.), y un panel de 200 amp para las bombas y ventiladores del sistema. Si la electricidad de los generadores 824 debe ser medida neta, se proporciona una conexión a un panel eléctrico.

10 El agua "tratada" será recuperada por un condensador, y luego dirigida al tanque 830 de agua producida del condensador y finalmente al canal de irrigación (u otra ubicación adecuada).

15 La recuperación estimada de sólidos producidos por el sistema (composición que incluye el contenido de humedad y la eliminación recomendada) será de aproximadamente 900 kg (2000 libras) por día con un contenido de humedad del 50% o menos. Los sólidos que pueden separarse en diferentes especies están destinados a ser desechados en un sitio de relleno de tierra Clase 1.

Con referencia a la FIGURA 2, se muestra que un método 900 de recuperación de agua de una instalación de proceso o granja (u otra fuente adecuada) incluye los siguientes pasos (entre otros posibles pasos):

20 (a) 902 -construir un reservorio de retención de agua contaminada para recibir agua contaminada de una instalación, operación, granja u otra fuente adecuada,

(b) 904-entregar el agua contaminada a una estación de recolección y eliminación de contaminantes que tenga una estación de filtrado y un dispositivo de recolección de contaminantes,

25 (c) 906-filtrar el agua contaminada en la estación de filtrado y calentar el agua contaminada en el dispositivo de recolección de contaminantes para convertir el agua contaminada en vapor y separar los contaminantes del agua contaminada,

(d) 908-calentar un fluido de transferencia térmica en al menos uno de un generador de calor solar y un generador de calor de biocombustible y hacer circular el fluido de transferencia térmica calentado al dispositivo de recolección de contaminantes para convertir el agua contaminada en vapor,

30 (e) 910: eliminar los contaminantes separados del dispositivo de recolección de contaminantes

(f) 912: dirigir el vapor desde el dispositivo de recolección de contaminantes a un dispositivo de conversión de energía de vapor para proporcionar una salida mecánica controlada,

(g) 914-generar electricidad utilizando la salida mecánica,

35 (h) 916: dirigir el vapor del dispositivo de conversión de energía de vapor a una o más cargas de calor asociadas con la instalación, operación o granja, y

(i) 918-condensar el vapor y dirigir el condensado destilado, como agua regenerada, a un estanque de evaporación para liberarlo en el medio ambiente o reutilizarlo en la instalación, operación o granja.

40 (j) 920-dirigir los gases de escape del generador de calor de biocombustible a un tanque de cultivo de algas para burbujear dióxido de carbono a través del agua para promover el crecimiento de algas; y cosechar las algas del tanque; y presionar las algas para extraer el aceite; y convertir el aceite de algas en biodiesel y etanol, y

(k) 922-precipitar y extraer ciertos productos químicos tales como sulfato de calcio y sulfato de sodio (u otros productos químicos deseables) del agua del estanque de evaporación.

45 Sin embargo, se pueden incluir uno o más de una variedad de otros pasos, en cualquier orden particular para lograr el método de recuperación de agua de una instalación de proceso o granja (u otra fuente) y reducir los requisitos de eliminación de desechos de biomasa y generar energía eléctrica y suministro una o más cargas de calor asociadas con la instalación o granja.

Con referencia ahora a la Figura 15, se muestra otro sistema 1010 y un método para la recuperación de agua para su uso con instalaciones de elaboración de vino (mostradas a modo de ejemplo como bodega 1020). El agua 1022 residual de la bodega 1020 incluye típicamente concentraciones relativamente altas de compuestos orgánicos y se dirige primero a un digestor 1024 anaeróbico donde los compuestos orgánicos se descomponen y se produce el gas 1026 de síntesis. El gas 1026 de síntesis se dirige a un dispositivo de generación de calor (por ejemplo, generación de calor 1030 de gas de síntesis) donde se quema para producir calor. El calor del dispositivo de generación de calor de gas de síntesis se usa para calentar un fluido de transferencia térmica que circula a través de un dispositivo 1044 de almacenamiento o reservorio. El sistema 1010 también puede incluir otros dispositivos de generación de calor que funcionan de una manera "paralela" o similar con el generador de calor de gas de síntesis tal como un generador de calor solar térmico, generador de calor de biomasa (por ejemplo, usando biomasa 1028 del proceso del vino como semillas de uva, residuos de trituración de uvas y vides de desecho, etc.) y un generador de calor de gas natural, como se muestra y describe en un ejemplo anterior de esta divulgación.

Después de que se completa el proceso de digestor anaeróbico, el agua 1034 residual digerida (ahora menos el material orgánico) se dirige a un dispositivo de recuperación de calor (mostrado como intercambiador 1036 de calor) donde el calor "residual" del escape del generador 1030 de calor de gas de síntesis y el calor de vapor de escape de las "cargas de recuperación de calor libre" (tal como se describe con referencia a la FIGURA 1 en esta divulgación) se usa para precalentar el agua 1034 residual digerida antes de dirigirse a un dispositivo de recolección de contaminantes (mostrado por ejemplo como un intercambiador 1040 de calor o caldera). El intercambiador 1040 de calor recibe un fluido de transferencia térmica de un dispositivo 1044 de almacenamiento de fluido de transferencia térmica calentado, donde el fluido de transferencia térmica ha sido calentado por el intercambiador de calor de gas de síntesis (u otro generador de calor) de la manera descrita con referencia a la FIGURA 1 y anteriormente describen configuraciones para generar vapor y separar los contaminantes del vapor 1034 del agua residual digerida.

El vapor del intercambiador 1040 de calor se dirige a un separador 1046 de vapor de humedad, donde cualquier contaminante remanente se dirige a un dispositivo 1054 de evaporación o secado (como se describió previamente con referencia a otras realizaciones descritas en el presente documento). A continuación, el vapor es dirigido a un dispositivo 1050 de conversión de energía de vapor (tal como un motor de vapor o una turbina de un tipo descrito previamente en este documento) para generar electricidad. El vapor de escape del dispositivo de conversión de energía de vapor se dirige entonces a otras cargas de calor en el sistema, tales como el intercambiador 1036 de calor para precalentar el agua residual digerida, calentar o enfriar los digestores 1024, para proporcionar calentamiento al dispositivo 1054 de evaporación o secado, para precalentar el fluido 1060 de transferencia térmica u otras cargas de "calor libre" en el proceso de vinificación o como calefacción/refrigeración de confort, o para secar el triturado de la uva en la bodega, etc.

El dispositivo 1054 de evaporación o secado está configurado para recibir los contaminantes recogidos en el intercambiador 1040 de calor (por ejemplo, a través de una operación de purga o de extracción manual o similar), y para recibir los contaminantes recogidos por el separador de humedad-vapor del remanente de vapor. El dispositivo 1054 de secado también puede recibir vapor del dispositivo de conversión de vapor de escape como fuente de calor para secar los contaminantes. Una vez que los contaminantes se han secado y los compuestos químicos deseados se han separado de los mismos, los contaminantes concentrados restantes se pueden disponer de una manera adecuada (por ejemplo, almacenamiento en vertedero, etc.).

Después de que el vapor se descarga de las cargas 1060 de calor libres y/o el dispositivo 1054 de evaporación o secado, el vapor se condensa en un condensador adecuado (o estanque de evaporación o similar) y se descarga como agua limpia desde un punto 1064 de descarga (por ejemplo, a través de filtros adicionales y/o estaciones de prueba o muestreo como se describe con referencia a los ejemplos previamente divulgados).

Haciendo referencia ahora a la figura 16, se muestra otro sistema 1110 para recuperación de agua para su uso con operaciones de granja lechera (mostrado a modo de ejemplo como una lechería 1120). El agua 1122 residual de la lechería 1120 incluye típicamente concentraciones relativamente altas de compuestos orgánicos y se dirige primero a un digestor 1124 anaeróbico donde las sustancias orgánicas se descomponen y se produce gas 1126 de síntesis. El gas 1126 de síntesis se dirige a un dispositivo de generación de calor (por ejemplo, dispositivo 1130 de generación de calor de gas de síntesis) donde se quema para producir calor. El calor del dispositivo de generación de calor de gas de síntesis se usa para calentar un fluido de transferencia térmica que se hace circular a través de un dispositivo 1144 de almacenamiento o reservorio. El sistema 1110 también puede incluir otros dispositivos de generación de calor que funcionan de manera "paralela" o similar con el generador de calor de gas de síntesis tal como un generador de calor solar térmico, generador de calor de biomasa (por ejemplo, usando biomasa 1128 de la operación de granja lechera como estiércol de vaca, sólidos del digestor anaeróbico, otros residuos agrícolas, etc.), generador de calor de gas natural-como se muestra y descrito en ejemplos previos de esta descripción. El escape del dispositivo 1130 de generación de calor de gas de síntesis puede devolverse al digestor 1124 para ayudar a promover el crecimiento de algas y para ayudar a secuestrar dióxido de carbono.

Después de que se completa el proceso de digestor anaeróbico, el agua 1134 residual digerida (ahora menos el material orgánico) se dirige a un dispositivo de recuperación de calor (mostrado como intercambiador 1136 de calor)

donde el calor "residual" del escape del generador 1130 de calor de gas de síntesis y el calor del vapor de escape de las "cargas de recuperación de calor libre" (tal como se describe con referencia a la FIGURA 1 en esta descripción) se usa para precalentar el agua 1134 residual digerida antes de dirigirse a un dispositivo de recolección de contaminantes (mostrado por ejemplo como un intercambiador 1140 de calor o caldera). El intercambiador 1140 de calor recibe un fluido de transferencia térmica de un dispositivo 1144 de almacenamiento de fluido de transferencia térmica calentado, donde el fluido de transferencia térmica ha sido calentado por el generador de calor de gas de síntesis (u otro generador de calor) de la manera descrita con referencia a la FIGURA 1 y anteriormente describen ejemplos para generar vapor y separar los contaminantes del vapor del agua 1134 residual digerida.

El vapor del intercambiador 1140 de calor se dirige a un separador 1146 de vapor de humedad, donde cualquier contaminante remanente se dirige a un dispositivo 1154 de evaporación o secado (como se describió anteriormente con referencia a otras realizaciones descritas en este documento). A continuación, el vapor se dirige a un dispositivo 1150 de conversión de energía de vapor (tal como un motor de vapor o una turbina del tipo descrito previamente en el presente documento) para generar electricidad. El vapor de escape del dispositivo 1150 de conversión de energía de vapor se dirige entonces a otras cargas de calor en el sistema, tales como un intercambiador 1136 de calor para precalentar el agua 1134 residual digerida, para calentar o enfriar los digestores 1124, para proporcionar calefacción para el dispositivo 1154 de evaporación o secado, para precalentar el fluido de transferencia térmica, u otras cargas 1160 de "calor libre" en el proceso lácteo (por ejemplo, calentamiento/enfriamiento de leche, etc.) o como calefacción/refrigeración de confort, o para limpiar puestos de vacas lecheras, etc.

El dispositivo 1154 de evaporación o secado está configurado para recibir los contaminantes recolectados en el intercambiador 1140 de calor (por ejemplo, a través de una operación de purga o de extracción manual o similar), y para recibir contaminantes recogidos por uno o ambos de los separadores 1146 de humedad-vapor del vapor de arrastre. El dispositivo 1154 de secado también puede recibir vapor del escape del dispositivo 1150 de conversión de vapor como fuente de calor para secar los contaminantes. Una vez que los contaminantes se han secado y los compuestos químicos deseados se han separado de los mismos, los contaminantes concentrados restantes se pueden disponer de una manera adecuada (por ejemplo, almacenamiento en vertedero, etc.).

Después de descargar el vapor de las cargas 1160 de calor libre y/o el dispositivo 1154 de evaporación o secado, el vapor se condensa en un condensador adecuado (o estanque de evaporación o similar) y se descarga como agua limpia desde un punto 1164 de descarga (por ejemplo, a través de filtros adicionales y/o pruebas o estaciones de muestreo como se describe con referencia a ejemplos divulgados previamente).

Haciendo referencia ahora a la FIGURA 17, se muestra otro sistema 1210 y un método para la recuperación de agua para su uso en operaciones de campo de petróleo y/o perforación (mostradas a modo de ejemplo como un campo 1220 de petróleo). El agua 1222 residual del campo 1220 de petróleo incluye típicamente concentraciones relativamente altas de sales e hidrocarburos y se precalienta en una serie de intercambiadores 1236 de calor (mostrados por ejemplo como tres intercambiadores de calor, pero se puede usar cualquier cantidad adecuada de intercambiadores de calor para una aplicación particular) que forman una columna de destilación en la que los hidrocarburos ligeros se expulsan del agua residual a temperaturas más bajas. A medida que la temperatura aumenta, la columna de destilación expulsará materiales de hidrocarburos más pesados. Los hidrocarburos separados se capturan en un dispositivo 1238 de almacenamiento.

Los hidrocarburos capturados del dispositivo 1238 de almacenamiento se dirigen a un dispositivo de generación de calor (por ejemplo, dispositivo 1230 de generación de calor por hidrocarburo) donde se queman para producir calor. El calor del dispositivo de generación de calor de hidrocarburos se usa para calentar un fluido de transferencia térmica que se hace circular a través de un dispositivo 1244 de almacenamiento o reservorio. El sistema 1210 también puede incluir otros dispositivos de generación de calor que funcionan de una manera "paralela" o similar con el generador de calor de hidrocarburos tal como generador de calor solar térmico, generador de calor de biomasa (por ejemplo, utilizando biomasa u otros residuos combustibles de la operación del campo petrolífero, etc.), generador de calor de gas natural (o un generador de calor a base de gas que utiliza gas generado en el campo petrolífero) como se muestra y se describe en ejemplos previos de esta descripción. El escape del dispositivo 1230 de generación de calor por hidrocarburo puede retornarse a los intercambiadores 1236 de calor de la columna de destilación para usar como fuente de calor en el precalentamiento del agua residual y la expulsión de contaminantes de hidrocarburos.

El agua 1234 residual precalentada (con la mayor parte de los hidrocarburos eliminados) se dirige a un dispositivo de recolección de contaminantes (mostrado, por ejemplo, como un intercambiador 1240 de calor o caldera). El intercambiador 1240 de calor recibe un fluido de transferencia térmica de un dispositivo 1244 de almacenamiento de fluido de transferencia térmica calentado, donde el fluido de transferencia térmica ha sido calentado por el generador de calor de hidrocarburos (u otro generador de calor) de la manera descrita con referencia a la FIGURA 1 y ejemplos previamente divulgados para generar vapor y separar los contaminantes del vapor de agua 1234 residual.

