

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 039**

51 Int. Cl.:

A61N 1/04	(2006.01)
F22B 1/00	(2006.01)
F24S 80/20	(2008.01)
F24S 23/70	(2008.01)
F24S 20/20	(2008.01)
F24S 10/30	(2008.01)
F24S 10/70	(2008.01)
F24S 60/00	(2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2012 PCT/US2012/048676**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO13019670**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2012 E 12748088 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 2737261**

54 Título: **Receptor solar de sal fundida de flujo de serpentina vertical ensamblado en taller**

30 Prioridad:

29.07.2011 US 201161513251 P
27.07.2012 US 201213560347

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.11.2019

73 Titular/es:

THE BABCOCK & WILCOX COMPANY (100.0%)
20 S. Van Buren Avenue
Barberton, OH 44203-0351, US

72 Inventor/es:

WASYLUK, DAVID, T.;
KRAFT, DAVID, L. y
MARSHALL, JASON, M.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 733 039 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

Receptor solar de sal fundida de flujo de serpentina vertical ensamblado en taller

5 Antecedentes de la invención

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de EE. UU. con número de serie 61/513.251 presentada el 29 de julio de 2011.

10 La presente divulgación se refiere, en general, al campo de la generación de energía utilizada para producir electricidad. Más particularmente, la divulgación se refiere a un receptor solar modular de sal fundida de acuerdo con la redacción de la reivindicación 1. El receptor comprende una disposición de superficies o facetas de transferencia de calor, un sistema de transferencia de calor de sal fundida interconectado estructural y fluidamente al mismo, y una estructura de soporte integral, entre otros componentes. También se divulga un sistema de energía solar de sal fundida según la redacción de la reivindicación 13.

15 Generalmente, un receptor solar es un componente de un sistema de generación de energía solar mediante el cual la radiación del sol (es decir, la luz solar) se utiliza como fuente de calor. La radiación y la energía térmica del sol se transfieren a un fluido de trabajo que se utiliza para generar básicamente electricidad a través del uso de turbinas, etc. El receptor generalmente es una unidad grande montada permanentemente en la parte superior de una torre de soporte elevada que está estratégicamente posicionada en un campo de heliostatos o espejos, que recogen los rayos de la luz solar y reflejan esos rayos de vuelta a las paredes objetivo en el receptor. Un receptor solar compacto, eficaz, para tales sistemas que utiliza sal fundida o un fluido de transferencia de calor similar y que tiene un diseño simple, modular, construcción robusta, y económico de fabricar, enviar e instalar sería deseable en el campo de la generación de energía.

20 Actualmente los generadores de energía eólica y solar fotovoltaica no tienen una capacidad de almacenamiento de energía económica. Sin almacenamiento de energía, las fluctuaciones en la red son inevitables debido a los vientos cambiantes, las nubes y la oscuridad de la noche. A medida que se instalen más generadores de energía eléctrica solar, las fluctuaciones en la red debido a los pasos de nubes y el arranque y cierre diarios serán inaceptables para mantener la demanda. En última instancia, para controlar la red, se requerirá almacenamiento de energía. Las plantas solares de sal fundida con receptores solares de sal fundida pueden ser útiles para cumplir con este requisito de almacenamiento de energía, lo que permite una electricidad constante y despachable.

30 A diferencia de una planta de energía solar de vapor/agua, una planta solar de sal fundida puede almacenar de manera eficiente la energía solar recolectada como energía térmica, lo que permite desacoplar la generación de energía de la recolección de energía. La planta de energía puede entonces producir y despachar electricidad según sea necesario, tal como cuando está nublado y por la noche, durante un cierto tiempo dependiendo del tamaño del sistema de almacenamiento térmico.

40 Es posible una planta de energía solar que utiliza receptores de vapor/agua y utiliza por separado la sal fundida para el almacenamiento térmico, pero menos eficiente. Se necesitarían intercambiadores de calor adicionales para transferir la energía térmica del vapor sobrecalentado, producido por los receptores, para calentar la sal fundida. La sal fundida podría entonces almacenarse, y cuando se desee, la electricidad podría generarse bombeando la sal caliente a un sistema diferente de intercambiadores de calor que transfieren la energía térmica de la sal caliente al agua para producir vapor para impulsar un generador de turbina de ciclo Rankine convencional. Algunos problemas con este sistema incluyen el costo adicional de intercambiadores de calor adicionales. Además, sería difícil diseñar un receptor de vapor/agua que sea capaz de producir vapor lo suficientemente caliente como para utilizar completamente la capacidad de almacenamiento a alta temperatura de la sal. Se podrían utilizar diferentes fluidos de transferencia de calor (HTF) para el almacenamiento de energía, como los aceites utilizados con tecnología de canales parabólicos, sin embargo, estos HTF están limitados a temperaturas más bajas y son menos eficientes. La eficiencia general de la planta de energía solar se perdería a través de los intercambiadores de calor adicionales y las limitaciones de temperatura de los diferentes HTF.

55 A lo largo de estas líneas, Gemasolar, una planta de energía solar ubicada en España, utiliza un único receptor solar grande, de sal fundida que se levantó en el campo, y se puso en servicio en la primavera de 2011. Este proyecto está diseñado para producir 17 megavatios de electricidad (MWe) con 15 horas de almacenamiento de energía.

60 Un proyecto de planta de energía solar conocido como Solar Two estuvo en funcionamiento desde enero de 1998 hasta abril de 1999. El objetivo de Solar Two fue demostrar el uso potencial de la tecnología de torre de energía solar de sal fundida a escala comercial. La FIG. 1 es un dibujo en perspectiva del receptor Solar Two.

65 El receptor solar utilizado en Solar Two era un solo receptor, erigido en el campo, en un campo de heliostatos. El receptor consistía en 24 paneles en una disposición cilíndrica externa que rodeaba la tubería interna, instrumentación, y recipientes de contención sal (no visibles). Cada uno de los paneles consistía en 32 tubos de paredes delgadas construidos con acero inoxidable y recubiertos con pintura negra para absorber la cantidad

máxima de energía solar incidente del campo heliostático.

La FIG. 2 es un esquema de las trayectorias de flujo del receptor Solar Two. La primera trayectoria de flujo es la trayectoria de flujo de derivación. La sal fundida "fría" podría fluir hacia arriba por la tubería ascendente 202 y hacia el recipiente de entrada 210. Al abrir la válvula de derivación 208, la sal fundida fluiría a través de la línea de derivación 206 directamente hacia la tubería de bajada 204, sin pasar por los paneles y el recipiente de salida 220. La segunda trayectoria de flujo fluye a través de los paneles del receptor para calentar la sal fundida. La sal fundida en frío fluyó desde el recipiente de entrada 210 a través del tubo 230 y a través de los paneles, y entonces fluyó en el recipiente de salida 220. Unas válvulas de drenaje 240, un colector de anillo 242 y unas válvulas de ventilación 244 también se ilustran.

Sería deseable proporcionar un receptor solar compacto que use sal fundida o un fluido de transferencia de calor similar y que sea de diseño simple, modular, y económico.

El documento US2004/0112374 describe un receptor central solar con colectores internos. Según este documento, una planta de energía solar que tiene una pluralidad de paneles receptores está montada de manera circular alrededor de un receptor solar. Cada panel receptor incluye una pluralidad de tubos que terminan en cada extremo en un colector. Para eliminar la presencia de espacios entre los tubos de los paneles receptores adyacentes, los colectores están escalonados o biselados. En la configuración escalonada, los colectores de los paneles receptores adyacentes están ubicados en diferentes elevaciones, de modo que los colectores de los paneles receptores adyacentes pueden superponerse entre sí, permitiendo así que los colectores y los tubos de los extremos de los colectores adyacentes estén paralelos y se coloquen en una relación de apoyo estrecha, dando como resultado la ausencia de espacios entre los colectores y tubos adyacentes.

El documento US 2010/0199979 A1 divulga una estructura de esquina para paredes de paneles en calderas solares. El documento US 2010/0199979 A1 no divulga un receptor solar modular de sal fundida que comprende cuatro facetas de transferencia de calor, comprendiendo cada faceta una entrada, una salida y una pluralidad de paneles de tubos, comprendiendo cada panel de tubos al menos un tubo, un colector de entrada y un colector de salida, estando las facetas conectadas de forma fluida para formar dos trayectorias de flujo independientes, incluyendo una trayectoria de flujo solo el cuadrante de flujo NE y el cuadrante de flujo SW, e incluyendo la otra trayectoria de flujo solo el cuadrante de flujo NW y el cuadrante de flujo SE.

Breve descripción

Los aspectos particulares y las realizaciones de la invención se exponen en las reivindicaciones independientes y dependientes adjuntas.

La presente divulgación se refiere a construcciones de paneles de tubos y receptores solares para la captura y almacenamiento de energía. Preferentemente, los receptores solares utilizan sal fundida como un fluido de transferencia de calor.

Los receptores solares son pequeños, modulares, y ensamblados en fábrica, lo que les permite ser transportados fácilmente y minimiza los costos de montaje en el campo. Se pueden usar varias unidades de los receptores modulares en un campo de heliostatos. También se incluyen sistemas de energía solar de sal fundida que comprenden dichas unidades modulares. El término "modular" se usa aquí para significar que el receptor solar es una unidad estandarizada, de modo que se pueda obtener una ampliación más fácil y rápida mediante la adición de otra unidad similar.