El vapor del intercambiador 1240 de calor se dirige a un separador 1246 de humedad-vapor, donde cualquier contaminante remanente se dirige a un dispositivo 1254 de evaporación o secado (como se describió previamente con referencia a otros ejemplos descritos en este documento). A continuación, el vapor se dirige a un dispositivo 1250 de

- 5 conversión de energía de vapor (tal como un motor de vapor o una turbina del tipo descrito anteriormente en este documento) para generar electricidad. El vapor de escape del dispositivo 1250 de conversión de energía de vapor se dirige entonces a otras cargas de calor en el sistema, tales como intercambiadores 1236 de calor para expulsar los hidrocarburos del agua 1234 residual en la columna de destilación, para proporcionar calefacción al dispositivo 1254 de evaporación o secado, para precalentar el fluido de transferencia térmica u otras cargas 1260 de "calor libre" en la operación del yacimiento petrolífero (por ejemplo, procesos de recuperación de petróleo que implican inyectar vapor en pozos, etc.). El vapor descargado desde el dispositivo de recolección de contaminantes puede incluir todavía ciertas cantidades de hidrocarburos, en cuyo caso se puede usar una columna(s) de destilación adicional para eliminar cualquier hidrocarburo remanente.
- 10 El dispositivo 1254 de evaporación o secado está configurado para recibir los contaminantes recogidos en el intercambiador 1240 de calor (por ejemplo, a través de una operación de purga o de extracción manual o similar), y para recibir contaminantes recogidos por el separador(es) 1246 de humedad-vapor del vapor de arrastre. El dispositivo 1254 de secado también puede recibir vapor del escape del dispositivo 1250 de conversión de vapor como fuente de calor para secar los contaminantes. Una vez que los contaminantes se han secado y los compuestos químicos deseados se han separado de los mismos, los contaminantes concentrados restantes se pueden disponer de una manera adecuada (por ejemplo, almacenamiento en vertedero, etc.).
- 15 Después de descargar el vapor de las cargas 1260 de calor libre y/o el dispositivo 1254 de evaporación o secado, el vapor se condensa en un condensador adecuado (o estanque de evaporación o similar) y se descarga como agua limpia desde un punto 1264 de descarga (por ejemplo, a través de filtros adicionales y/o estaciones de prueba o muestreo como se describe con referencia a ejemplos divulgados previamente).
- 20 Con referencia a la FIGURA 18, se muestra que un sistema 2010 de recuperación de agua incluye las siguientes regiones o subsistemas principales: una región 2100 de captura y entrega de agua; una región 2200 de generación de calor; una región 2300 de recolección y eliminación de contaminantes; una región 2400 de conversión de energía de vapor y generación de energía; una región 2500 de recuperación de calor libre; una región 2600 de retención y liberación de agua recuperada; y un sistema 2700 de control que interactúa con cada una de las regiones para coordinar y controlar el funcionamiento del equipo dentro de las regiones del sistema. Las características de la configuración a modo de ejemplo de la figura 18 pueden ser sustancialmente similares y/o incorporarse a las configuraciones de las FIGURAS 1 a 17, pero se muestra que incluyen otro ejemplo de conversión de energía de vapor y componentes de generación de energía.
- 25 Según la configuración ilustrada, la región 2400 de conversión de energía de vapor y generación de potencia incluye un dispositivo 2410 de conversión de energía de vapor que convierte la energía de vapor en una salida mecánica y un generador 2480 de energía eléctrica que usa la salida mecánica para generar electricidad. El vapor que se descarga desde el dispositivo de conversión de energía de vapor se dirige entonces a la región 2500 de recuperación de calor libre donde el vapor se usa para proporcionar calentamiento "libre" a cualquiera de una amplia variedad de cargas de calor asociadas con la instalación o granja. De acuerdo con realizaciones alternativas, la presión del vapor generado en el dispositivo de recolección de contaminantes puede ser mayor o menor, según sea apropiado para un dispositivo de conversión de energía de vapor particular.
- 30 El dispositivo 2410 de conversión de energía de vapor puede ser una turbina de múltiples etapas, como una turbina de vapor de dos etapas, donde el vapor descargado del intercambiador 2304 de calor se enruta primero a través de la región 2200 de generación de calor para recalentar el suministro de vapor antes de suministrar el vapor a la turbina de etapas múltiples. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el vapor se muestra enrutado a través del generador 2230 de calor de biocombustible para recalentar el vapor. Sin embargo, el vapor también puede enrutarse a través del generador 2290 de calor de gas natural y/o el medio 2218 de almacenamiento térmico. Alternativamente, puede proporcionarse un intercambiador de calor separado para sobrecalentar el vapor en el circuito 2202 de tubería de fluido de transferencia térmica. Por consiguiente, todos se pretende que las variaciones estén dentro del alcance de esta descripción. La turbina de etapas múltiples puede tener cualquier clasificación o capacidad de potencia adecuada, según corresponda para el suministro de vapor disponible del sistema. La turbina de varias etapas puede tener una potencia de hasta aproximadamente 7500 kW (10,000 Hp). El vapor puede sobrecalentarse a cualquier presión y temperatura adecuadas para su uso en la turbina de etapas múltiples. El vapor se sobrecalienta, por ejemplo, a aproximadamente 14 bar (200 psig) y 230°C (440°F) (o cualquier otra temperatura y presión adecuadas), y luego se dirige a través de la turbina de etapas múltiples para impulsar el generador 2480 eléctrico. Vapor de escape descargado desde la turbina de etapas múltiples puede luego dirigirse a través de la región 2500 de recuperación de calor libre y luego condensarse, como se describe en la presente memoria con referencia a otros ejemplos.
- 40 El dispositivo 2410 de conversión de energía de vapor puede ser una turbina de múltiples etapas, como una turbina de vapor de dos etapas, donde el vapor descargado del intercambiador 2304 de calor se enruta primero a través de la región 2200 de generación de calor para recalentar el suministro de vapor antes de suministrar el vapor a la turbina de etapas múltiples. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el vapor se muestra enrutado a través del generador 2230 de calor de biocombustible para recalentar el vapor. Sin embargo, el vapor también puede enrutarse a través del generador 2290 de calor de gas natural y/o el medio 2218 de almacenamiento térmico. Alternativamente, puede proporcionarse un intercambiador de calor separado para sobrecalentar el vapor en el circuito 2202 de tubería de fluido de transferencia térmica. Por consiguiente, todos se pretende que las variaciones estén dentro del alcance de esta descripción. La turbina de etapas múltiples puede tener cualquier clasificación o capacidad de potencia adecuada, según corresponda para el suministro de vapor disponible del sistema. La turbina de varias etapas puede tener una potencia de hasta aproximadamente 7500 kW (10,000 Hp). El vapor puede sobrecalentarse a cualquier presión y temperatura adecuadas para su uso en la turbina de etapas múltiples. El vapor se sobrecalienta, por ejemplo, a aproximadamente 14 bar (200 psig) y 230°C (440°F) (o cualquier otra temperatura y presión adecuadas), y luego se dirige a través de la turbina de etapas múltiples para impulsar el generador 2480 eléctrico. Vapor de escape descargado desde la turbina de etapas múltiples puede luego dirigirse a través de la región 2500 de recuperación de calor libre y luego condensarse, como se describe en la presente memoria con referencia a otros ejemplos.
- 45 Con referencia a la FIGURA 19, se muestra un sistema 3010 de recuperación de agua de acuerdo con una configuración a modo de ejemplo para incluir las siguientes regiones o subsistemas principales: una región 3100 de captura y suministro de agua; una región 3200 de generación de calor; una región 3300 de recolección y eliminación de contaminantes; una región 3400 de conversión de energía de vapor y generación de potencia; una región 3500 libre de recuperación de calor; una región 3600 de retención y liberación de agua recuperada; y un sistema 3700 de control que interactúa con cada una de las regiones para coordinar y controlar el funcionamiento del equipo dentro de
- 50
- 55

las regiones del sistema. Las características del sistema de la FIGURA 19 pueden ser sustancialmente similares A y/o incorporarse a las configuraciones de las FIGURAS 1-18, pero se muestra que incluyen otra configuración de componentes de generación de calor en la región 3200 de generación de calor.

5 De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el sistema está configurado para su uso con una turbina 3210 de gas natural y un generador 3218 eléctrico, tal como se puede proporcionar (o puede existir de otra manera) en instalaciones de fabricación o producción grandes o similares. El calor residual de la turbina 3210 de gas se utiliza en la región 3200 de generación de calor como fuente de energía térmica en el intercambiador 3290 de calor para calentar el fluido de transferencia térmica para dirigirlo a la caldera 3304 de acumulación de contaminantes. La turbina 3210 de gas y el generador eléctrico puede tener una capacidad de aproximadamente 20 MW, pero el sistema puede usarse con una
10 turbina a gas que tenga cualquier capacidad adecuada y que proporcione suficiente calor residual para usar una fuente de energía térmica para calentar el fluido de transferencia térmica. Alternativamente, la turbina 3210 de gas se puede usar en combinación con otras fuentes de generación de calor dentro de la región 3200 de generación de calor, tal como un dispositivo de combustión de biocombustible y/o un generador térmico solar. Después de ser utilizado como fuente de energía térmica para calentar el fluido de transferencia térmica en el intercambiador 3290 de calor, el gas de escape puede ser directo a un tanque 3270 de crecimiento de algas, tal como en la manera descrita anteriormente aquí con referencia a otros ejemplos. La combinación de las características ventajosas del sistema de recuperación de agua con una turbina a gas pretende proporcionar un uso más eficaz del calor residual en una instalación, y también para recuperar las aguas residuales generadas por las operaciones o procesos de la instalación.

20 Con referencia a la FIGURA 20, se muestra un sistema 4610 de condensación de vapor de acuerdo con una configuración a modo de ejemplo para uso en la región de retención y liberación de agua regenerada de cualquiera de los ejemplos del sistema y método de recuperación de agua descritos en este documento. El sistema 4610 de condensación de vapor puede disponerse dentro de un recinto (por ejemplo, edificio, etc.) y se muestra a modo de ejemplo para incluir un cabezal 4650 de suministro de vapor, líneas 4652 de derivación de suministro de vapor, intercambiadores 4680 de calor planos, líneas 4658 de derivación de condensado, cabezal 4660 de condensación,
25 líneas 4664 de pulverización de agua que tienen boquillas 4666 de pulverización, ventiladores 4670 de escape de aire dispuestos en una ubicación superior en el recinto, y amortiguadores 4672 de entrada de aire dispuestos en una ubicación inferior en el recinto. El sistema 4610 de condensación está destinado a proporcionar un sistema de condensación modular y escalable cuya capacidad de condensación puede expandirse o contraerse para adaptarse a las necesidades de una aplicación particular aumentando o disminuyendo la cantidad de intercambiadores de calor. El recinto (no mostrado para mayor claridad) incluye un área de piso que tiene un canal 4674, áreas de pared que tienen los amortiguadores 4672 de entrada de aire, y un área de techo que tiene los ventiladores 4670 de escape de aire.

35 Con referencia adicional a la FIGURA 20, el vapor descargado desde la región de recuperación de calor libre (o directamente desde la energía de vapor y la región de conversión de potencia) de cualquiera de los ejemplos descritos aquí puede enrutarse al colector 4650 de suministro de vapor y luego a través líneas 4652 de derivación de suministro de vapor individual a cada uno de los intercambiadores 4680 de calor a una presión relativamente baja (por ejemplo, dentro de un intervalo de aproximadamente 1.1–1.5 bar (1-7 psig), y más particularmente dentro de un intervalo de aproximadamente 1.2–1.4 bar (3-5 psig)). Las líneas 4664 de pulverización de agua y las boquillas 4666 operan para pulverizar agua sobre las superficies externas de los intercambiadores 4680 de calor planos para proporcionar una
40 fuente de enfriamiento para condensar el vapor. La pulverización de agua de refrigeración puede recogerse en el canal 4674 para recircular a las líneas 4664 de pulverización y las boquillas 4666, o para otra eliminación adecuada. Los ventiladores 4670 de extracción de aire extraen el aire ambiente a través de los orificios 4672 de entrada de aire y dirigen un flujo de aire sobre/alrededor/a lo largo de las superficies externas del intercambiador 4680 de calor plano como otra fuente de refrigeración para condensar el vapor. El uso combinado de un rociador de agua y flujo de aire proporciona refrigeración por conducción y por convección a los intercambiadores 4680 de calor planos, y también puede proporcionar refrigeración a través del calor latente de vaporización del rociador de agua sobre la superficie exterior del intercambiador 4680 de calor.

50 Con referencia adicional a la FIGURA 20, el condensado se descarga a través de las líneas 4658 de derivación a un colector 4660 de condensación para evaluación y liberación en la región de retención y liberación de agua regenerada como se describió anteriormente en este documento con referencia a otros ejemplos del sistema de recuperación de agua. El intercambiador 4680 de calor plano tiene un interior que puede incluir un patrón adecuado de deflectores 4682 (mostrado a modo de ejemplo como un patrón horizontal de deflectores, pero los deflectores pueden tener cualquier patrón y orientación adecuados) para dirigir el vapor en un camino de flujo deseado a través del interior del intercambiador 4680 de calor plano, y la tasa de flujo del vapor a través de la trayectoria de flujo puede ajustarse (por ejemplo, equilibrado, etc. -tal como mediante las válvulas 4656 en las líneas 4658 de derivación de condensado) para
55 obtener la condensación completa del vapor dentro los intercambiadores 4680 de calor planos.

60 El intercambiador 4680 de calor plano también puede incluir otras características, tales como aletas (no mostradas), en el interior y/o en la superficie exterior para mejorar la transferencia de calor. La naturaleza modular de los intercambiadores 4680 de calor planos está destinada a permitir que la capacidad de condensación del sistema 4610 sea escalada fácilmente hacia arriba o hacia abajo, añadiendo o retirando intercambiadores 4680 de calor al sistema

4610, o para un banco existente de intercambiadores de calor, para colocar más o menos intercambiadores de calor dentro o fuera de servicio (tal como abriendo o cerrando las válvulas 4654 de aislamiento en las líneas 4652 de derivación de suministro de vapor). La naturaleza relativamente aplanada y plana de los intercambiadores de calor planos les permite estar orientados verticalmente y dispuestos en una configuración de "fila" con un espacio 4684 de flujo de aire estrecho dispuesto entre cada uno de los intercambiadores de calor planos. Esta disposición está destinada a permitir que un número relativamente grande de intercambiadores 4680 de calor planos para ser configurados en una matriz compacta dentro de un recinto relativamente pequeño. El espacio 4684 de flujo de aire es suficientemente estrecho para promover una tasa de flujo de aire relativamente alta a lo largo del exterior de los paneles para mejorar la transferencia de calor. Los intercambiadores de calor planos generalmente incluyen un marco periférico y paneles de pared lateral relativamente delgados de un material adecuado que tiene buena conductividad térmica y que resiste el óxido y la corrosión, tales como (pero no limitados a) acero inoxidable, aluminio, etc.). Según un ejemplo, las dimensiones periféricas del intercambiador de calor plano son de aproximadamente 1.2 m (cuatro (4) pies) de altura y 3 m (diez (10) pies) de largo (lo que resulta en un área de superficie de transferencia de calor total para ambas paredes laterales de un intercambiador de calor de aproximadamente 7.4 m² (80 pies cuadrados), y varias veces 2.5 cm (por ejemplo 5-13 cm) (pulgadas (por ejemplo 2-5 pulgadas)) de ancho, aunque se pueden usar las dimensiones adecuadas para proporcionar la capacidad de transferencia de calor deseadas y características para una aplicación en particular.

De acuerdo con cualquier aplicación a modo de ejemplo, ciertas porciones del sistema para cualquier instalación, operación, lugar de trabajo o granja deseable pueden ser "empacadas" de una manera transportable para su uso en cualquiera de una amplia variedad de ubicaciones o instalaciones de proceso o sitios de operación (o similares) donde la recuperación de agua es deseable u obligatoria. Por ejemplo, los sitios pueden incluir ubicaciones de derrames u otros accidentes donde se requiere limpieza, incluida la recuperación de agua. Los sitios también pueden incluir municipios, granjas, bodegas, diarios u otras áreas agrícolas, o las operaciones de extracción de petróleo donde las aguas de cola requieren recuperación. El generador de calor de biocombustible y el generador de gas natural y el dispositivo de recolección de contaminantes y la estación de filtro y el dispositivo de conversión de energía de vapor y el generador eléctrico y los separadores de vapor de humedad pueden montarse sobre un patín o dentro de un remolque fácilmente transportable para un despliegue rápido a cualquiera de una amplia variedad de sitios. El remolque incluiría todas las interfaces y conexiones necesarias, como una conexión de gas natural, conexiones de servicio eléctrico para energía eléctrica generada y conexiones para recibir el agua contaminada y descargar el vapor de escape a un equipo de condensación adecuado (por ejemplo, un estanque de evaporación construido en el sitio, etc.). En consecuencia, todas estas variaciones pretenden estar dentro del alcance de la divulgación.

Según otra aplicación a modo de ejemplo, el sistema de recuperación de agua puede configurarse para eliminar la sal como contaminante del agua, de la manera descrita anteriormente, donde el dispositivo de recolección de contaminantes actúa como una caldera de salmuera para producir vapor utilizable para el dispositivo de conversión de energía de vapor y el calor se carga y proporciona una corriente de salmuera concentrada. El suministro de agua contaminada con sal puede provenir directamente de una instalación, operación o granja, o puede ser un suministro de salmuera de un sistema de ósmosis inversa.

La descripción anterior de sistemas a modo de ejemplo se ha presentado con fines de ilustración y de descripción. No pretende ser exhaustivo o limitar la invención a la forma precisa descrita, y las modificaciones y variaciones son posibles a la luz de las enseñanzas anteriores o pueden adquirirse a partir de la práctica de la invención. La funcionalidad descrita se puede distribuir entre módulos que difieren en número y distribución de funcionalidad de los descritos aquí. Adicionalmente, el orden de ejecución de las funciones se puede cambiar dependiendo de la realización. Las realizaciones se eligieron y describieron con el fin de explicar los principios de la invención y como aplicaciones prácticas de la invención para permitir que un experto en la técnica utilice la invención en diversas realizaciones y con diversas modificaciones según sea adecuado para el uso particular contemplado. Se pretende que el alcance de la invención esté definido por las reivindicaciones adjuntas a la misma.

A menos que se indique lo contrario, todos los números utilizados en la especificación y las reivindicaciones deben entenderse como modificados en todas las instancias por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos expuestos en la siguiente especificación y reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo al menos de la técnica analítica específica, la realización aplicable u otra variación de acuerdo con la configuración particular del sistema.

El orden o la secuencia de cualquier proceso o etapas del método pueden variarse o resecuenciarse de acuerdo con realizaciones alternativas. Cualquier cláusula de medio-más-función está destinada a cubrir las estructuras aquí descritas como si realizaran la función citada y no solo equivalentes estructurales sino también estructuras equivalentes. Se pueden hacer otras sustituciones, modificaciones, cambios y omisiones en el diseño, configuración operativa y disposición.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para recuperar agua contaminada en una instalación, que comprende:
- un subsistema (3300) de recolección de contaminantes que incluye una caldera (3304) configurada para recibir y concentrar contaminantes en el agua contaminada hirviendo el agua contaminada y produciendo vapor;
- 5 una turbina (3210) a gas configurada para quemar un suministro de gas combustible y accionar un primer generador (3218) configurado para proporcionar energía a la instalación, teniendo la turbina a gas un escape que proporciona una fuente de calor residual;
- 10 un subsistema (3200) de generación de calor que incluye un intercambiador (3290) de calor separado de la caldera y una red de flujo de fluido térmico configurada para hacer circular un fluido de transferencia térmica entre el intercambiador (3290) de calor y la caldera (3304), estando el intercambiador de calor en comunicación con la fuente de calor residual de la turbina (3210) a gas para calentar el fluido de transferencia térmica en el intercambiador de calor; y
- una turbina de vapor configurada para accionar un segundo generador;
- 15 en el que la caldera (3304) está configurada para recibir el fluido de transferencia térmica calentado a través de la red de flujo de fluido térmico y usar calor del fluido de transferencia térmica calentado para hervir el agua contaminada de modo que se retenga al menos una parte de los contaminantes en el agua contaminada en la caldera;
- en el que la caldera produce vapor y el vapor se dirige desde la caldera al intercambiador de calor para recalentar el vapor, en donde el vapor sobrecalentado se dirige desde el intercambiador de calor a la turbina de vapor para accionar el segundo generador.
- 20 2. El sistema de la Reivindicación 1, en el que la turbina de vapor comprende una turbina (2410) de vapor de etapas múltiples.
3. El sistema de la Reivindicación 1, en el que el vapor se condensa en un sistema (4610) de condensación modular, comprendiendo el sistema de condensación modular: (i) una pluralidad de intercambiadores (4680) de calor planos orientados verticalmente que tienen un interior con un patrón de deflectores para dirigir el vapor a través de un camino de flujo, y un (ii) suministro, exterior, de agua y boquillas (4666) de aspersión configuradas para asperjar agua de enfriamiento en el exterior de los intercambiadores de calor planos, y (iii) al menos un ventilador (4670) configurado para dirigir un flujo de aire sobre el exterior de los intercambiadores de calor planos.
- 25 4. El sistema de la Reivindicación 1, en el que el agua contaminada comprende agua residual municipal que tiene contaminantes cloacales, y en el que:
- 30 el subsistema (3300) de recolección de contaminantes que incluye una caldera está configurada para recibir las aguas residuales municipales y concentrar los contaminantes de las aguas residuales en un lodo de aguas residuales concentradas mediante la ebullición de las aguas residuales municipales y la producción de vapor.
5. El sistema de la Reivindicación 4 que comprende además un evaporador que seca el lodo de aguas residuales concentrado para usar como material de biomasa.
- 35 6. El sistema de la Reivindicación 4 que comprende además un subsistema (3400) de conversión de energía de vapor que incluye una turbina de vapor y un generador, y el vapor se dirige desde la caldera al intercambiador de calor para recalentar el vapor, y el vapor sobrecalentado se dirige a la turbina de vapor para impulsar el generador.
7. El sistema de la Reivindicación 3, que comprende además un canal (4674) dispuesto al menos parcialmente debajo de los intercambiadores (4680) de calor planos y configurado para recoger el agua de refrigeración.
- 40 8. El sistema de la Reivindicación 3, en el que la caldera es un intercambiador de calor de tubo y coraza vertical, y el fluido de transferencia térmica comprende aceite.

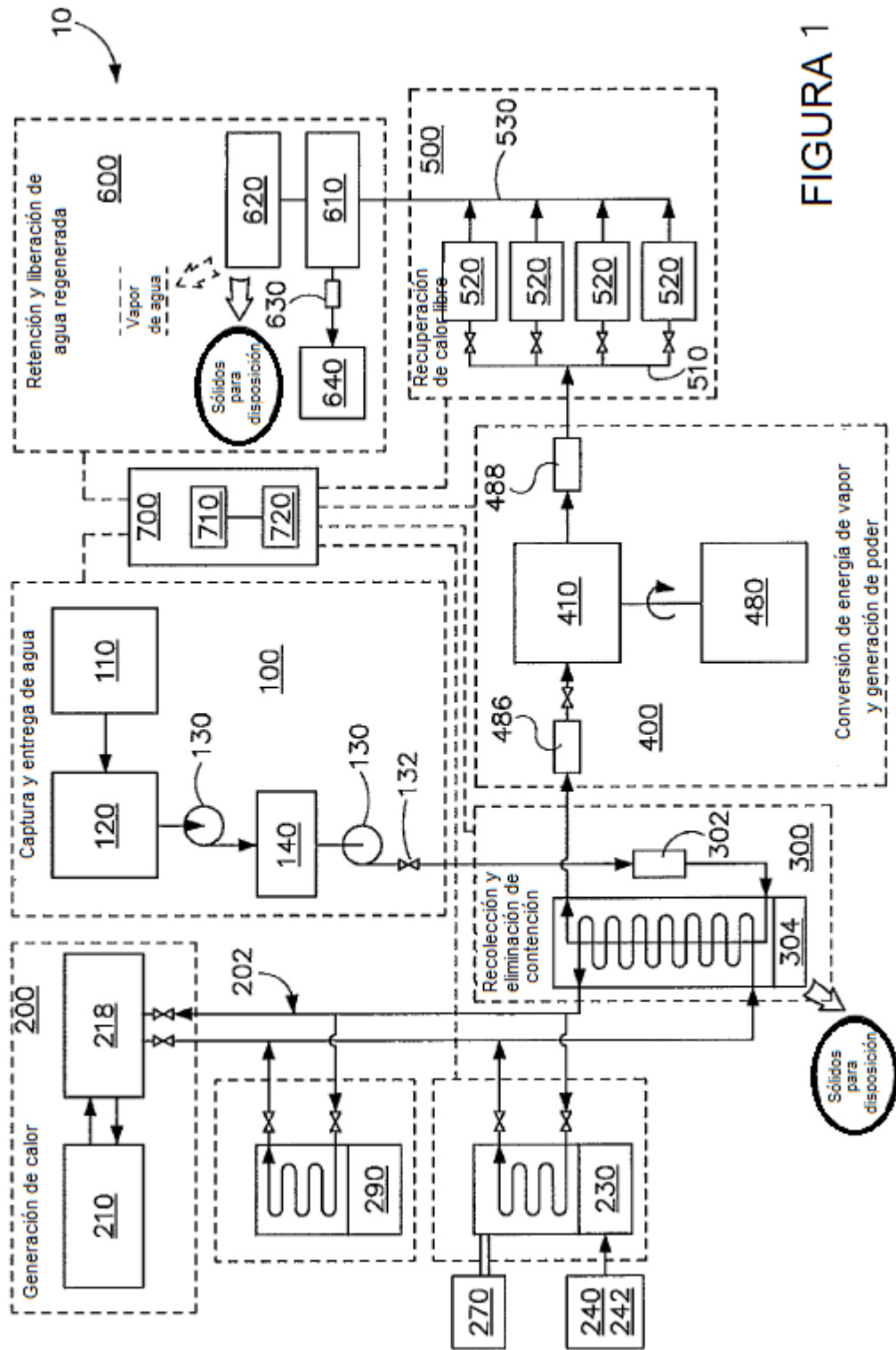


FIGURA 1

FIGURA 2

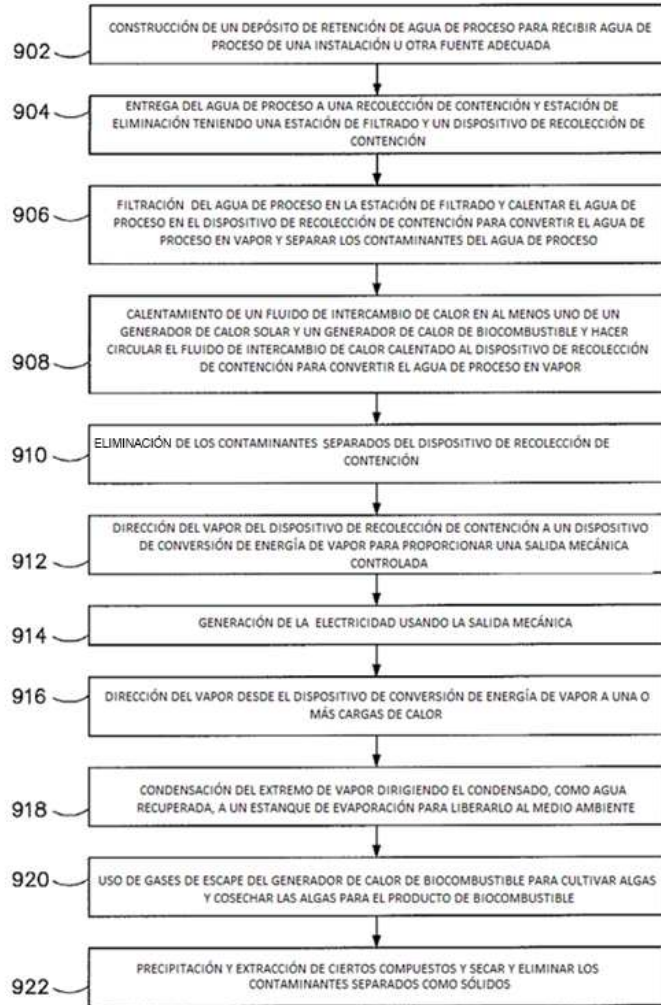
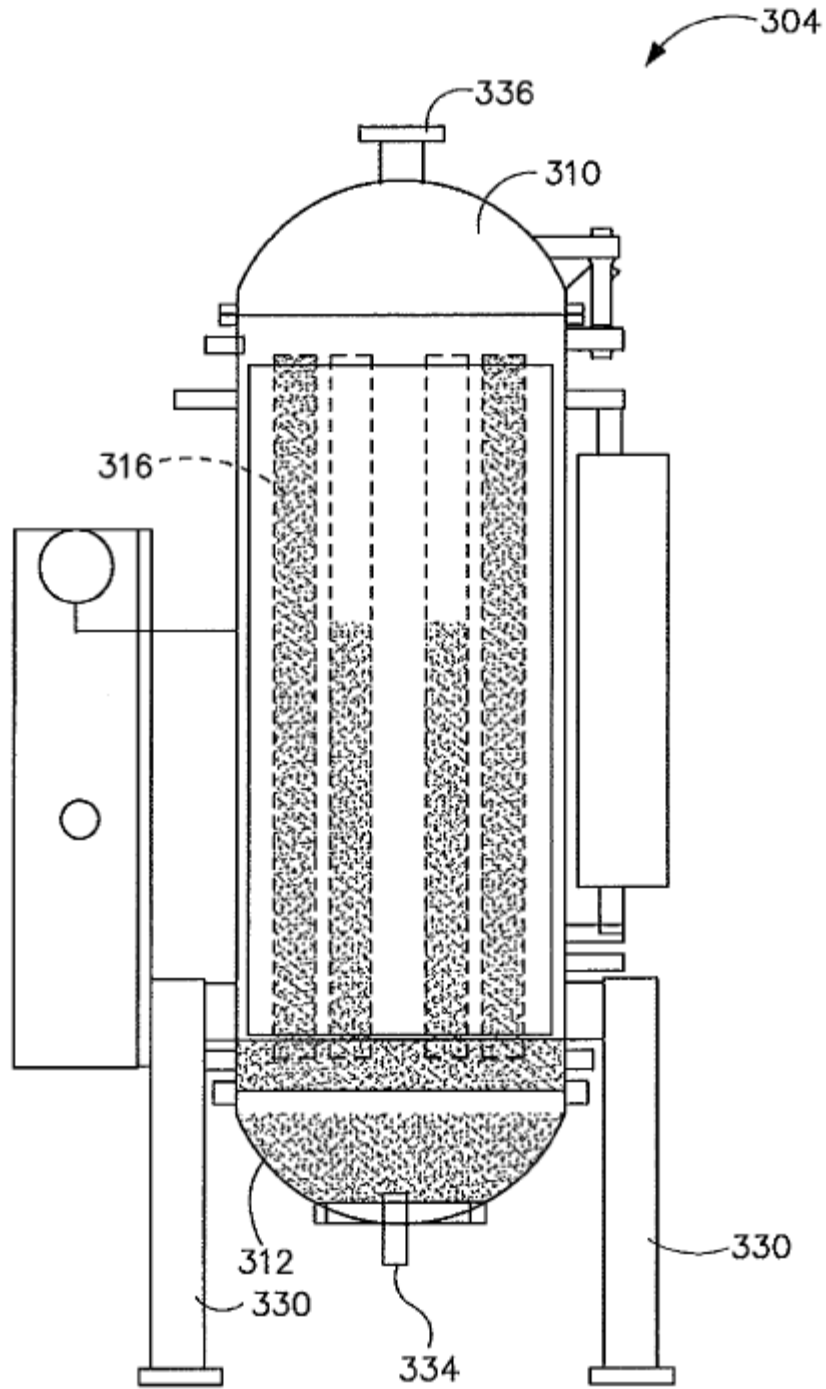