Los receptores solares ensamblados en taller comprenden una disposición de superficies de transferencia de calor, un sistema de transferencia de calor de sal fundida estructural y funcionalmente interconectado al mismo, y una estructura de soporte vertical. La estructura de soporte vertical soporta las superficies de transferencia de calor y los diversos componentes del sistema de transferencia de calor de sal fundida.

El receptor solar ensamblado en taller utiliza la energía del sol para calentar el fluido de trabajo (es decir, la sal fundida). Un campo de heliostatos de espejos ubicados en el suelo rastrea automáticamente el sol y refleja y concentra la energía de la luz en el receptor solar ensamblado en taller. La insolación solar incidente calienta el fluido de trabajo, que se puede utilizar con una turbina para generar electricidad.

Se describe en varias realizaciones un receptor solar de sal fundida, que comprende múltiples superficies de transferencia de calor/facetas. Cada faceta comprende una entrada de faceta, una salida de faceta y uno o más paneles de tubo. Cada panel de tubos comprende al menos un tubo, un colector de entrada y un colector de salida. Las múltiples facetas están dispuestas en el exterior de una estructura de soporte para formar un cuadrante de flujo NE, un cuadrante de flujo NW, un cuadrante de flujo SE y un cuadrante de flujo SW. Los paneles de tubos están orientados para ubicar los colectores en un plano superior y un plano inferior, estando los colectores en cada plano separados lateralmente entre sí. Las facetas están conectadas de manera fluida para formar dos trayectorias de flujo independientes, incluyendo una trayectoria de flujo el cuadrante de flujo NE y el cuadrante de flujo SW, e incluyendo la otra trayectoria de flujo el cuadrante de flujo NW y el cuadrante de flujo SE. Cada panel de tubos está conectado

- 5 opcionalmente a la estructura de soporte mediante un sistema de soporte de armadura de palanca acodada. El receptor solar puede incluir opcionalmente un escudo térmico superior, un escudo térmico inferior, una tubería ascendente, una tubería de bajada y/o una línea de derivación que conecta la tubería ascendente a la tubería de bajada. El escudo térmico superior encierra los colectores de los paneles de tubos en el plano superior. El escudo térmico inferior encierra los colectores de los paneles de tubos en el plano inferior.
- 10 Los paneles de tubos pueden ser drenables y se pueden vender. El receptor solar puede montarse en taller y transportarse por camión. También podrían usarse otros fluidos de transferencia de calor además de la sal fundida, si corresponde.
- 15 Los colectores de cada panel de tubos pueden estar orientados hacia adentro, lo que disminuye las dimensiones del receptor. En realizaciones particulares, los colectores superiores y los colectores inferiores de una faceta están en una elevación más alta que los colectores superiores y los colectores inferiores de una o ambas facetas adyacentes. Las facetas se pueden disponer en configuración rectangular, cuadrada, poligonal o circular.
- 20 El receptor solar puede comprender además un recipiente de salida, estando el recipiente de salida conectado de manera fluida aguas abajo de los paneles de tubo. En realizaciones particulares, el recipiente de salida se encuentra por encima de las múltiples facetas.
- 25 El receptor solar puede comprender además un recipiente de entrada, estando el recipiente de entrada conectado de manera fluida aguas arriba de las facetas. El recipiente de entrada puede ubicarse por encima o por debajo de los paneles de tubo, o en la base de la torre.
- 30 Cada panel de tubos puede apoyarse en la parte superior y conectarse a la estructura de soporte a lo largo de la altura del panel de tubos mediante el sistema de soporte de armadura de palanca acodada.
- 35 El receptor solar puede comprender además una válvula de control de flujo en cada una de las trayectorias de flujo independientes. El receptor solar también puede incluir: al menos una plataforma de acceso; una grúa y/o viga(s) de mantenimiento ubicadas en la parte superior del receptor solar; o una caja de horno superior encerrada por el escudo térmico superior y una caja de horno inferior encerrada por el escudo térmico inferior.
- 40 Generalmente, las entradas y salidas para cada faceta pueden ubicarse independientemente en cualquier esquina del receptor, y en el plano superior o en el plano inferior. Sin embargo, en realizaciones particulares, la salida de la faceta del cuadrante SE y la salida de la faceta del cuadrante SW se encuentran en el mismo plano, por ejemplo, el plano superior. La salida de la faceta del cuadrante SE y la salida de la faceta del cuadrante SW pueden estar ubicadas en una esquina sur. La entrada de la faceta del cuadrante NE y la entrada de la faceta del cuadrante NW están ubicadas en el mismo plano, por ejemplo, el plano inferior. La entrada de la faceta del cuadrante NE y la entrada de la faceta del cuadrante NW pueden estar ubicadas en una esquina norte.
- 45 Los tubos en cada panel de tubos pueden estar configurados, tal como con un recubrimiento negro, para aumentar la absorción de calor. El receptor solar puede comprender además una barrera de luz modular aislada y reflectante ubicada detrás de cada panel de tubos que refleja la luz de regreso hacia los tubos.
- 50 También se describe en otras realizaciones un receptor solar de sal fundida, que comprende múltiples facetas de transferencia de calor. Cada faceta comprende una entrada, una salida y uno o más paneles de tubo. Cada panel de tubos comprende una pluralidad de tubos, un colector superior y un colector inferior. Los tubos en cada panel de tubos forman un cuerpo que es más ancho que el colector superior y el colector inferior. Las múltiples facetas están dispuestas en el exterior de una estructura de soporte para formar un cuadrante de flujo NE, un cuadrante de flujo NW, un cuadrante de flujo SE y un cuadrante de flujo SW. Las facetas están conectadas de manera fluida para formar dos trayectorias de flujo independientes, incluyendo una trayectoria de flujo el cuadrante de flujo NE y el cuadrante de flujo SW, e incluyendo la otra trayectoria de flujo el cuadrante de flujo NW y el cuadrante de flujo SE. Los paneles de tubos en una faceta dada generalmente están interconectados para formar una trayectoria de flujo de serpentina. La entrada de la faceta y la salida de la faceta están ubicadas a lo largo de un borde de la faceta, y generalmente a lo largo del mismo borde. Cada panel de tubos está conectado a la estructura de soporte mediante un sistema de soporte de armadura de palanca acodada.
- 55 Para un panel de tubos dado, la relación entre el ancho del cuerpo (formado por los tubos) y el ancho del colector superior o del colector inferior puede ser de al menos 1,05:1.
- 60 Los colectores de cada panel de tubos pueden estar orientados hacia adentro, lo que disminuye las dimensiones del receptor. En realizaciones particulares, los colectores superiores y los colectores inferiores de una faceta están en una elevación más alta que los colectores superiores y los colectores inferiores de una o ambas facetas adyacentes. Las facetas se pueden disponer en configuración rectangular, cuadrada, poligonal o circular.
- 65 El receptor solar puede comprender además un recipiente de entrada, y una tubería de entrada que conecta de manera fluida el recipiente de entrada a dos entradas de facetas de cuadrantes de flujo adyacentes. El receptor solar

también puede comprender un recipiente de salida, y una tubería de salida que conecta de manera fluida el recipiente de salida a dos salidas de facetas de cuadrantes de flujo adyacentes. El recipiente de salida generalmente se ubica por encima del recipiente de entrada o por encima de los paneles de tubo. Una tubería de bajada luego conduce hacia abajo desde el recipiente de salida. Alternativamente, el receptor solar también puede comprender una tubería de bajada, y una tubería de salida que conecta de manera fluida dos salidas de facetas adyacentes de cuadrantes de flujo directamente a la tubería de bajada. Un recipiente de salida no está presente en tales realizaciones. Una tubería ascendente y una línea de derivación también pueden estar presentes, conduciendo la tubería ascendente al recipiente de entrada y conectando la línea de derivación la tubería ascendente a una tubería de bajada. El recipiente de entrada puede estar ubicado debajo de los múltiples paneles de tubo.

El receptor solar puede comprender además una caja de horno superior que encierra los colectores superiores de los paneles de tubo, y posiblemente un escudo térmico superior que cubre la caja de horno superior. El receptor solar puede comprender además una caja de horno inferior que encierra los colectores inferiores de los paneles de tubo, y posiblemente un escudo térmico inferior que cubre la caja de horno inferior. El receptor solar puede comprender además una barrera de luz modular aislada reflectante ubicada detrás de cada panel de tubos.

La salida de la faceta de cuadrante de flujo SE y la salida de la faceta de cuadrante de flujo SW se pueden ubicar en un plano común. La salida de la faceta de cuadrante de flujo SE y la salida de la faceta de cuadrante de flujo SW se pueden ubicar en una esquina sur. La entrada de la faceta de cuadrante de flujo NE y la entrada de la faceta de cuadrante de flujo NW se pueden ubicar en un plano común. La entrada de la faceta de cuadrante de flujo NE y la entrada de la faceta de cuadrante de flujo NW pueden estar ubicadas en una esquina norte.