FIGURA 3



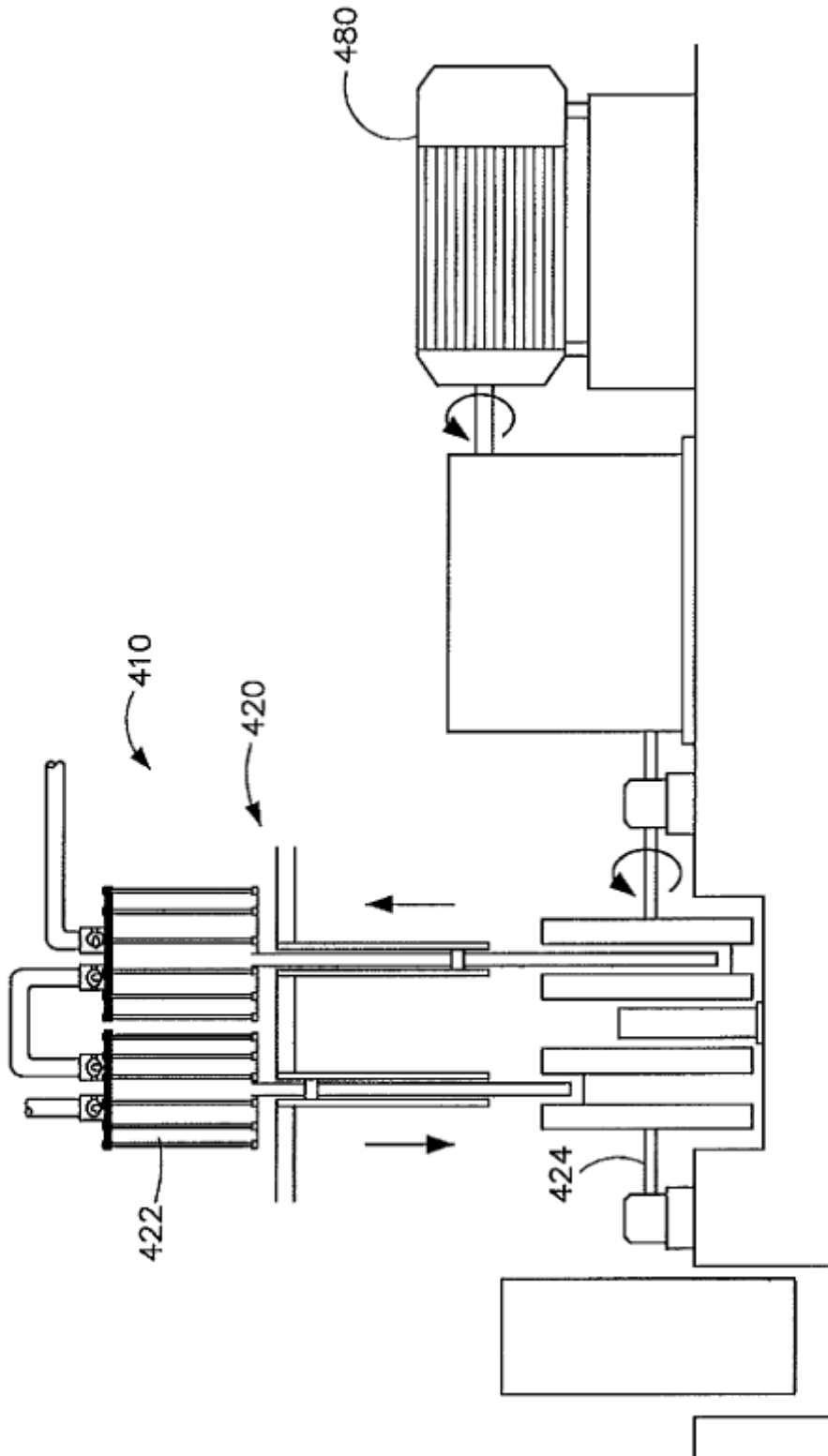
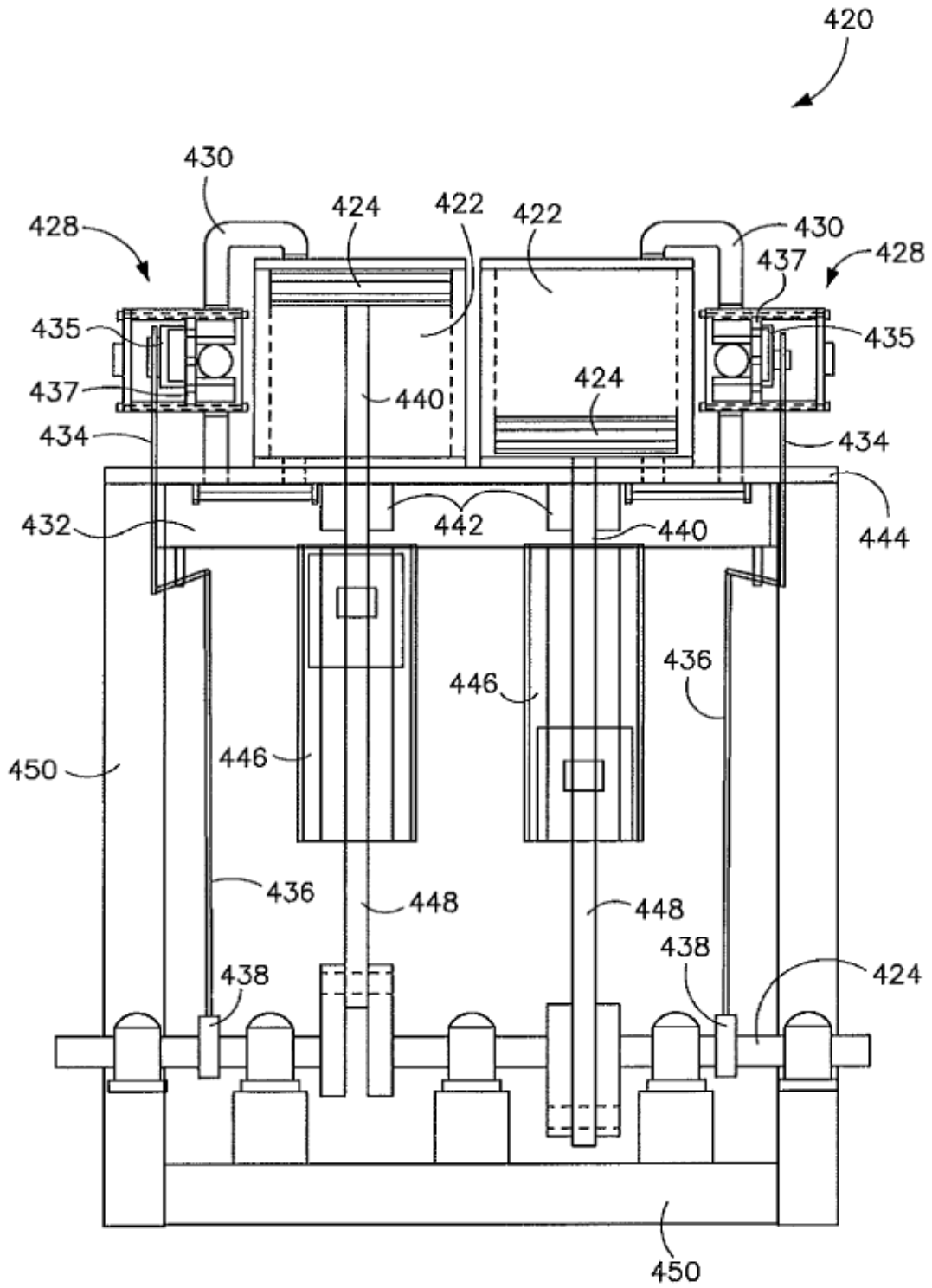


FIGURA 4A

FIGURA 4B



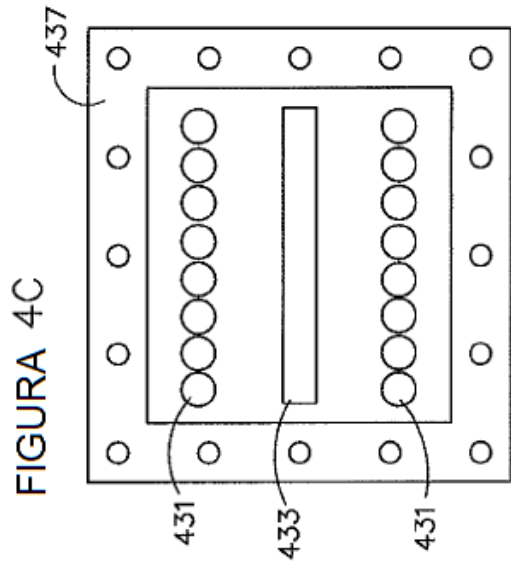


FIGURA 4E

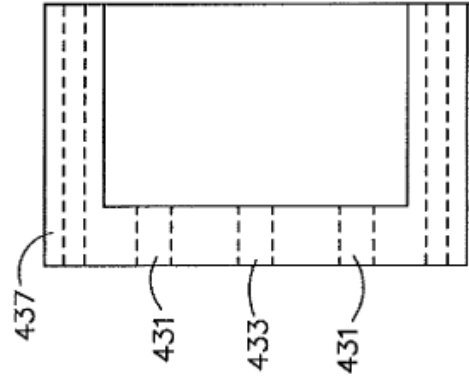
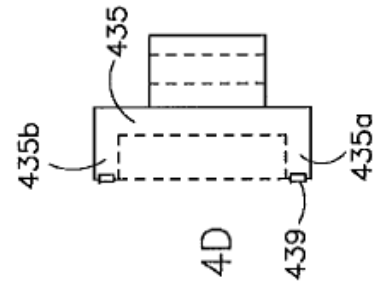
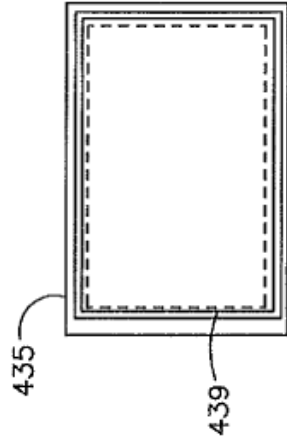


FIGURA 4F

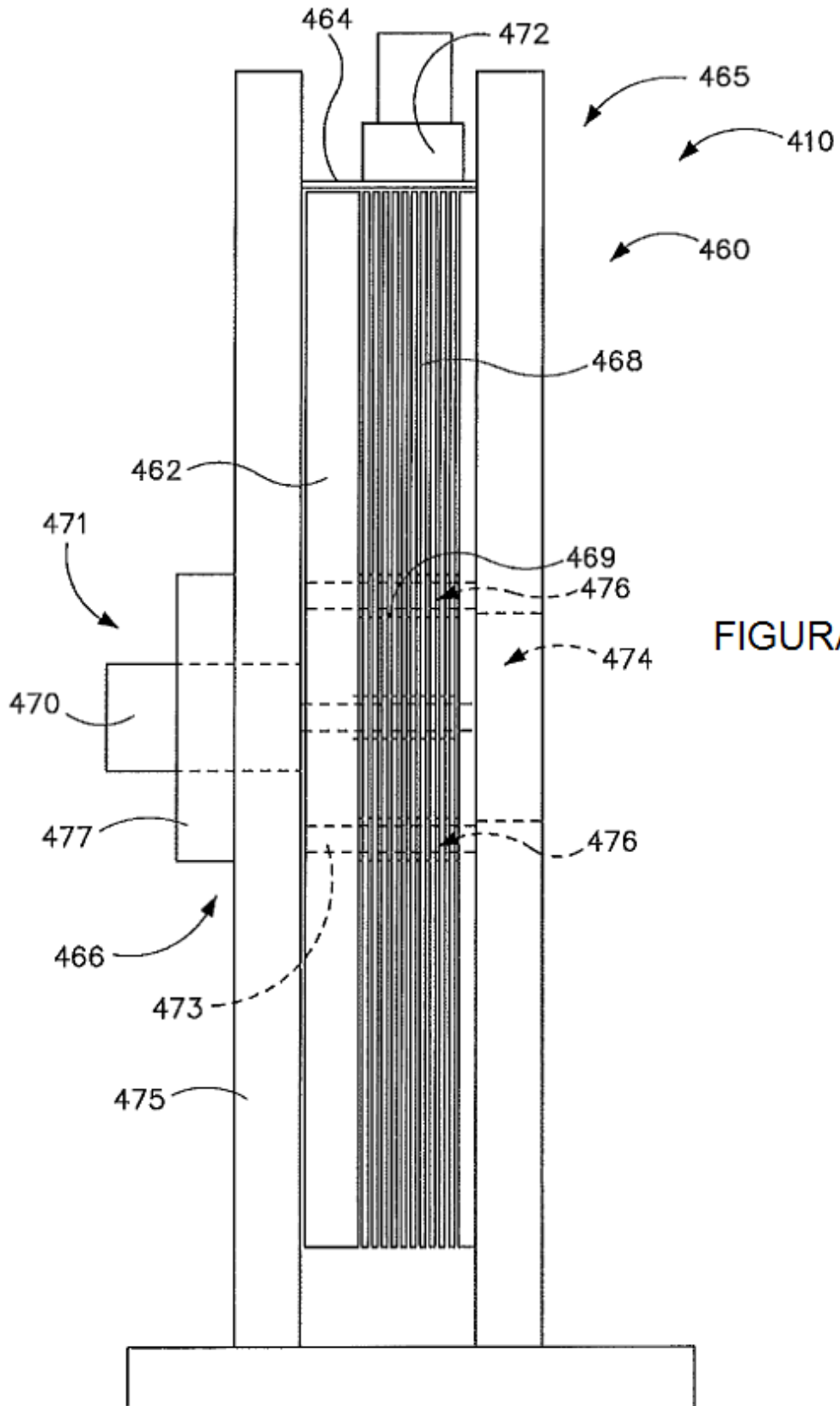
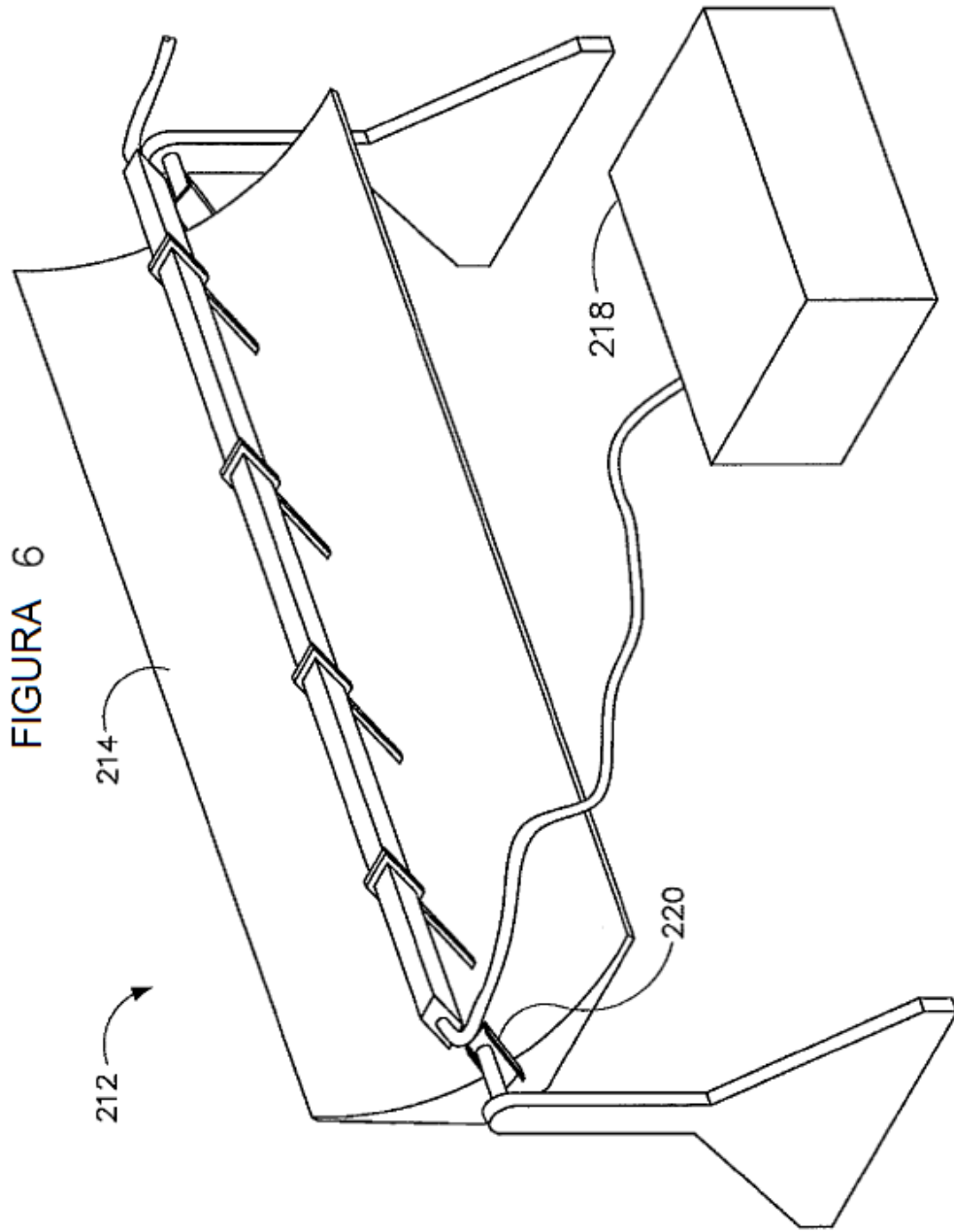


FIGURA 5



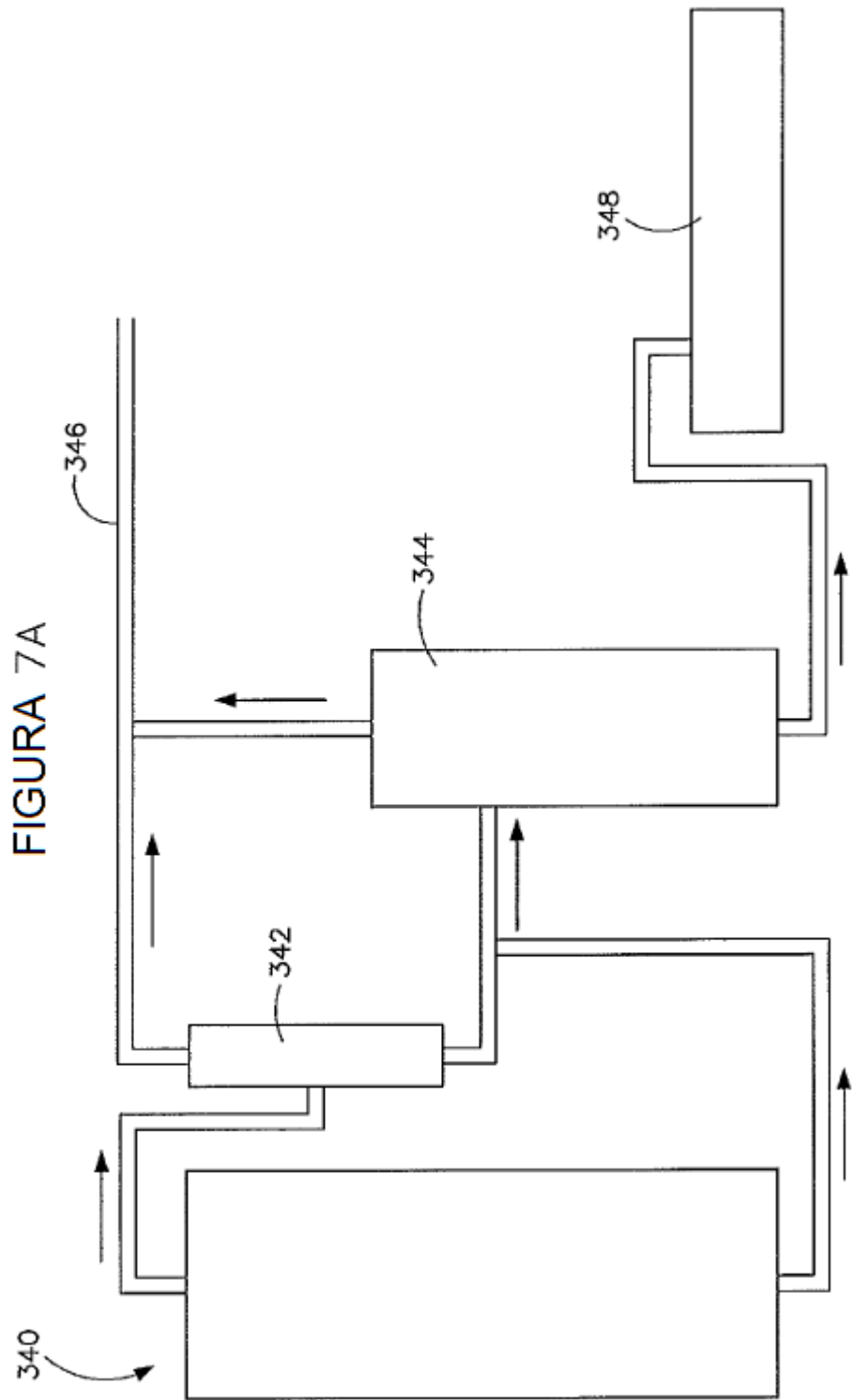


FIGURA 7B

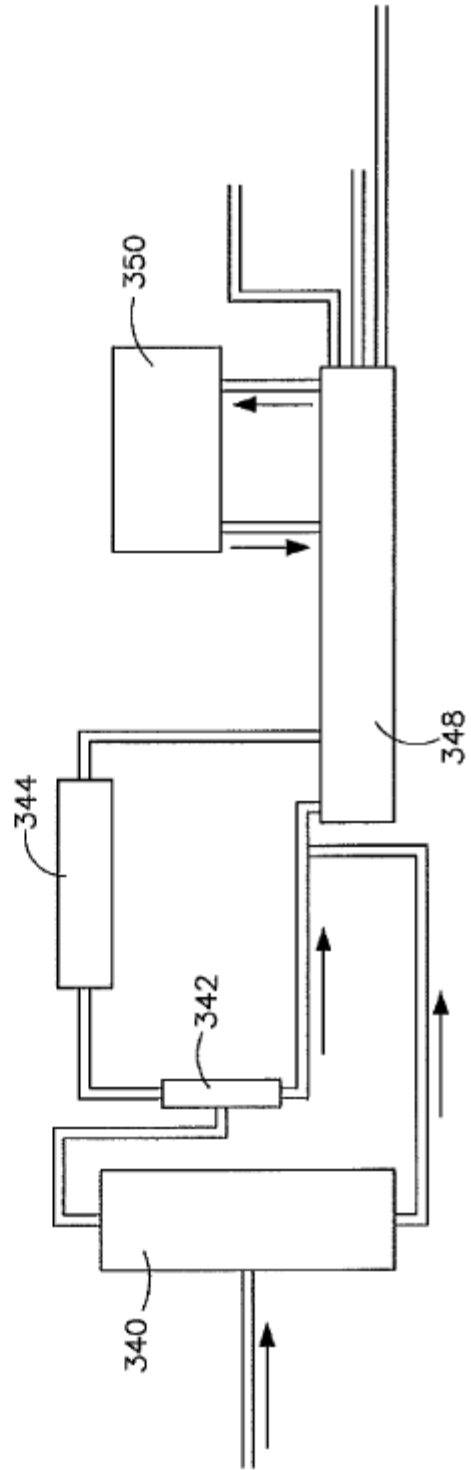
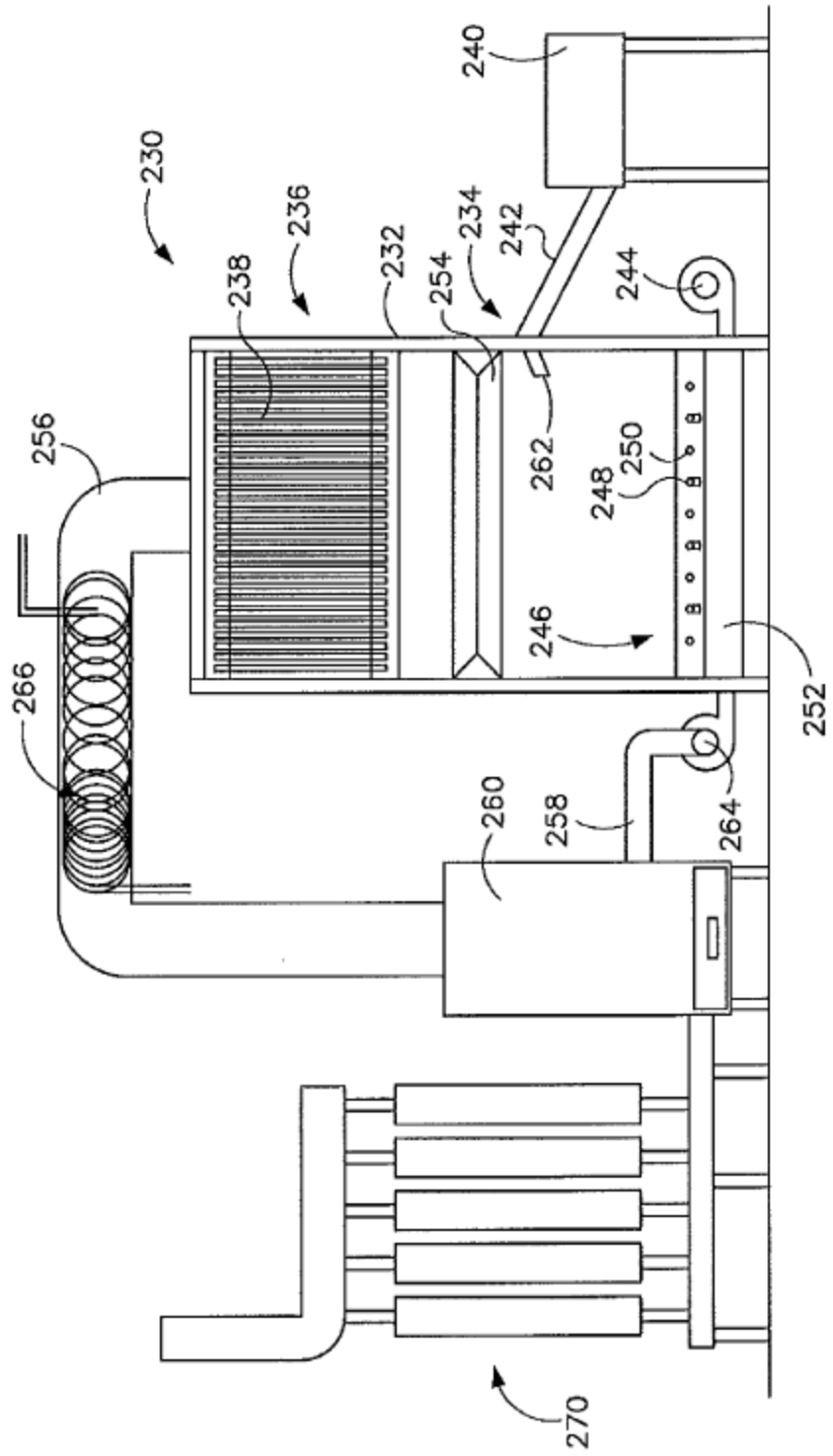