También se divulga en varias realizaciones una superficie o faceta de transferencia de calor que puede usarse en un receptor solar. La faceta comprende uno o más paneles de tubo, comprendiendo cada panel de tubos al menos un tubo, un colector superior y un colector inferior, estando los paneles de tubos interconectados para formar una trayectoria de flujo de serpentina; una entrada de faceta; y una salida de faceta. La entrada de faceta y la salida de faceta están ubicadas a lo largo de un borde de la faceta. Normalmente hay una pluralidad de paneles de tubos en la faceta. Los colectores superiores y los colectores inferiores están separados lateralmente entre sí.

Cada panel de tubos puede comprender uno o más tubos, estando los tubos colocados paralelos entre sí para formar un cuerpo que es más ancho que el colector superior y el colector inferior. La entrada de faceta y la salida de faceta pueden estar ubicadas en el mismo borde de la faceta, o en bordes diferentes. Los colectores de cada panel de tubos pueden estar orientados hacia adentro (es decir, sesgados hacia el mismo lado de los tubos).

También se describen otras realizaciones de una superficie o faceta de transferencia de calor que puede usarse en un receptor solar. La faceta comprende una entrada, una salida y uno o más paneles de tubo. Cada panel de tubos comprende una pluralidad de tubos, un colector superior y un colector inferior. Los tubos del panel de tubos forman un cuerpo que es más ancho que el colector superior y el colector inferior. Los paneles de tubos pueden interconectarse para formar una trayectoria de flujo de serpentina. La entrada de faceta y la salida de faceta están ubicadas a lo largo de un borde de la faceta y pueden estar en el mismo borde.

También se divulga en realizaciones un sistema de energía solar de sal fundida, que comprende: una estructura de soporte vertical; un receptor solar central situado en la estructura de soporte vertical; una pluralidad de heliostatos dispuestos alrededor de la estructura de soporte vertical; un tanque de almacenamiento en frío configurado para suministrar sal fundida al receptor solar central; y un tanque de almacenamiento en caliente configurado para recibir sal fundida del receptor solar central. El receptor solar central comprende múltiples cuadrantes de flujo, comprendiendo cada cuadrante de flujo uno o más paneles de tubo. Cada panel de tubos comprende una pluralidad de tubos, un colector superior y un colector inferior. Los tubos de cada panel de tubos forman un cuerpo que es más ancho que el colector superior y el colector inferior. Los cuadrantes de flujo múltiples están dispuestos en el exterior de una estructura de soporte para formar un cuadrante de flujo NE, un cuadrante de flujo NW, un cuadrante de flujo SE y un cuadrante de flujo SW. Los paneles de tubos están conectados de manera fluida para formar dos trayectorias de flujo independientes, incluyendo una trayectoria de flujo el cuadrante de flujo NE y el cuadrante de flujo SW, e incluyendo la otra trayectoria de flujo el cuadrante de flujo NW y el cuadrante de flujo SE. Se contempla que cualquier número de receptores puede ser utilizado en el sistema de energía solar, estando cada receptor en una torre. Cada panel de tubos se puede conectar a la estructura de soporte mediante un sistema de soporte de armadura de palanca acodada.

El tanque de almacenamiento en frío y el tanque de almacenamiento en caliente se pueden ubicar en la base de la torre. El sistema de energía puede incluir además un sistema de generación de vapor que recibe sal fundida del tanque de almacenamiento en caliente.

Los colectores de cada panel de tubos pueden estar orientados hacia adentro. En realizaciones particulares, los colectores superiores y los colectores inferiores de los paneles de tubos en un cuadrante de flujo están en una elevación más alta que los colectores superiores y los colectores inferiores de los paneles de tubos en uno o ambos cuadrantes de flujo adyacentes.

También se divulga en diferentes realizaciones un panel de tubos que comprende una pluralidad de tubos, un colector superior y un colector inferior. Los tubos forman un cuerpo que es más ancho que el colector superior y el colector inferior.

5 La relación entre el ancho del cuerpo (formado por los tubos) y el ancho del colector superior o del colector inferior puede ser de al menos 1,05:1. En otras realizaciones, el colector superior y el colector inferior están inclinados hacia un lado de un plano formado por la pluralidad de tubos.

Estos y otros aspectos y/u objetos no limitativos de la divulgación se describen más particularmente a continuación.

10

Breve descripción de los dibujos

La siguiente es una breve descripción de los dibujos, que se presentan con el propósito de ilustrar las realizaciones ejemplares descritas en el presente documento y no con el propósito de limitar las mismas.

15

La FIG. 1 es una representación del receptor solar del proyecto Solar Two.

La FIG. 2 es un esquema que muestra una trayectoria de flujo y una trayectoria de derivación para el receptor solar del proyecto Solar Two.

20

La FIG. 3 es una vista en perspectiva de una realización de un receptor solar ensamblado de la presente divulgación. Esta realización particular tiene cuatro lados y no usa un recipiente de salida.

La FIG. 4 es una vista interior en perspectiva del receptor solar ensamblado de la FIG. 3 que ilustra la disposición de las superficies de transferencia de calor, y una estructura de soporte vertical provista para soportar por arriba las superficies de transferencia de calor.

25

La FIG. 5 es una vista esquemática de la tubería del receptor solar ensamblado de la FIG. 3, con varias partes del receptor solar retiradas para mayor claridad.

La FIG. 6 es un esquema que muestra una trayectoria de flujo para el receptor solar de la presente divulgación.

La FIG. 7A es una vista frontal ampliada de una faceta que incluye múltiples paneles de tubo, que puede usarse para formar un lado de una versión cuadrada o rectangular de un receptor solar de la presente divulgación.

30

La FIG. 7B es una vista en perspectiva interior de la faceta de la FIG. 7A.

La FIG. 7C es una vista en perspectiva interior ampliada de dos facetas adyacentes de un receptor solar, mostrando las diferentes elevaciones de los colectores (lo que ayuda a reducir las dimensiones del receptor).

La FIG. 8A es una vista lateral de un panel de tubos.

La FIG. 8B es una vista en despiece en perspectiva ampliada del panel de tubos de la FIG. 8A.

35

La FIG. 9 es una vista en planta desde arriba de las facetas de una versión cuadrada o rectangular del receptor solar de la presente divulgación.

La FIG. 10 es una vista en perspectiva de otra realización de un receptor solar ensamblado de la presente divulgación. Esta realización particular tiene cuatro lados e incluye un recipiente de salida.

La FIG. 11 es una vista lateral en sección transversal de algunas partes de un sistema de soporte de armadura de palanca acodada usado para conectar facetas o paneles a la estructura de soporte.

40

La FIG. 12 es una vista en planta de algunas partes de un sistema de soporte de armadura de palanca acodada usado para conectar facetas o paneles de tubos a la estructura de soporte.

La FIG. 13 es una vista en perspectiva de algunas partes de un sistema de soporte de armadura de palanca acodada usado para conectar facetas o paneles de tubos a la estructura de soporte.

45

La FIG. 14 es una vista en perspectiva de un accesorio sobre el cual el receptor solar se monta en taller, se envía y levanta.

La FIG. 15 es una vista lateral en sección transversal de una caja de horno que puede usarse con el receptor solar de la presente divulgación.

La FIG. 16 es una vista ampliada de la parte superior de la estructura de soporte del receptor solar y muestra vigas de mantenimiento.

50

La FIG. 17A es una vista en perspectiva que muestra un par de vigas de mantenimiento en una posición de almacenamiento, así como una posible primera posición de servicio y segunda posición de servicio.

La FIG. 17B es una vista en planta que muestra la disposición de los pasadores que fijan una viga de mantenimiento en la posición de almacenamiento correspondiente a la FIG. 17A.

55

La FIG. 17C es una vista en planta que muestra la disposición de los pasadores que fijan una viga de mantenimiento en la segunda posición de servicio.

La FIG. 17D es una vista en planta que muestra la disposición de los pasadores que fijan una viga de mantenimiento en la primera posición de servicio.

Descripción detallada

60

Se puede obtener una comprensión más completa de los procesos y aparatos divulgados en este documento haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Estas figuras son simplemente representaciones esquemáticas basadas en la conveniencia y la facilidad para demostrar la técnica existente y/o el desarrollo actual, y, por lo tanto, no pretenden indicar el tamaño relativo y las dimensiones de los conjuntos o componentes de los mismos.

65

Aunque los términos específicos se utilizan en la siguiente descripción para mayor claridad, estos términos pretenden referirse solo a la estructura particular de las realizaciones seleccionadas para ilustración en los dibujos, y no pretenden definir o limitar el alcance de la divulgación. En los dibujos y en la siguiente descripción a continuación, debe entenderse que las designaciones numéricas similares se refieren a componentes de función similar.

El modificador "aproximadamente" usado en relación con una cantidad incluye el valor establecido y tiene el significado dictado por el contexto (por ejemplo, incluye al menos el grado de error asociado con la medición de la cantidad particular). Cuando se usa con un valor específico, también debe considerarse como divulgación de ese valor. Por ejemplo, el término "aproximadamente 2" también divulga el valor "2" y el intervalo "de aproximadamente 2 a aproximadamente 4" también divulga el intervalo "de 2 a 4".