FIGURA 8



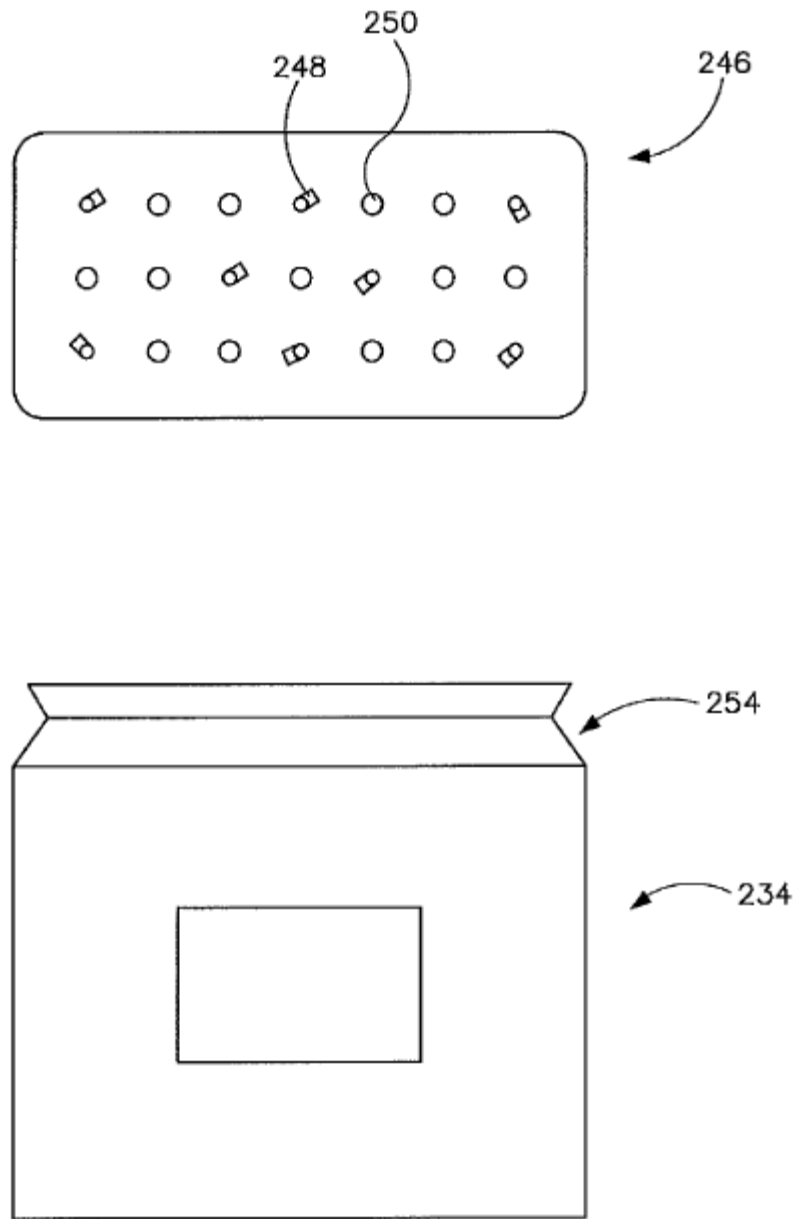


FIGURA 9

FIGURA 10

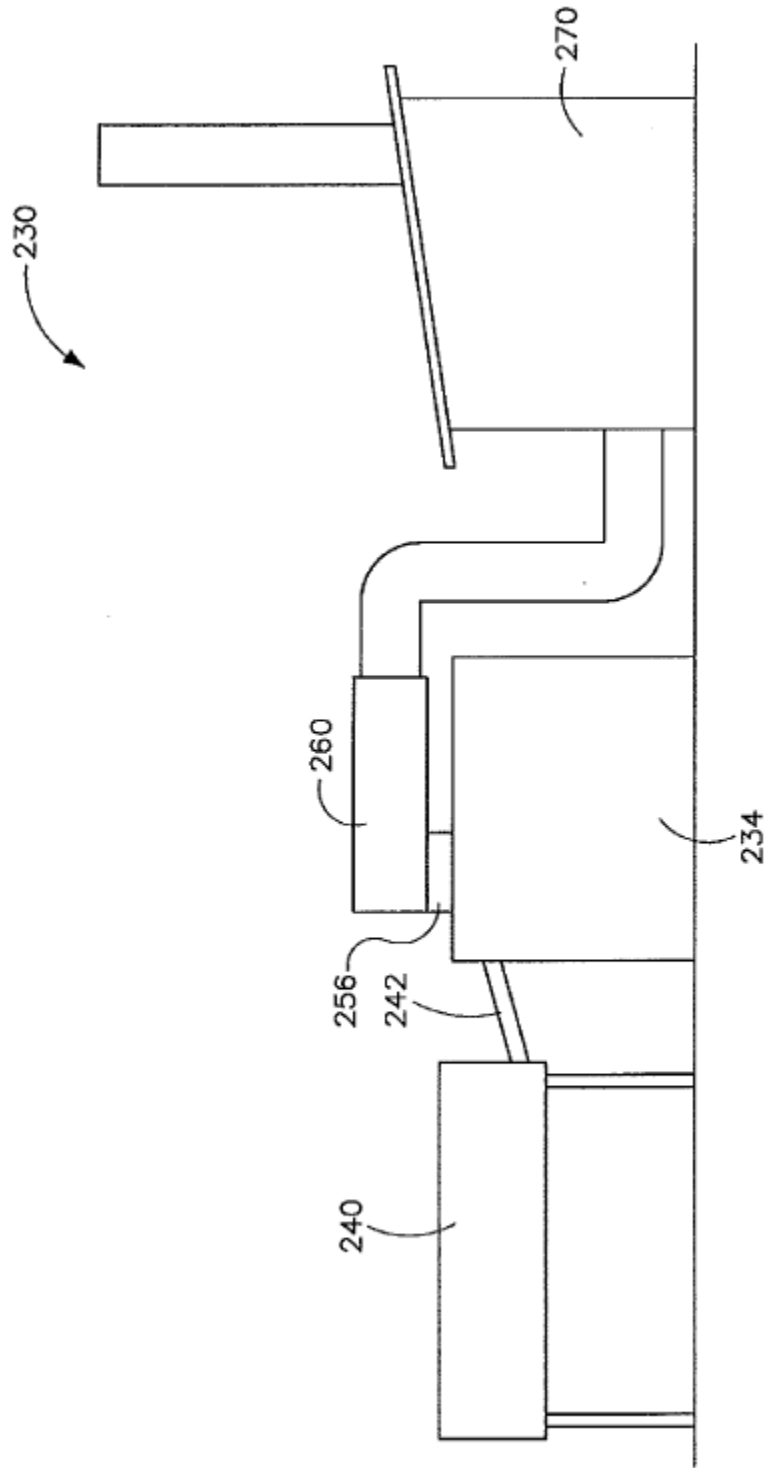


FIGURA 11A

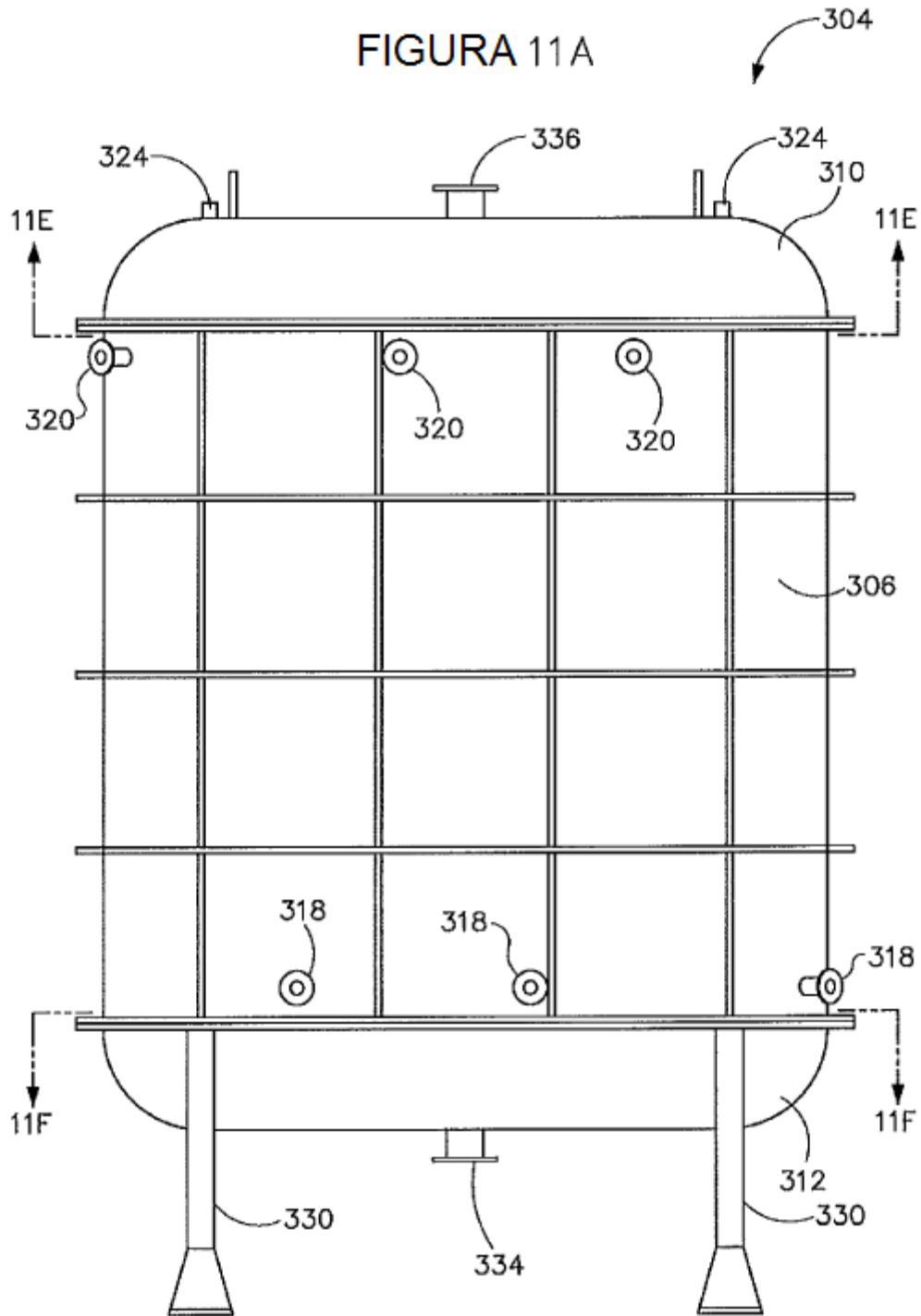


FIGURA 11B

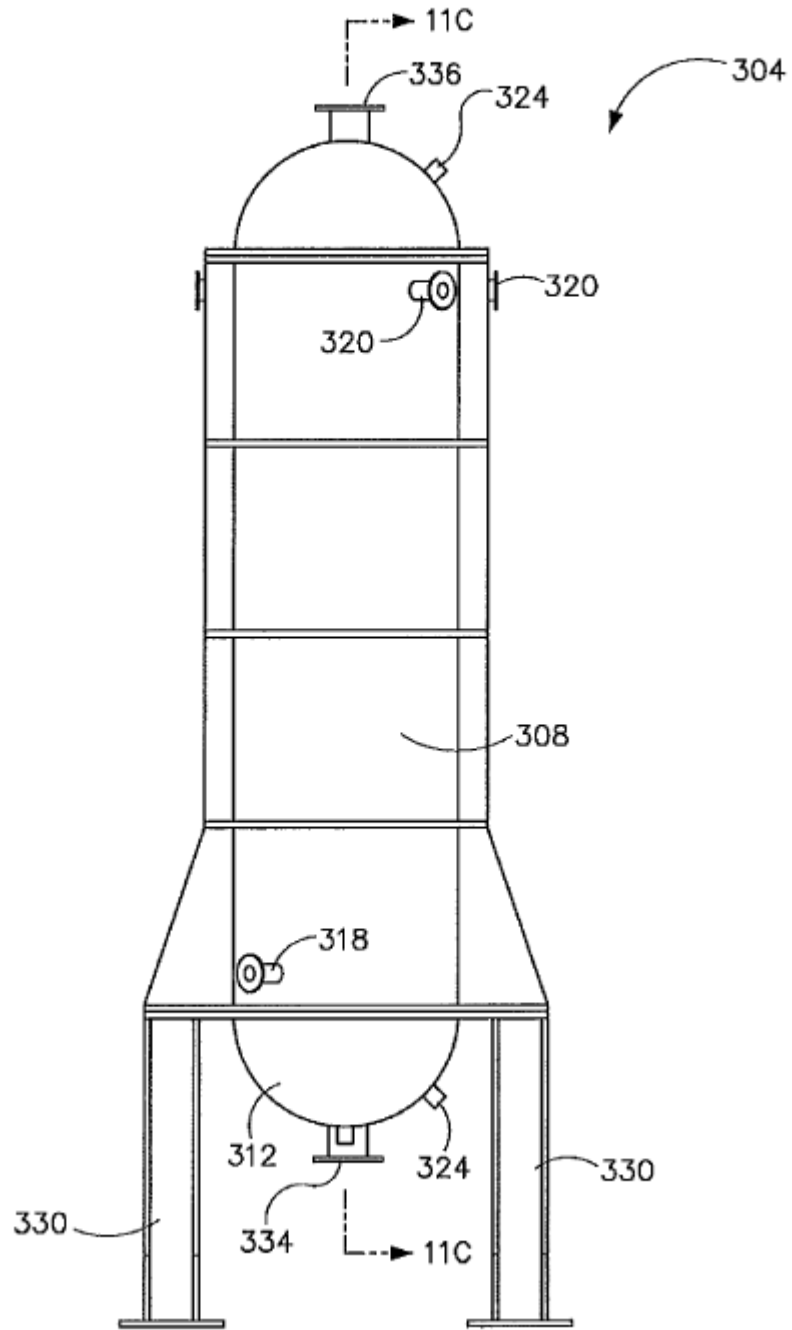


FIGURA 11C

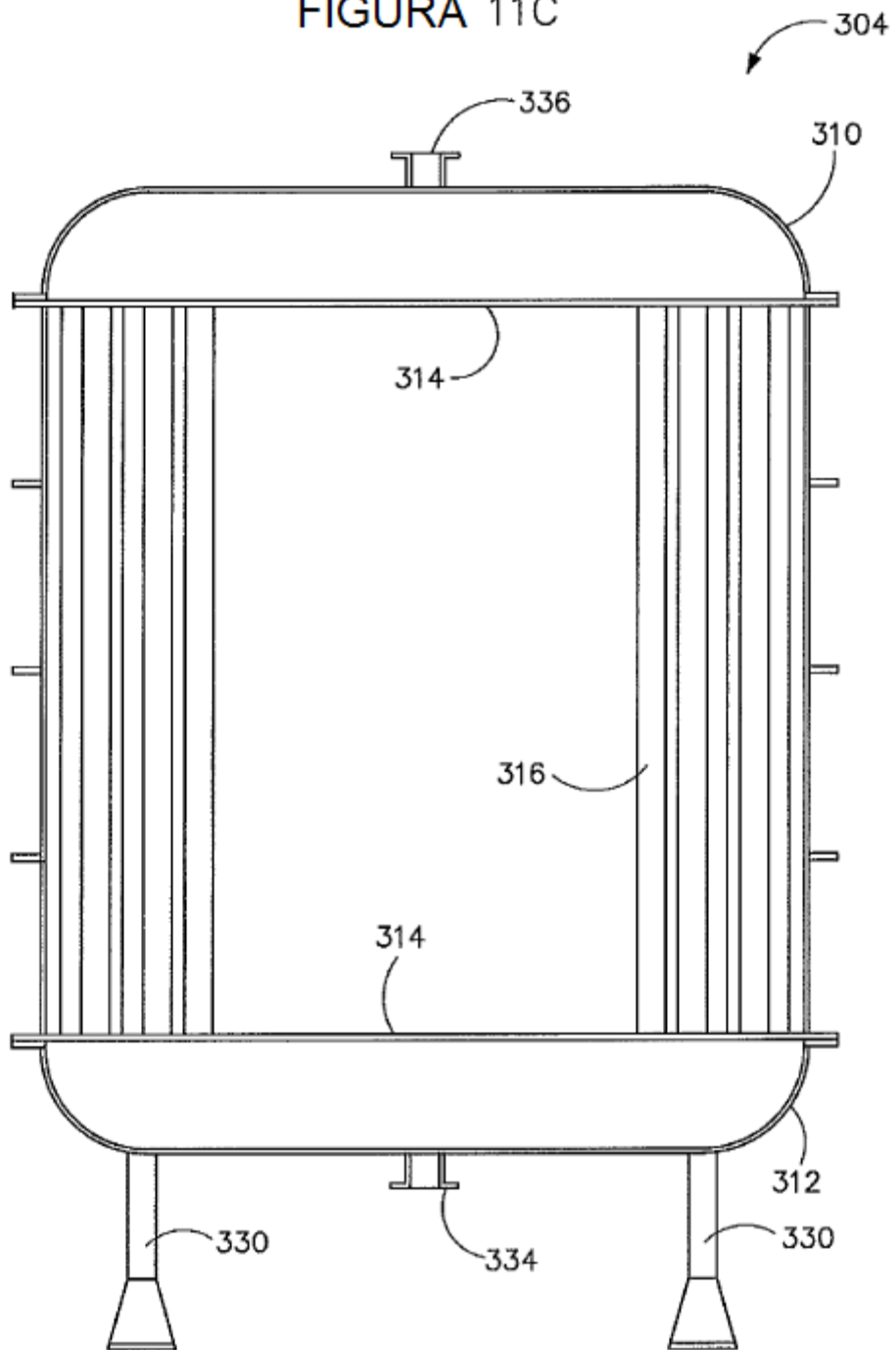


FIGURA 11D

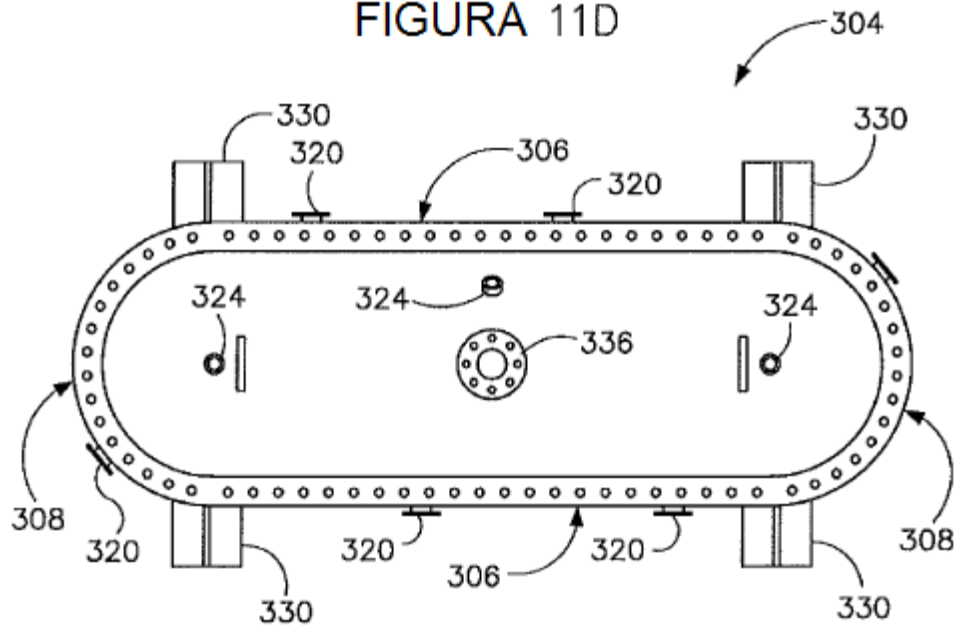
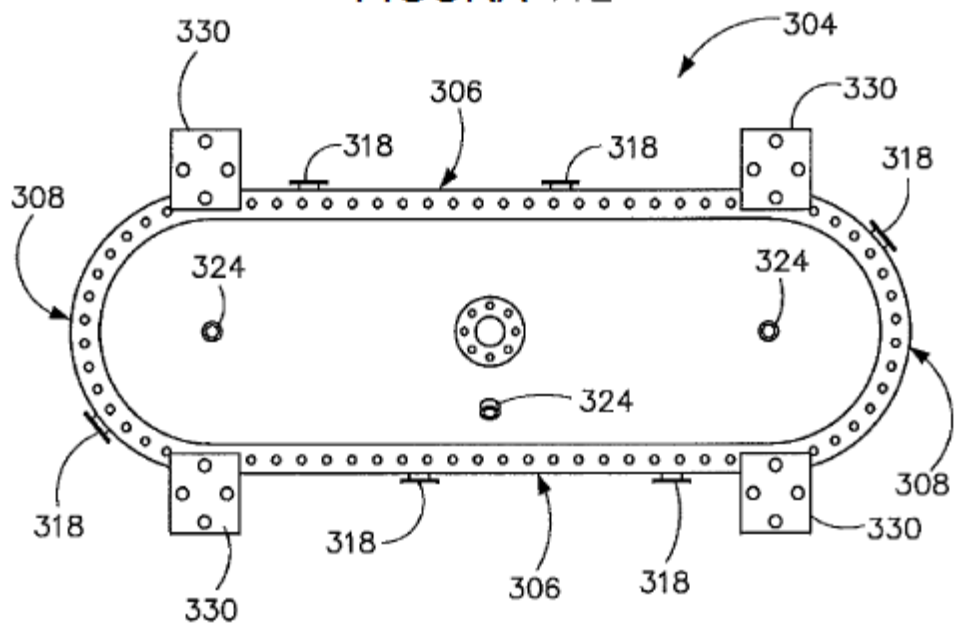