Cabe señalar que muchos de los términos utilizados en este documento son términos relativos. Por ejemplo, los términos "entrada" y "salida" son relativos a la dirección del flujo y no deben interpretarse como requiriendo una orientación o ubicación particular de la estructura. De manera similar, los términos "superior" e "inferior" son relativos entre sí en la ubicación, es decir, un componente superior se encuentra en una elevación más alta que un componente inferior. Además, los términos "norte" y "sur" se utilizan para indicar ubicaciones opuestas entre sí, como son "este" y "oeste". Estos términos direccionales son relativos entre sí, y no deben interpretarse como que se refieren a una dirección absoluta con referencia al Polo Norte geográfico o magnético de la Tierra.

El término "plano" se usa en este documento para referirse en general a un nivel común, y debe interpretarse como que se refiere a un volumen, no como una superficie plana.

En la medida en que las explicaciones de cierta terminología o principios del receptor solar, caldera y/o técnicas de generador de vapor pueden ser necesarias para comprender la presente divulgación, el lector es referido a Vapor/su generación y uso, 40ª edición, Stultz y Kitto, Eds., Copyright 1992, The Babcock & Wilcox Company, y a Vapor/su generación y uso, 41ª edición, Kitto y Stultz, Eds., Copyright 2005, The Babcock & Wilcox Company, cuyos textos pueden ser de interés para el lector experto.

La presente divulgación se refiere a un diseño de receptor solar que se puede usar con la tecnología de Torre Solar Concentrada, también conocida como tecnología de Energía Solar de Concentración (CSP). Generalmente, el receptor solar está ubicado en la parte superior de una estructura de soporte vertical que se eleva por encima del nivel o grado del suelo. La estructura de soporte vertical puede apoyarse desde una base. Se pueden proporcionar armaduras en la estructura de soporte vertical para proporcionar soporte lateral para la disposición de las superficies de transferencia de calor, que comprenden ventajosamente paneles de tubos tangenciales sueltos, al tiempo que permite la expansión térmica sin restricciones de los tubos/ paneles de tubos en las direcciones horizontal y vertical, eliminando así tensiones adicionales del tubo.

La estructura de soporte vertical, armaduras y otros miembros estructurales no solo proporcionan soporte estructural y rigidez para los tubos/paneles de tubos de las superficies de transferencia de calor, sino también un medio por el cual el receptor solar se puede recoger y levantar para colocarlo en un lugar deseado. La estructura permite que el receptor solar se monte en taller, se transporte, y luego levante y coloque sobre una torre como una unidad durante la instalación. La estructura de soporte vertical permanece con el receptor solar, facilitando así (si es necesario) la retirada del receptor solar de la torre en caso de que sea conveniente hacerlo.

El receptor es un conjunto de tubos con sales fundidas u otro fluido de transferencia de calor (HTF) que fluye dentro de los tubos. Al nivel del suelo, un campo de espejos llamados helióstatos rastrean el movimiento del sol y enfocan la luz solar sobre las superficies de transferencia de calor del receptor. El HTF dentro de los tubos del receptor absorbe la energía solar concentrada, haciendo que el HTF aumente de temperatura y/o cambie las fases, para que el HTF capte la energía solar. Se contempla que el receptor solar de la presente divulgación se use particularmente con sal de nitrato fundida como el HTF.

Los sistemas de la competencia suelen utilizar un solo receptor, grande, erigido en el campo en medio de un solo campo de helióstatos. Sin embargo, se contempla que el receptor solar de la presente divulgación se incorpore en una planta de energía que adopta un enfoque modular, utilizando varios receptores solares más pequeños que producen una salida que es equivalente a la de un solo receptor grande. En particular, este tamaño más pequeño permite el ensamblaje en el taller o, en otras palabras, el receptor solar puede enviarse al sitio de campo como una sola pieza ensamblada, en lugar de como varias piezas más pequeñas que se ensamblan juntas en el sitio de campo. Esto mejora la calidad, minimiza los costos laborales en campo, permite una instalación más rápida una vez que el receptor está en el sitio, y facilita los permisos ya que las torres son más cortas. El enfoque modular permite además un tamaño de planta escalable que se puede cambiar simplemente cambiando la cantidad de torres y receptores. El riesgo de la planta también se reduce porque se puede usar el mismo diseño de receptor para aumentar o reducir la escala de la planta; el diseño no necesita cambiarse.

Este receptor solar de sal fundida aplica muchos conceptos, tales como: montaje en taller, modularidad, superficies de transferencia de calor que utilizan tubos tangenciales sueltos con soporte superior y colectores dispuestos para un flujo de serpentina alterno de arriba abajo, un sistema de fijación de tubos/armadura y una barrera de luz detrás

de los paneles de tubo, entre otros.

Generalmente, el receptor de sal fundida usa sal fundida como HTF en lugar de vapor y agua que fluye a través de los tubos. Dichas sales fundidas pueden incluir sales de nitrato de sodio y sales de nitrato de potasio. La sal fundida "fría" a una temperatura de entrada de aproximadamente 288 °C (550 °F, 561 °K) se bombea desde un tanque de almacenamiento de sal fundida fría a los tubos del receptor. La energía solar enfocada en los paneles de tubos calienta la sal fundida a una temperatura de salida de aproximadamente 566 °C (1050 °F, 839 °K). Al salir del receptor solar, esta sal fundida "caliente" se devuelve al nivel del suelo y se almacena en un tanque de sal fundida caliente. Esto completa el proceso de recolección de energía.

Cuando se desee, la electricidad se genera al bombear la sal caliente del tanque de almacenamiento de sal caliente a un sistema de generación de vapor. Este es un sistema de intercambiadores de calor de tubos y carcasas que transfiere la energía térmica desde la sal fundida caliente al agua para producir un vapor de temperatura alta, y de alta presión. El vapor se utiliza entonces para impulsar un generador de turbina Rankine convencional. Esto completa el proceso de generación de energía. La sal enfriada regresa a un tanque de almacenamiento de sal fría y puede recircularse a través de los receptores solares.

La capacidad del sistema de recolección de energía (helióstatos y receptor) es mayor que la requerida por el sistema de generación de energía; por lo tanto, el exceso de energía se puede almacenar en forma de sal fundida caliente (566 °C, 1050 °F). Esto permite que la acumulación de energía en el receptor solar se desacople de la generación de energía. El almacenamiento de energía no es posible con un receptor de vapor/agua conectado directamente a una turbina, pero es muy deseable para una central eléctrica porque la planta puede producir y enviar electricidad según sea necesario, tal como cuando está nublado y por la noche, durante un período de tiempo dependiendo del tamaño del sistema de almacenamiento térmico.

El receptor solar ensamblado en taller de la presente divulgación comprende ventajosamente una disposición de superficies de transferencia de calor y conductos de transporte de fluido (tuberías, válvulas, etc.) y controles asociados dispuestos de una manera particular para transferir una cantidad deseada de energía térmica al fluido de trabajo (es decir, sal fundida). Las superficies de transferencia de calor están hechas ventajosamente de tubos dispuestos en paneles de tubos tangenciales, y están provistas de colectores de entrada y salida según se requiera. Como saben los expertos en la materia, los tamaños de los tubos, su material, el diámetro, espesor de pared, el número y la disposición de las superficies de transferencia de calor se basan en la temperatura y la presión para el servicio, según los códigos de diseño aplicables. Las características requeridas de transferencia de calor, relaciones de circulación, tasas de absorción de puntos, caudales máxicos del fluido de trabajo dentro de los tubos, etc., también son parámetros importantes que deben ser considerados. Dependiendo de la ubicación geográfica donde se instalará el receptor solar, también se consideran las cargas sísmicas aplicables y los códigos de diseño.

Las FIGS. 3-7C ilustran diversos aspectos del receptor solar de la presente divulgación. La FIG. 3 es una vista externa en perspectiva de una realización de un receptor solar ensamblado. El receptor es modular, ensamblado en taller y transportable en camión. El receptor utiliza sal fundida como fluido de transferencia de calor. El receptor también incluye superficies de transferencia de calor (es decir, facetas) que proporcionan una trayectoria de flujo de serpentina vertical para la sal fundida. Es capaz de utilizarse en un campo/sistema de heliostatos con múltiples receptores.

La FIG. 4 es una vista interior en perspectiva del receptor solar de la FIG. 3, y así se puede ver el interior y la parte posterior. Esto ilustra principalmente el sistema de soporte para las superficies de transferencia de calor y los otros componentes del sistema de transferencia de calor de sal fundida. La FIG. 5 muestra ciertas tuberías, respiraderos, drenajes y tanques de almacenamiento que forman parte del sistema de transferencia de calor de sal fundida. La FIG. 6 muestra una trayectoria de flujo de la sal fundida en el receptor solar de la FIG. 3. Las FIGS. 7A-7C ilustran ciertos aspectos de los paneles de tubos que comprenden las facetas de transferencia de calor utilizadas en el receptor solar.