FIGURA 11E



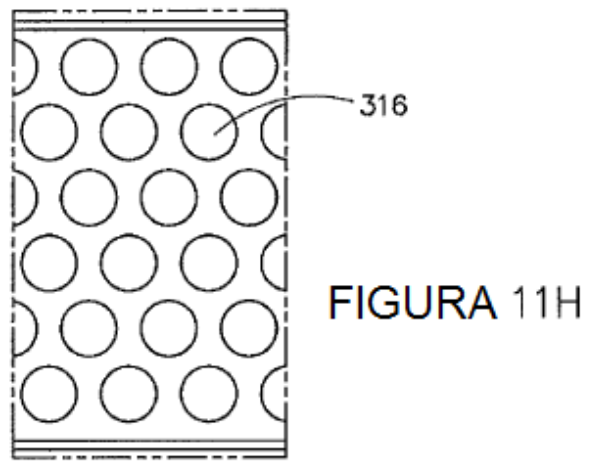
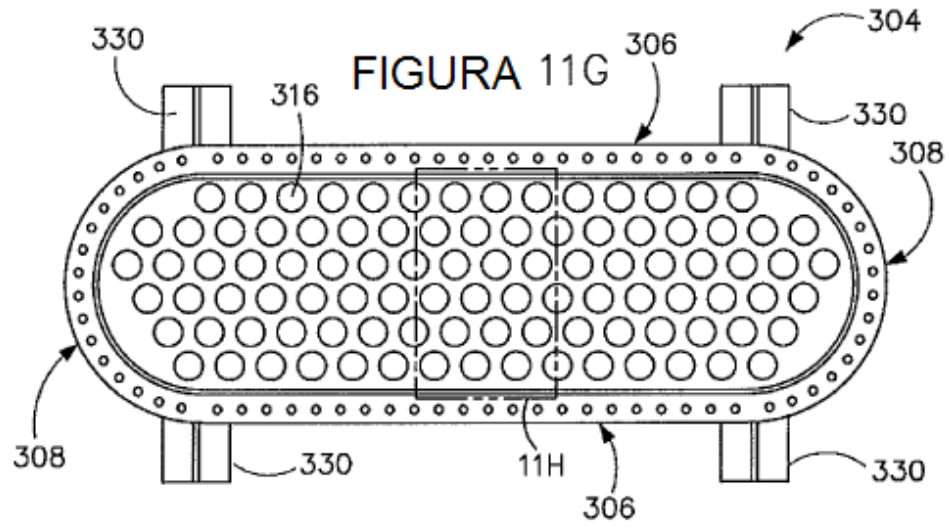
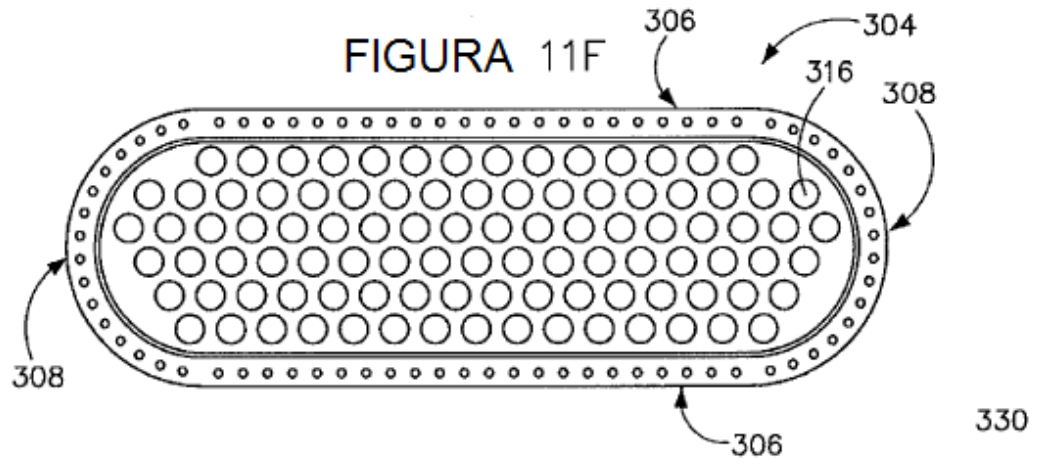


FIGURA 13

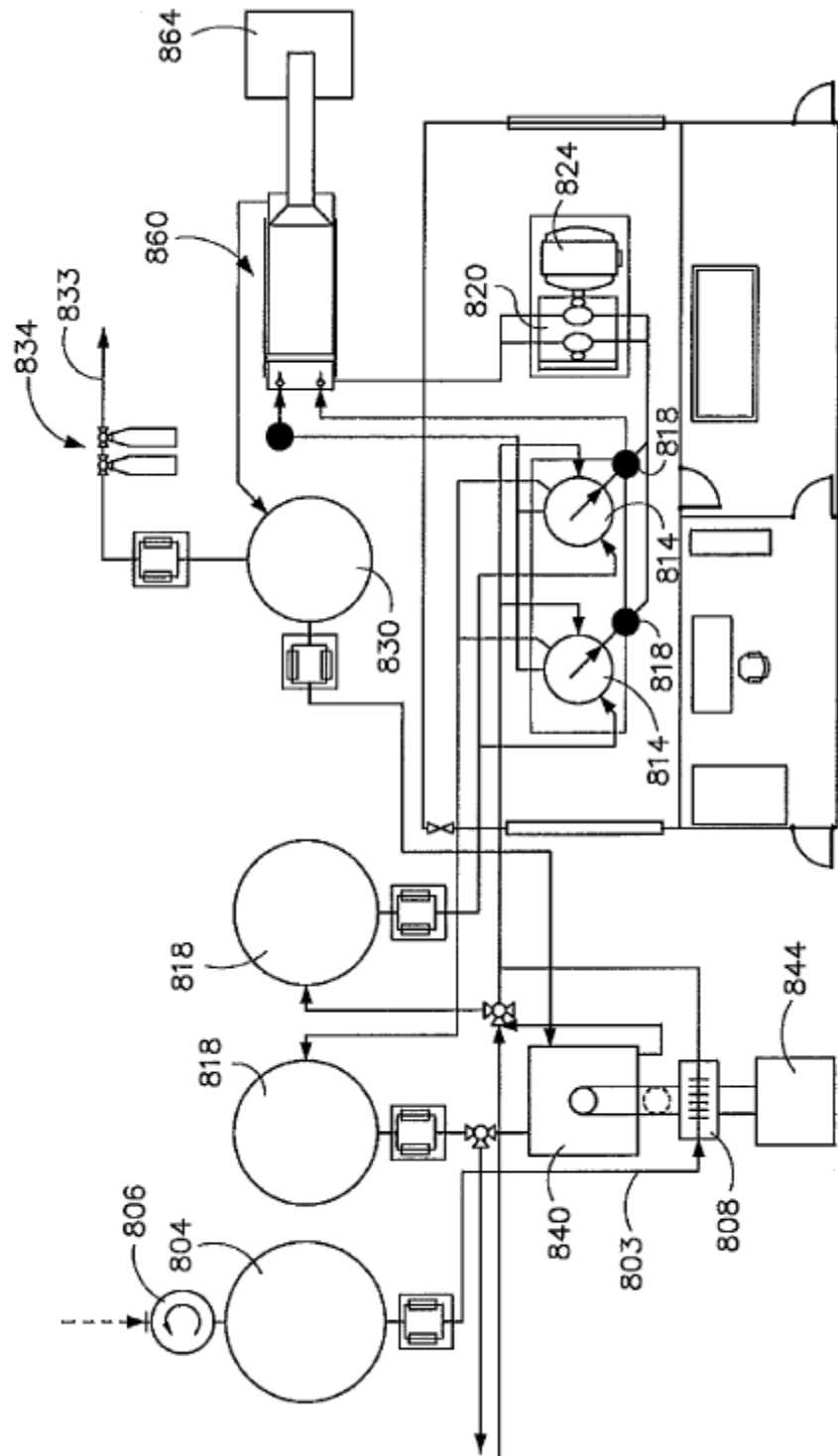
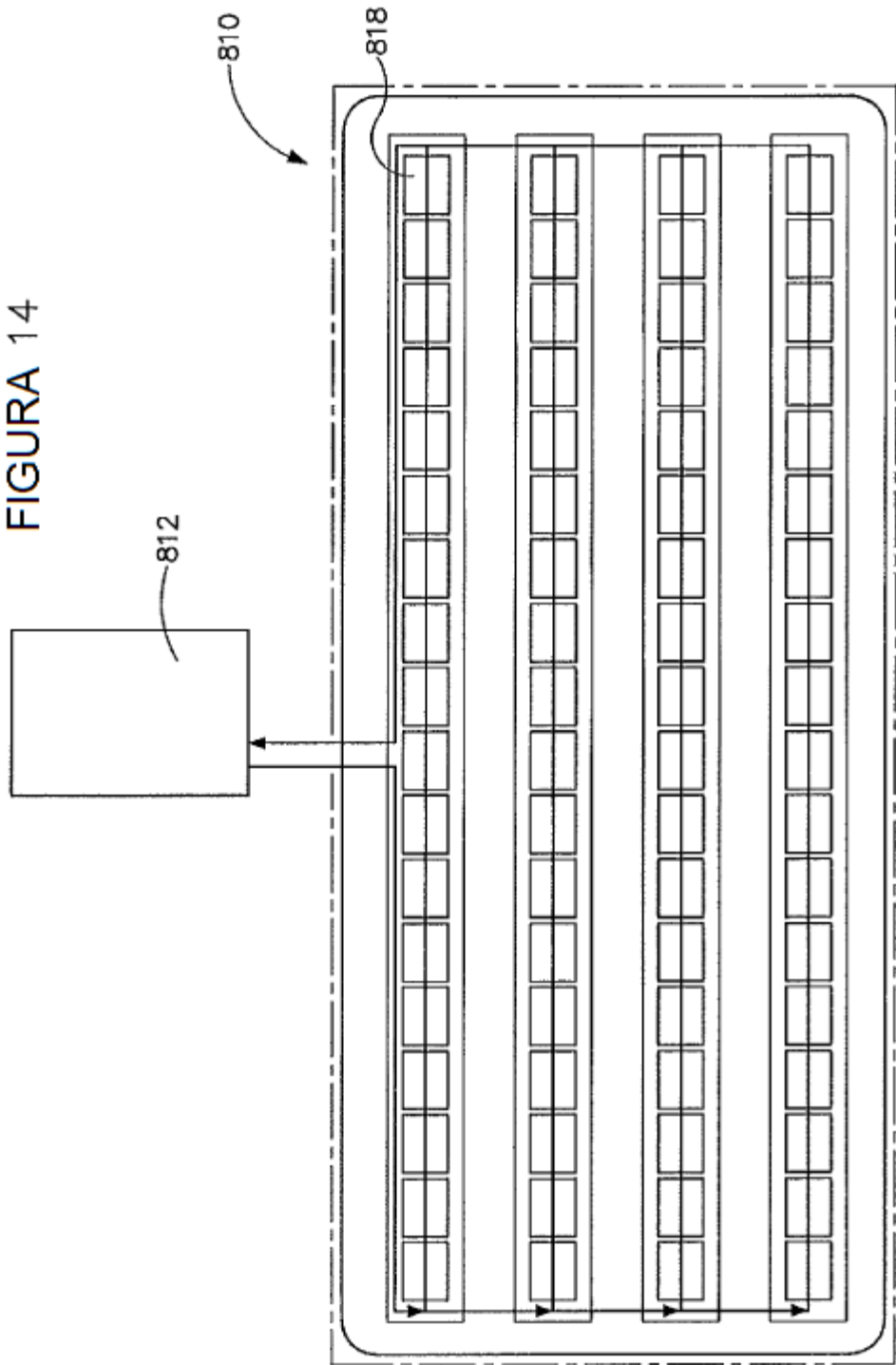
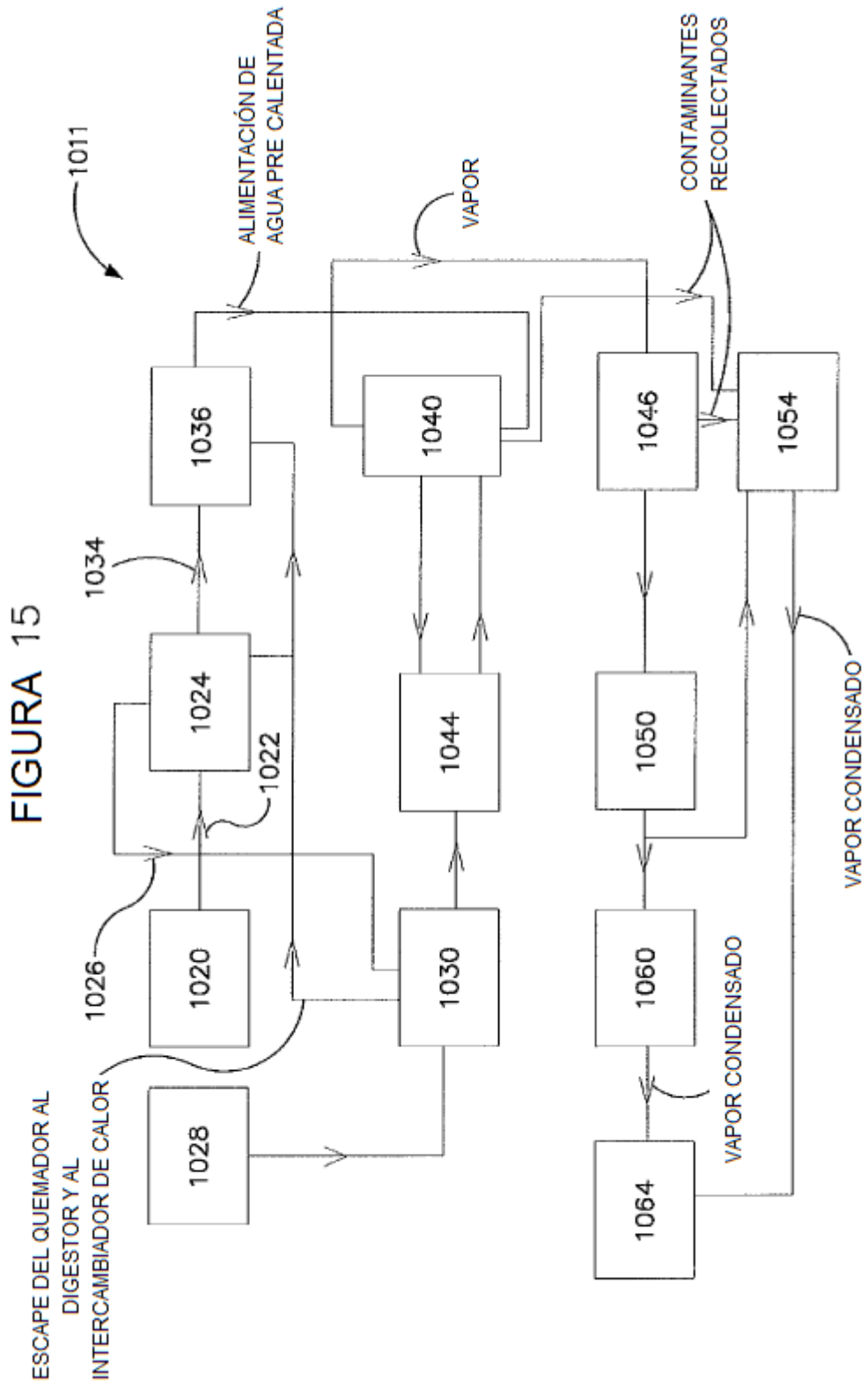
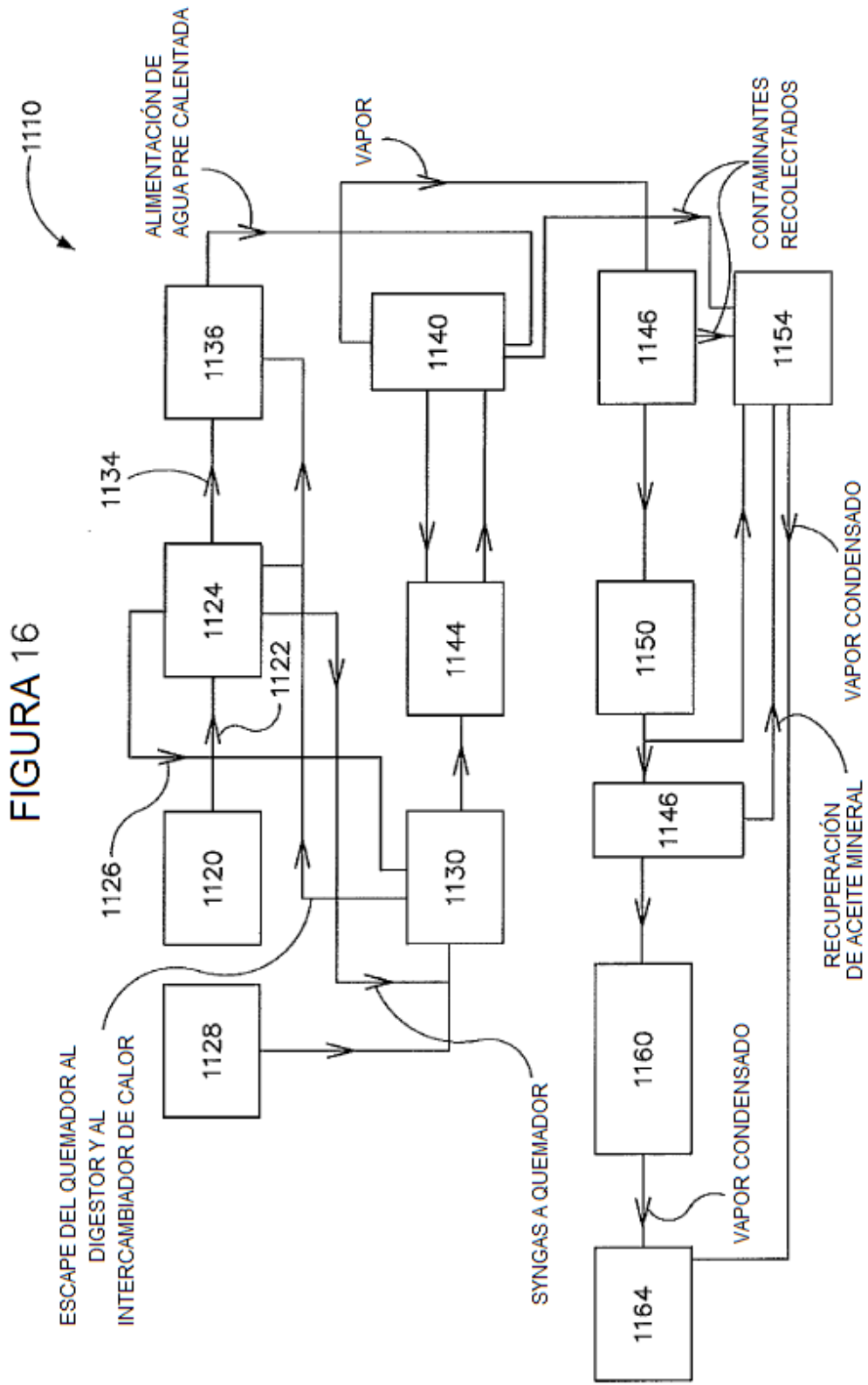