Cuando se ve desde la parte superior, el receptor solar en algunas realizaciones específicas tiene dimensiones de aproximadamente 3,4 metros (11 pies) por 3,4 metros (11 pies) en cada lado. Cuando se ve desde el lado, el área de absorción de calor del receptor solar tiene aproximadamente 9 metros (30 pies) de altura (es decir, una altura de absorción de calor) por aproximadamente 3,4 metros (11 pies) de ancho. El tamaño del receptor es relativamente pequeño en comparación con las unidades de la competencia y facilita el máximo ensamblaje en el taller y la capacidad de envío en camión para reducir el tiempo y los costos de construcción en el campo. Se contempla que las dimensiones del receptor sean flexibles hasta cierto punto para cumplir con los requisitos de rendimiento térmico y al mismo tiempo lograr el ensamblaje en el taller y la capacidad de envío en camión.

El receptor solar se puede dividir en cuatro cuadrantes diferentes. Cada cuadrante contiene al menos una faceta 320, y cada faceta contiene al menos un panel de tubos como se describe más adelante en este documento. El cuadrante noreste (NE) 312 y el cuadrante sureste (SE) 316 son visibles en la FIG. 3, junto con la faceta NE 350 y la faceta SE 370. El cuadrante noroeste 314 (NW) y el cuadrante suroeste 318 (SW) son visibles en la FIG. 4, junto con la faceta NW 360 y la faceta SW 380.

Como se ve en las FIGS. 3-7C, los componentes del receptor solar se describen inicialmente en función de la trayectoria de flujo para la sal fundida. Inicialmente refiriéndose a la FIG. 3, el receptor solar 300 puede montarse sobre una estructura de soporte vertical (no mostrada), como una torre, para aumentar el área en la que se pueden colocar los helióstatos montados a nivel del suelo y aun así iluminar el receptor solar. Abordando ahora la FIG. 5, la sal fundida fría a aproximadamente 288 °C (550 °F) se bombea hacia la torre desde un tanque de almacenamiento de sal fría 301 a través de la tubería ascendente 324 en el recipiente de entrada 390, que actúa como un depósito presurizado de exceso de sal fundida. En el caso de que el flujo de sal a la torre se detenga debido a una falla de la bomba o por alguna otra razón, la sal fundida en el recipiente de entrada 390 puede continuar proporcionando flujo y enfriamiento a las facetas del receptor solar mientras se elimina el calor de los tubos al redirigir los helióstatos para que se enfoquen lejos del receptor solar. Desde el recipiente de entrada 390, la sal fundida fluye hacia la esquina norte del receptor y se divide en dos trayectorias de flujo paralelas. Una de las trayectorias de flujo ingresa en la entrada de faceta NE 352 y la otra trayectoria de flujo ingresa en la entrada de faceta NW 362. Hablando en términos generales, las entradas para las dos trayectorias de flujo están ubicadas en una esquina común. Por ejemplo, las entradas de faceta podrían ubicarse alternativamente en la esquina sur. La dirección del flujo de sal fundida puede diferir dependiendo de si el receptor solar está ubicado en el hemisferio norte o en el hemisferio sur de la Tierra, y esto puede afectar a en qué esquina están ubicadas las entradas.

Dentro de la faceta NE 350 y la faceta NW 360, la sal se calienta por la energía solar concentrada del campo de helióstatos que se enfoca en los tubos en las facetas. Cada faceta está compuesta por uno o más paneles de tubos 330 (ilustrados en la FIG. 3 como cuatro paneles de tubo). Cada panel de tubos comprende al menos un tubo 712, un colector de entrada 714 y un colector de salida 716 (véase la FIG. 7A). Los paneles de tubos están conectados entre sí en serie mediante la interconexión de tuberías, como los tubos de puente 414 (véase la FIG. 5). Los paneles de tubos 330 están organizados en dirección vertical o axial, de tal manera que la sal fundida fluye en una dirección alternada de arriba hacia abajo a través de los paneles de tubos (indicado por las flechas en la FIG. 3, la FIG. 6 y la FIG. 7). Este cambio en la dirección del flujo se conoce aquí como una trayectoria de flujo de serpentina. De nuevo, cada faceta puede tener una altura de aproximadamente 3 metros (10 pies) a aproximadamente 15 metros (50 pies). Cada faceta puede tener un ancho de aproximadamente 2,4 metros (8 pies) a aproximadamente 6 metros (20 pies).

Haciendo referencia a la FIG. 3 y la FIG. 4, la sal fundida del cuadrante NE 312 se "cruza" posteriormente a la faceta en el cuadrante SW 318, y la sal fundida del cuadrante NW 314 se "cruza" a la faceta en el cuadrante SE 316. Los cruces están destinados a equilibrar las diferencias de este a oeste en la temperatura de la sal causadas por la variación natural de este a oeste en la absorción solar. El calentamiento de la sal continúa en las facetas del cuadrante SE y SW, que también se componen de múltiples paneles de tubos de estilo de serpentina de arriba a abajo.

La tubería para este cruce se ve en la FIG. 5. Una primera tubería de cruce 348 conecta de manera fluida la salida de faceta NE 354 a la entrada de faceta SW 382. Una segunda tubería de cruce 349 conecta de forma fluida la salida de faceta NW 364 a la entrada de faceta SE 372. La sal fundida sale posteriormente de la salida de faceta SE 374 y la salida de faceta SW 384 en una esquina sur. Esta sal fundida tiene una temperatura de aproximadamente 566 °C (1050 °F) y se canaliza directamente a la tubería de bajada 322. La tubería de bajada funciona a presión atmosférica y se ventila a la atmósfera (indicado por el número de referencia 404). La sal luego fluye por gravedad hacia abajo de la torre y hacia el tanque de almacenamiento de sal caliente 302. Esto completa el proceso de recolección de energía. La energía térmica almacenada en la sal fundida caliente puede utilizarse a discreción de la central eléctrica para generar vapor y electricidad. Esto se hace, por ejemplo, pasando la sal fundida desde el tanque de almacenamiento de sal caliente 302 a través de un intercambiador de calor 303. La sal más fría corre luego hacia el tanque de almacenamiento de sal fría 301. El agua entra en el intercambiador de calor 303 y se convierte en vapor. El vapor puede enviarse a la turbina 305, que acciona un generador eléctrico 307.

Como se explica y se describe adicionalmente en este documento, en algunas realizaciones, un recipiente de salida puede estar presente entre las facetas y la tubería de bajada. Mientras que las tuberías se ilustran como trayectorias de fluido relativamente rectas, los expertos en la materia apreciarán que su diseño real en términos de disposición y longitud estará determinado por el grado de flexibilidad requerido para adaptarse a los movimientos esperados causados por la expansión y contracción térmica durante el funcionamiento del receptor solar. Por lo tanto, es probable que se necesiten curvas o longitud adicionales para proporcionar dicha flexibilidad.

La estructura de soporte 340 se muestra en la FIG. 4 como un conjunto de vigas y viguetas en forma de cuadrado. Un escudo térmico superior 394 y un escudo térmico inferior 396 cubren las partes de acero estructural superior e inferior por encima y por debajo de los paneles de tubos 330. Estos escudos 394, 396 protegen estos componentes no refrigerados del derrame de flujo de calor que no llega a las superficies que absorben calor de los paneles de tubos (es decir, la luz mal dirigida desde los helióstatos). Los escudos térmicos se extienden alrededor del perímetro del receptor solar. Un extremo o borde de los escudos térmicos está atornillado o soldado a la estructura de soporte 340 y el otro extremo está libre. Los escudos térmicos están hechos de acero de calibre delgado con refuerzos en el lado interior y a lo largo del borde libre para resistir el viento y las cargas sísmicas. Los escudos térmicos también se pueden unir en las esquinas para proporcionar una rigidez adicional para evitar la unión a los tubos. Existen disposiciones para la expansión térmica para reducir o evitar el pandeo. Los escudos térmicos son reflectantes (por ejemplo, pintados de blanco) en el lado expuesto y no están aislados en el lado interior para reducir la temperatura

de funcionamiento. Se proporciona un espacio entre los escudos térmicos y los paneles de tubos para permitir la circulación natural del aire para un enfriamiento adicional. Para reducir las dimensiones de envío, los escudos pueden instalarse en el campo.

5 Continuando con la FIG. 4, una cubierta de horno superior 393 encierra los colectores superiores 400 y las curvas de tubo superior de las facetas, mientras que una cubierta de horno inferior 391 encierra los colectores inferiores 420 y las curvas de tubo inferior de las facetas. Las cubiertas de horno están cubiertas por los escudos térmicos 394, 396 (véase la FIG. 3). Las cubiertas de horno 391, 393 precalientan aquellas áreas de los paneles receptores que no están expuestas al flujo de calor solar concentrado. Los calentadores eléctricos se utilizan para precalentar las
 10 curvas y los colectores de los paneles de tubos aislados. El precalentamiento es necesario al inicio para garantizar que todo el metal que entra en contacto con la sal se calienta por encima del punto de congelación de la sal antes de que la sal se introduzca en el receptor solar, evitando así la congelación de la sal que puede causar el bloqueo y dañar los componentes. En este sentido, debe observarse que las cubiertas de horno podrían ser cajas aisladas rígidas con elementos calentadores eléctricos dentro de la caja, o alternativamente podría ser una cubierta blanda,
 15 como una manta térmica aislada.

La FIG. 15 es una vista lateral en sección transversal de una cubierta de horno o caja de horno ejemplar. La caja de horno 500 representada aquí corresponde a una cubierta de horno inferior 391 de la FIG. 4. Aquí se ven una columna vertical 502 y dos vigas horizontales 504 de la estructura de soporte 340, a la que se une la caja de horno.
 20 La caja de horno rodea un colector inferior 420 y las curvas de tubo 333 de los tubos en la faceta. Un tubo de drenaje 422 sale por la parte inferior del colector inferior.

En la parte inferior de la caja de horno hay un soporte horizontal inferior 510 que se extiende hacia afuera alejándose de la columna vertical 502. Un soporte horizontal superior 512 también se extiende lejos de la columna vertical 502
 25 en la parte superior de la caja de horno. Los refuerzos 514 van desde el soporte horizontal superior 512 al soporte horizontal inferior 510. Fuera de la caja de horno está el escudo térmico 396. Una capa aislante 520 tiene una forma aproximadamente pentagonal, y se extiende desde el soporte horizontal superior a lo largo de los refuerzos hasta el soporte horizontal inferior, a través del soporte horizontal inferior, y a lo largo del escudo térmico. Un espacio de aire 530 está presente entre la capa aislante 520 y el escudo térmico 396. La capa aislante tiene un alto valor R y puede ser algo gruesa (aproximadamente 7,62 cm (3 pulgadas)). Un sello deslizante 532 está presente entre el escudo
 30 térmico 396 y los tubos 332. Unos calentadores eléctricos 540 están ubicados dentro de la caja de horno. Esos calentadores están rodeados por la capa aislante 520. Se contempla que se pueden usar cuatro o cinco calentadores, y que esos calentadores pueden tener dimensiones de, por ejemplo, 30 cm por 76 cm (12 pulgadas por 30 pulgadas).

La caja de horno se puede hacer en dos porciones separadas. Por ejemplo, la caja de horno 500 puede tener un lado interior 550 y un lado exterior 552, que se juntan entre sí. El lado interior se puede retirar en dos piezas. El lado exterior se puede hacer de una sola pieza. Un empalme 560 está presente en la parte superior de la caja de horno entre el soporte horizontal superior 512 y un extremo de la capa aislante 520. Otro empalme 562 está presente a lo
 40 largo del soporte horizontal inferior 510, entre el lado interior 550 y el lado exterior 552.

Tal y como se ilustra en la FIG. 4, se utiliza un sistema de soporte de armadura de palanca acodada 346 para unir cada panel de tubos a la estructura de soporte 340. Este sistema proporciona a los paneles de tubos una estabilidad horizontal (lateral) al tiempo que permite que los tubos se expandan de manera independiente y libre verticalmente
 45 (axialmente), lo que reduce las tensiones de tubo. Todos los paneles de tubos están soportados en la parte superior y se cuelgan de la estructura de soporte 340 que es interna al receptor. Cabe señalar que los colectores de los paneles de tubos adyacentes en cada faceta en cada nivel (superior / inferior) están separados lateralmente (horizontalmente) entre sí. La separación de los colectores de cada faceta permite que cada panel de tubos se expanda diferencialmente, lo que es necesario para reducir las tensiones, ya que cada panel de tubos 330
 50 funcionará a una temperatura más alta que el panel anterior. Todos los paneles de tubos están compuestos de tubos de paredes delgadas, sueltos, y tangenciales que permiten la expansión diferencial de tubo a tubo y reducen las tensiones de tubo. Los accesorios para tubos permiten la expansión térmica sin restricciones de los paneles de tubos en las direcciones horizontal y vertical, eliminando así tensiones adicionales del tubo. Estas características de diseño maximizan la flexibilidad y minimizan las tensiones térmicas y la posibilidad de que el tubo se doble. Los
 55 tubos pueden estar recubiertos, tal como pintados de negro, con el fin de mejorar la absorción de energía solar. Para este propósito se puede utilizar una pintura negra u óxido que absorben la luz.

La FIG. 5 muestra la disposición de tubería interna asociada con el receptor solar representado en la FIG. 3 y la FIG. 4. Las facetas / paneles de tubos del receptor solar son totalmente drenables y se pueden vender. El receptor generalmente se drena cuando no está en uso, al atardecer, o cuando la energía solar disponible es muy baja. La sal fundida se solidifica a aproximadamente 221 °C (430 °F, 494 °K). Si no se drena, la sal puede congelarse dentro de los tubos y taponar el receptor. Como se ve aquí, el receptor solar puede incluir una válvula de ventilación 406 para cada trayectoria de flujo independiente. La válvula de ventilación está ubicada típicamente cerca de la parte superior de la tubería de bajada 322, y la tubería de ventilación 416 también se ilustra conectando la trayectoria de
 60 flujo a la tubería de bajada.
 65

También se muestra una válvula de control de flujo 408 para cada trayectoria de flujo independiente. La válvula de control de flujo modula de forma automática e independiente el flujo de la sal fundida para controlar la temperatura final de la sal fundida a medida que sale de la trayectoria de flujo para cumplir con una temperatura de consigna. La válvula de control de flujo se ubica típicamente en la entrada donde se suministra sal fría a la trayectoria de flujo.

El receptor solar también puede incluir válvulas de drenaje 410. Normalmente, se proporciona una válvula de drenaje para cada par de paneles de tubo, y se encuentran debajo de los paneles de tubo. La tubería de drenaje 412 también se ilustra, y se conecta a la tubería de bajada 322, de modo que la sal fundida presente en los paneles del tubo se drena y fluye hacia la tubería de bajada 322. Las válvulas de ventilación, las válvulas de control de flujo y las válvulas de drenaje son automatizadas.

Como se señaló anteriormente, cada faceta está formada por uno o más paneles de tubo, incluyendo cada panel de tubos un colector de entrada y un colector de salida. Los paneles de tubos están alineados de manera que los colectores se organizan en un grupo de colectores inferiores 420 y colectores superiores 400. También se ilustran las tuberías de puente 414 entre colectores adyacentes.

La FIG. 6 es un diagrama que muestra el flujo de sal fundida a través de una de las dos trayectorias de flujo independientes en el receptor solar, la trayectoria de flujo a través de las facetas NE y SW. Inicialmente, el recipiente de entrada 390 está ubicado debajo de las facetas 350, 380 (cada una de las cuales tiene cuatro paneles de tubo). Se muestran las tuberías de puente 414 entre los paneles de tubo. Una tubería ascendente 324 proporciona sal fundida en frío al recipiente de entrada 390. Una tubería de entrada 402 conecta de manera fluida el recipiente de entrada 390 a la entrada de faceta NE 352. La salida de faceta NE 354 está conectada de manera fluida a la entrada de faceta SW 382 a través de una tubería de cruce 348. Una tubería de salida 403 conecta de manera fluida la salida de faceta SW 384 a la tubería de bajada 322.

También puede haber una línea de derivación que permita que la sal fundida evite por completo las facetas del receptor solar, conectando la tubería de entrada 402 a la tubería de bajada 322. Por lo general, esto se hace al inicio, mientras que las facetas y las cubiertas de horno se precalientan para reducir el riesgo de congelación de sal en los paneles, o se realiza durante la noche para mantener caliente la tubería de la torre para evitar activar el trazado de calor. La línea de derivación 432 conecta la tubería ascendente 324 a la tubería de bajada 322 aguas arriba del recipiente de entrada 390. La línea de derivación se puede ubicar en una elevación baja más cercana al nivel del suelo o dentro de la torre en la que se asienta el receptor solar. Una válvula controla el flujo a través de la línea de derivación.

Una trayectoria de flujo similar está presente para las facetas NW y SE en el receptor solar, aunque no se ilustra. Una segunda tubería de entrada conecta de manera fluida el recipiente de entrada a la entrada de faceta NW. Se debe tener en cuenta que una tubería común normalmente sale del recipiente de entrada y luego se divide para formar dos tuberías de entrada que alimentan las dos trayectorias de flujo. La salida de faceta NW está conectada de manera fluida a la entrada de faceta SE a través de una segunda tubería de cruce. Una segunda tubería de salida conecta de manera fluida la salida de faceta SE a la tubería de bajada. La sal fundida puede fluir desde el recipiente de entrada a través de la faceta NW y la faceta SE a la tubería de bajada 322.

La FIG. 7A es una vista frontal ampliada de un lado del receptor solar que muestra los múltiples paneles de tubos 730 que forman una faceta 320 en la FIG. 3. La FIG. 7B es una vista en perspectiva interior de los paneles de tubos 730. Hablando en términos generales, la faceta 700 está formada por una pluralidad de paneles de tubos 710, representada aquí con cuatro paneles de tubo. Cada panel de tubos comprende uno o más tubos 712 que son paralelos entre sí. Los tubos 712 pasan entre un colector de entrada 714 y un colector de salida 716 para formar un cuerpo o pared 737 sobre los cuales puede dirigirse la energía solar enfocada desde los helióstatos. Los paneles de tubos 710 están interconectados utilizando tubos de puente 702 (también el número de referencia 414 en la FIG. 5). Estas interconexiones forman una trayectoria de flujo de serpentina a través del lado del receptor, que se indica con flechas 705. La trayectoria de flujo comienza en la entrada de faceta 704 y termina en la salida de faceta 706. Cabe señalar que, si hay un número par de paneles de tubos 710, la entrada de faceta 704 y la salida de faceta 706 pueden estar situadas a lo largo de un borde común 708 o 744 de la faceta 700. Alternativamente, la entrada de faceta 704 y la salida de faceta 706 pueden ubicarse en bordes opuestos 708 y 744 del panel de tubos 700 cuando se utiliza un número impar de paneles de tubos. Dicho de otra forma, la entrada de faceta y la salida de faceta pueden ubicarse independientemente en el borde superior 744 o en el borde inferior 708, según lo requerido por el diseño del receptor. Como se muestra aquí, la entrada de faceta 704 y la salida de faceta 706 están situadas a lo largo del borde superior 744.