FIGURA 14

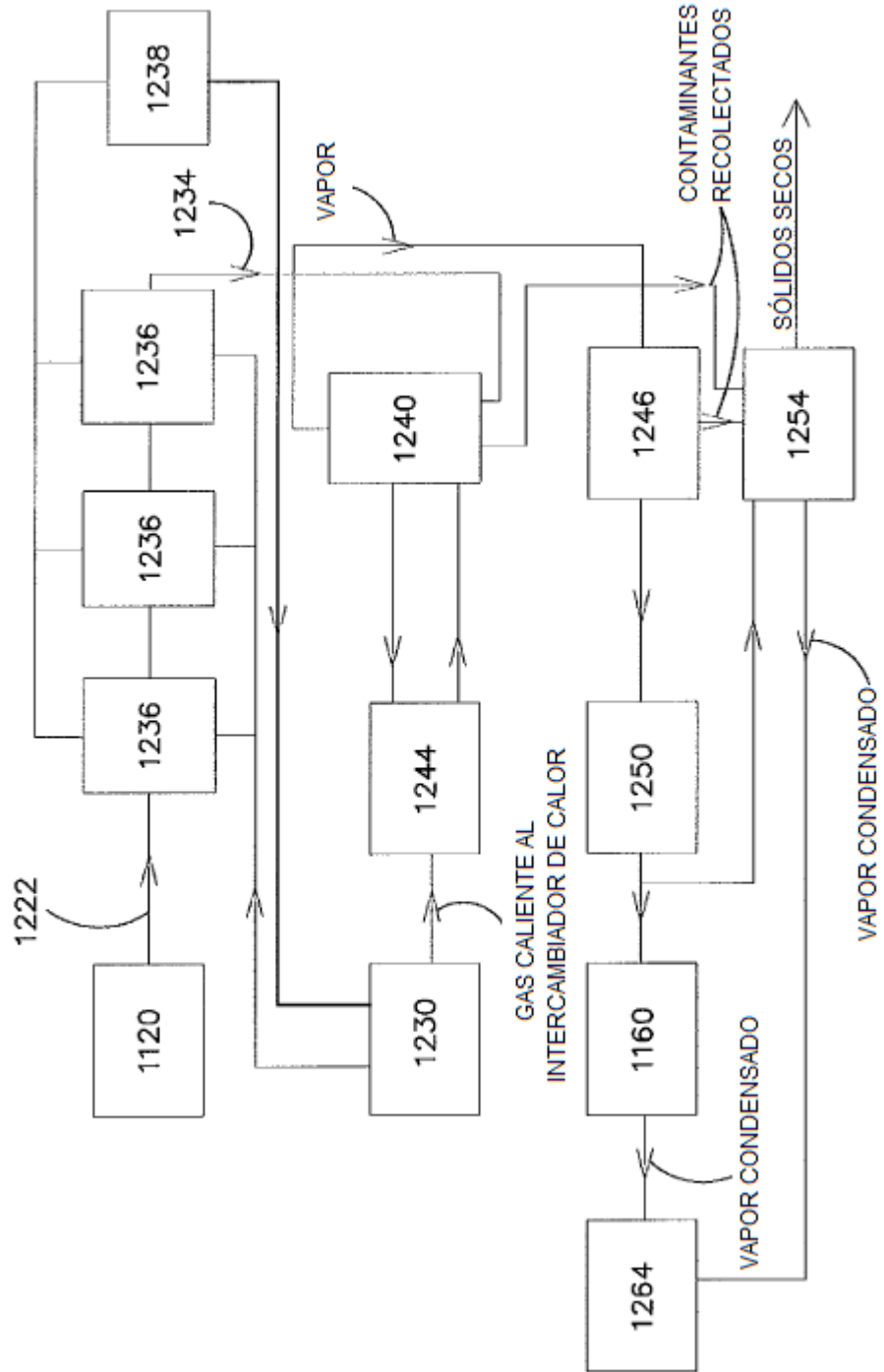






1210

FIGURA 17



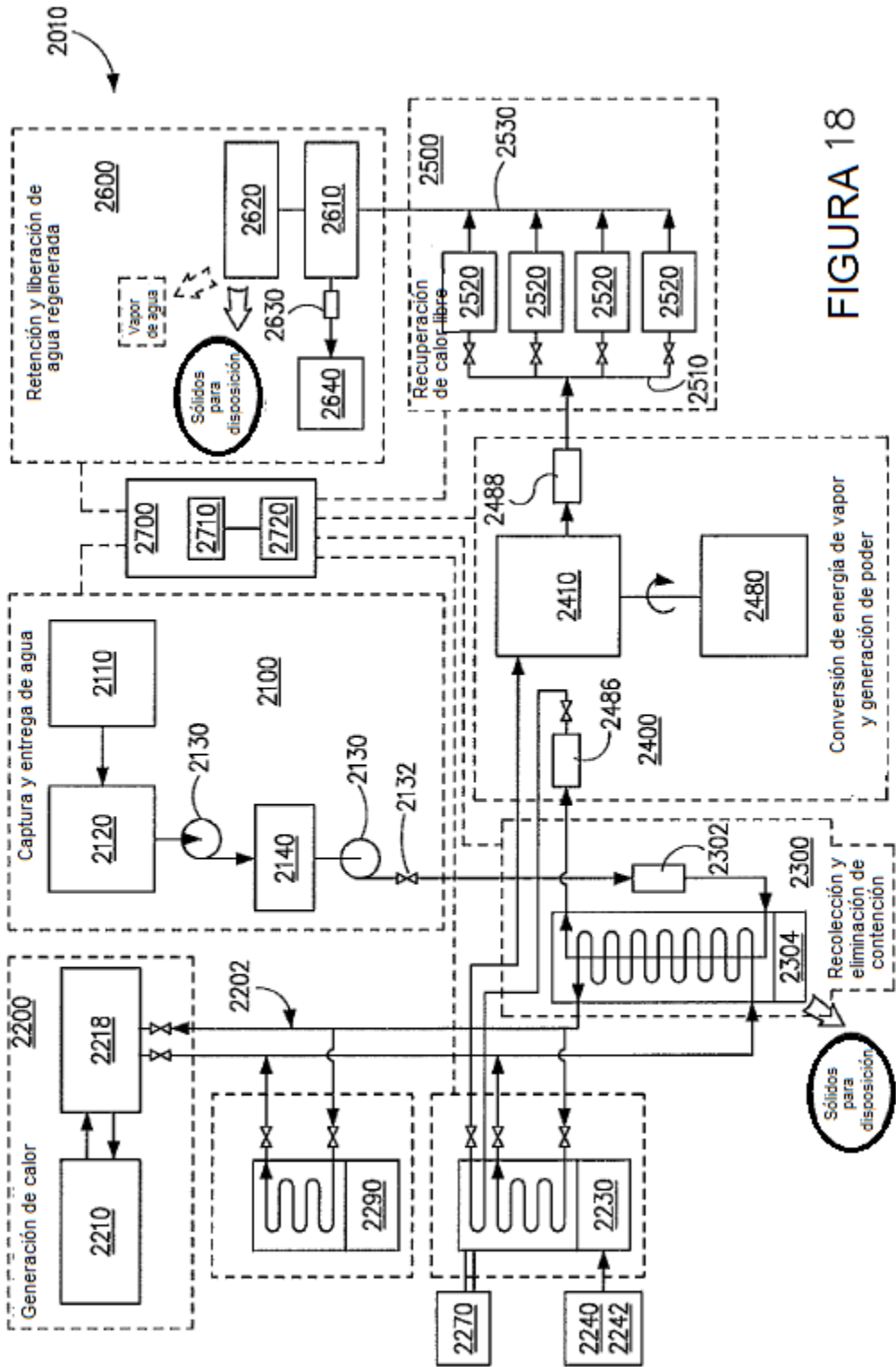


FIGURA 18

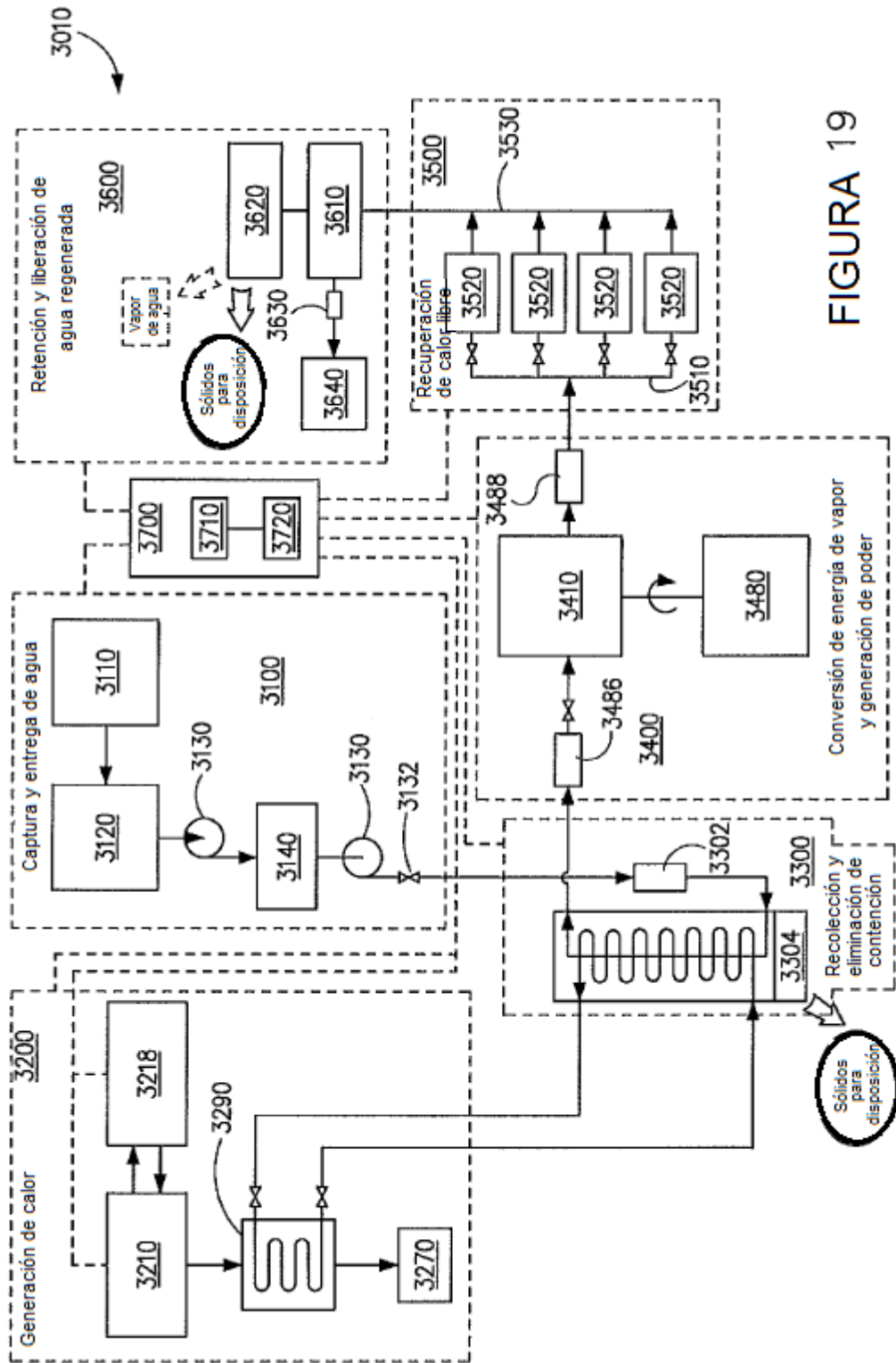


FIGURA 19

FIGURA 20