Como se señaló anteriormente, un colector de entrada se define como tal en relación con la dirección del flujo. De este modo, para el panel de tubos 730, el colector 731 se considera el colector de entrada y el colector 732 se considera el colector de salida. Sin embargo, para el panel de tubos adyacente 740, el colector 742 se considera el colector de entrada y el colector 741 se considera el colector de salida. Los colectores de los paneles de tubos también pueden designarse como colectores superiores 731, 741, 751, 761 y colectores inferiores 732, 742, 752, 762, en donde los colectores superiores están ubicados por encima de los colectores inferiores. Dicho de otra manera, un conjunto de colectores 732, 742, 752, 762 está ubicado en el plano inferior 708, y el otro conjunto de

colectores 731, 741, 751, 761 está ubicado en un plano superior 744.

Refiriéndose nuevamente al panel de tubos 730, los tubos 736 forman un cuerpo 737. Los tubos están espaciados de cerca y son paralelos entre sí. Como se ilustra en la FIG. 7A y la FIG. 7B, el colector superior 731 tiene un ancho 733, y el colector inferior 732 tiene un ancho 734. El cuerpo 737 tiene un ancho 738 que es mayor que los anchos de colector 733, 734. Dicho de otra forma, el cuerpo 737 es más ancho que el colector inferior 732 y el colector superior 731. El ancho se mide en la dirección horizontal. El colector inferior y el colector superior de cada panel de tubos tienen el mismo ancho. La relación del ancho del cuerpo 737 con el ancho del colector inferior o del colector superior 732, 731 es de al menos 1,05:1, y puede variar de 1,05 a 1,5. Los colectores superiores de los paneles de tubos adyacentes están separados lateralmente entre sí. Los colectores inferiores de los paneles de tubos adyacentes también se separan lateralmente entre sí. Tal como se ha explicado anteriormente, esto permite que los paneles de tubos se expandan de manera diferencial entre sí porque funcionan a diferentes temperaturas. Esto también permite que la faceta mantenga la misma separación estrecha de tubos entre los paneles de tubos adyacentes que entre los tubos dentro de un panel de tubos.

Con referencia a la FIG. 7B, cabe señalar que en cada panel de tubos 710, los tubos 712 se extienden más lejos de la estructura de soporte que los colectores 714, 716. Dicho de otra forma, los tubos están inclinados hacia un lado exterior de los colectores. Dicho de otra manera, los colectores están orientados hacia adentro o hacia el interior en comparación con los tubos, o pueden describirse como colectores internos. Alternativamente, se puede considerar que los colectores están orientados hacia adentro o hacia el interior si están más cerca del interior del receptor solar en comparación con el plano formado por los tubos. El colector completo está a un lado del plano formado por los tubos.

Haciendo referencia a la FIG. 5 y la FIG. 7C, los colectores de las facetas en el cuadrante de flujo NW y el cuadrante de flujo SE se encuentran en una elevación más alta que los de las facetas en el cuadrante de flujo NE y el cuadrante de flujo SW. De este modo, los colectores y las curvas de tubos de las distintas facetas se pueden solapar. Esto reduce las dimensiones de envío del receptor, permitiendo la capacidad de envío en camión y también permite un acceso más fácil desde el interior del receptor para la reparación / reemplazo de tubos. Más generalmente, los colectores superiores en una faceta están en una elevación diferente de los colectores superiores en una faceta adyacente, y los colectores inferiores en una faceta también están en una elevación diferente de los colectores inferiores en la faceta adyacente. De hecho, los colectores superiores y los colectores inferiores de la una faceta están en una elevación diferente a los colectores superiores y los colectores inferiores en ambas facetas adyacentes. Como la altura de los paneles de tubos suele ser la misma para las facetas, esto significa que, por ejemplo, si los colectores superiores en el cuadrante de flujo NW se encuentran en una elevación más alta que los colectores superiores en el cuadrante de flujo NE, luego los colectores inferiores en el cuadrante de flujo NW también están en una elevación más alta que los colectores inferiores en el cuadrante de flujo NE. La elevación es relativa al nivel.

En la FIG. 7C, se ven los colectores inferiores 420 para la faceta NW 360 y la faceta SW 380. Los colectores tienen un lado interior 424 (más cercano a la estructura de soporte) y un lado exterior 426. Los tubos 332 están inclinados hacia el lado exterior, y las curvas de tubos 333 están presentes para permitir que los tubos estén separados sobre un área más grande en los colectores. Los tubos de puente 414 también son visibles entre los paneles de tubos. Los colectores en la faceta NW 360 están en una elevación más alta en comparación con los colectores en la faceta SW 380. Los colectores también son colectores internos.

La FIG. 8A es una vista lateral de un panel de tubos 710, y la FIG. 8B es una vista en perspectiva ampliada despiezada del panel de tubos. Una barrera de luz de panel modular reflectante 770 está situada detrás de los tubos 712 opuestos al lado de absorción de calor (es decir, exterior) del panel de tubos. Esta barrera de luz está diseñada para proteger el aislamiento 780, la estructura de soporte (véase el número de referencia 340 en la FIG. 4), y las partes interiores del receptor solar frente a la exposición a la lluvia y al calor que pueden pasar a través de los huecos entre los tubos tangenciales sueltos de los paneles de tubos. El diseño modular de la barrera de luz simplifica la retirada para inspecciones y/o mantenimiento. La barrera de luz 770 está compuesta por un conjunto de láminas metálicas y está recubierta con pintura blanca u otro material reflectante en el lado del tubo para reflejar la energía de la luz nuevamente dentro de los tubos y reducir las temperaturas de funcionamiento de la placa de barrera. La barrera de luz está soportada por la estructura de unión de tubos, es decir, el sistema de soporte de armadura 346. Detrás de la barrera de luz (es decir, más en el interior del receptor solar) se encuentra el aislamiento 780, que está cubierto por revestimiento térmico.

La FIG. 9 es una vista en planta esquemática (es decir, desde arriba) de las facetas de un receptor solar similar al de la FIG. 3. El receptor solar tiene una esquina norte (N) 902, una esquina sur (S) 904 frente a la esquina N, una esquina este (E) 906 entre la esquina N 902 y la esquina S 904, y una esquina oeste (W) 908 opuesta a la esquina E. En tal caso, la faceta de cuadrante NE 910, la faceta de cuadrante NW 920, la faceta de cuadrante SE 930 y la faceta de cuadrante SW 940 pueden verse. También se indican la entrada de cuadrante 912, 922, 932, 942 y la salida de cuadrante 914, 924, 934, 944 para cada faceta. En este esquema, los cuatro lados están dispuestos en una configuración rectangular (es decir, en una forma que tiene cuatro esquinas de 90°). Sin embargo, se contempla que el receptor solar podría configurarse en otras formas (por ejemplo, cuadrada, circular, poligonal) y todavía

dividirse en cuatro cuadrantes diferentes. La salida de faceta del cuadrante SE 934 y la salida de faceta del cuadrante SW 944 están ubicadas en la esquina sur 904. La entrada de faceta del cuadrante SE 932 se ve en la esquina este 906, mientras que la entrada de faceta del cuadrante SW 942 se ve en la esquina oeste 908. Las entradas y salidas para las facetas del cuadrante SE y SW están ubicadas en un plano superior o inferior, según se desee.

La FIG. 10 es una vista en perspectiva de una segunda realización ejemplar de un receptor solar de la presente divulgación. Esta realización difiere de la de la FIG. 3 en que esta realización incluye un recipiente de salida 392. El recipiente de salida está ubicado por encima del recipiente de entrada (no visible en esta figura) y sobre las facetas 320. Cuando se incluye un recipiente de salida, la sal fundida sale de las dos trayectorias de flujo independientes y fluye hacia el recipiente de salida en lugar de directamente hacia la tubería de bajada 322. El propósito de un recipiente de salida es asegurar que todos los tubos receptores solares estén llenos de sal (evitar el sifón) y que la tubería de bajada 322 esté llena de sal. Mediante gravedad, la sal fundida caliente fluye desde el recipiente de salida 392 hacia abajo de la tubería de bajada 322 de la torre y hacia el tanque de almacenamiento de sal caliente (no se muestra). El recipiente de salida también puede almacenar la sal del recipiente de entrada si la tubería de bajada se tapona, dando tiempo para que los helióstatos estén descentrados (es decir, lejos del receptor solar). El recipiente de salida también se puede usar para establecer el nivel de sal para indicar que el receptor está lleno. El nivel de líquido en el recipiente de salida se puede controlar automáticamente mediante una válvula de mariposa en la tubería de bajada. También visible en la FIG. 10 son el recipiente de entrada 390, la tubería ascendente 324, el escudo térmico inferior 396, los paneles de tubos 330, el escudo térmico superior 394, la plataforma de acceso superior 306, algo de la estructura de soporte 340, y la grúa 344.

La FIG. 6 incluye el recipiente de salida opcional 392 en línea de puntos. En lugar de ir directamente a la tubería de bajada 322, la sal fundida viaja a través de la tubería de salida 405 desde la faceta SW 380 hacia el recipiente de salida 392, y posteriormente hacia la tubería de bajada 322.

Las cantidades de los paneles de tubos y los tamaños de los tubos están diseñados para proporcionar una refrigeración adecuada para una calificación térmica dada del receptor solar y el flujo de sal correspondiente. Sin embargo, el receptor solar de la presente divulgación es flexible y son posibles diferentes cantidades de paneles de tubos y/u otros tamaños de tubos dependiendo de la calificación térmica deseada del receptor solar y el flujo de sal correspondiente siempre que las temperaturas y tensiones del metal del tubo sean aceptables. Mientras que la FIG. 3 y la FIG. 10 ilustran un receptor solar cuadrado (en la vista en planta), otras geometrías en planta son posibles: por ejemplo, circular, rectangular, hexagonal, octagonal, polígono de n lados, etc. Se cree que un receptor cuadrado ofrece la ventaja de maximizar el área de superficie de calentamiento al tiempo que es compacto, lo que reduce los costos de envío. Cabe señalar que un receptor cuadrado es un caso especial de una geometría rectangular.

Dado que el receptor solar se monta en el taller y se transporta horizontalmente (véase la FIG. 14) y luego se erige en una posición vertical, es importante proporcionar un soporte adecuado de los paneles de tubos tangenciales durante y entre ambas condiciones. De manera más específica, es necesario proporcionar un nivel de soporte no típico que aborde las preocupaciones debidas al envío del receptor y la ubicación del receptor en una zona sísmica alta, se adapte a todas las expansiones térmicas previstas, imponga la separación adecuada de los tubos para asegurar una construcción "hermética a la luz", admita la capacidad de fabricación y admita la sustitución en el campo si fuera necesario. El sistema de soporte de tubo tangencial debe proporcionar un soporte adecuado de los paneles de tubos. Algunas vistas del sistema de armadura se ilustran en la FIG. 11, la FIG. 12, y la FIG. 13. La FIG. 11 es una vista lateral en sección transversal, la FIG. 12 es una vista en planta y la FIG. 13 es una vista en perspectiva.

Como se ilustra aquí, se emplean orejetas de tubo parcialmente soldadas circunferencialmente 1102 en cada tubo de un panel de tubos 1100, y en donde cada orejeta 1102 está situada en tubos adyacentes en elevaciones desplazadas con espacios libres para adaptarse tanto a las consideraciones de fabricación como a los diferenciales de temperatura de tubo a tubo esperados. Tal y como se muestra en la FIG. 13, las orejetas de tubo 1102 están provistas cada una de dos rendijas que aceptan pasadores 1104 para proporcionar una conexión de dos pasadores a un conjunto de viga colectora 1110 que comprende vigas colectoras superior e inferior 1114 que están provistas cada una de rendijas correspondientes 1116 para aceptar los pasadores 1104 y placas de interconexión 1118. Esta realización soporta así un panel compuesto por n tubos al implementar (n + 1) pasadores 1104 ubicados de manera intermedia, donde n es un número entero que representa el número de tubos en un panel. Por lo tanto, aunque en muchos aspectos es ventajoso para un diseño de ubicación de soporte de un solo pasador (por orejeta), este efecto aún se logra de manera similar mediante la implementación de una sola orejeta por tubo y aproximadamente un solo pasador por tubo (cuando se consideran las cantidades generales requeridas para la fabricación). Los espacios libres entre las orejetas de tubo 1102 y el conjunto de viga colectora 1110 se adaptan de nuevo tanto a las consideraciones de fabricación como a los diferenciales de temperatura de tubo a tubo esperados.

Dos placas de interconexión 1118 por cada panel de tubos soportado están conectadas a través de los pasadores 1122, 1124 y las barras de enlace giratorias 1120 a una orejeta de soporte de barra de enlace 1125 que está unida a un miembro de soporte de flexión 1130 a través de acero estructural 1132 a las columnas que comprenden la estructura de soporte vertical 340. A través del sistema mencionado, las fuerzas que actúan sobre cada tubo en una

dirección perpendicular al plano definido por el panel de tubos pueden ser soportadas eficientemente por acero estructural. Además, las barras de enlace giratorias 1120 permiten la rotación a propósito y, por lo tanto, se adaptan a la expansión térmica promedio de los paneles de tubos soportados en su conjunto; las barras de enlace giratorias 1120 en esta realización típicamente estarán preseleccionadas a 1/2 para esta expansión térmica. Dos orejetas de soporte del conjunto de viga colectora 1140 están ubicadas por el panel de tubos soportado en las ubicaciones apropiadas, de modo que el conjunto de viga colectora 1110 se desplaza en la expansión térmica promedio del panel y, al mismo tiempo, proporciona una trayectoria de carga para la carga muerta vertical del conjunto, barrera de luz, aislamiento y revestimiento térmico para ser soportado eficientemente por el acero estructural.

Tal como se ve en la FIG. 11, unas guías de parachoques 1142 están fijadas al centro (teniendo en cuenta la dirección axial del colector) del conjunto de viga colectora 1110 y un parachoques en voladizo 1144 está unido al miembro de soporte de flexión 1130, que de nuevo se une a través de acero estructural 1132 a las columnas de la estructura de soporte vertical 340. A través del sistema mencionado, las fuerzas que actúan sobre cada tubo en la dirección axial del colector pueden ser apoyadas eficientemente por el acero estructural, al mismo tiempo que permiten las expansiones térmicas apropiadas del panel de tubos. Además, el sistema de parachoques proporciona un punto de anclaje ubicado centralmente para la expansión térmica en la dirección axial del colector. Si bien la función principal del sistema de armadura es soportar adecuadamente los paneles de tubos tangenciales para todas las condiciones de carga esperadas y al mismo tiempo permitir las expansiones térmicas apropiadas, hay una serie de otras ventajas realizadas mediante el uso de este enfoque. En primer lugar, el conjunto de viga colectora ofrece un estante conveniente en el cual ubicar una barrera de luz, aislamiento y revestimiento térmico. En segundo lugar, el conjunto de viga colectora reduce los costos y facilita la fabricación en el taller. La fabricación y montaje de las orejetas de tubo 1102, pasadores 1104, vigas colectoras 1114 y las placas de interconexión 1118 producen un accesorio conveniente que ayuda en el proceso de fabricación. El accesorio se fija temporalmente a un conjunto de panel de tubos en la elevación apropiada y las orejetas de tubo individuales 1102 se sueldan por puntos en su lugar. Una vez retirado el accesorio, el proceso de soldadura de la orejeta de tubo 1102 finaliza proporcionando un panel de tubos ajustado al conjunto de viga colectora.

El sistema de pasador 1122 y barra de enlace 1120 admite el reemplazo en campo. Los paneles de tubos se pueden separar completamente de la estructura de soporte vertical (cuando se considera un solo panel de tubos) mediante la retirada de las conexiones relevantes de los colectores/tuberías, desconectando dos varillas de soporte verticales de colector, y desconectando los dos pasadores 1122 más proximales a la estructura de soporte en cada elevación de soporte de tubo tangencial. Como presumiblemente residen fuera de la barrera de luz, el aislamiento y el revestimiento térmico la invención propuesta ofrecen un método conveniente para retirar los paneles de tubos para el reemplazo en el campo.

El elemento de esta realización que permanece independientemente del diseño mencionado anteriormente es el diseño de la orejeta de tubo 1102 parcialmente soldada circunferencialmente ubicada en elevaciones desplazadas que proporcionan, cada una, dos ubicaciones de soporte con pasadores 1104 que permiten que $(n + 1)$ pasadores ubicados de manera intermedia soporten un panel de tubos tangencial n .

Con referencia a la FIG. 13, el conjunto de viga colectora 1110 podría estar compuesto de diferentes formas estructurales, si se desea. Por ejemplo, en lugar del par de barras rectangulares largas que forman cada una de las vigas colectoras 1114, que pueden flexionarse o inclinarse con la gravedad, las vigas colectoras 1114 podrían estar formadas por ángulos de 90 grados que son más rígidos. Las rendijas 1116 provistas a través de una de las patas de cada ángulo tienen más probabilidades de alinearse con las rendijas en las orejetas 1102, facilitando la instalación de los pasadores 1104. Las otras patas de los ángulos se orientarían hacia el soporte vertical 340. Alternativamente, una sola forma estructural en T, donde el vástago de la T está ubicado entre las orejetas de tubo de compensación 1102 y las rendijas 1116 para recibir los pasadores 1104 están provistas en su interior, y la barra de la T está orientada hacia el soporte vertical 340, puede ser empleada.

El parachoques 1144 de forma estructural hueca en voladizo (HSS) y el miembro de soporte de flexión HSS 1130 podrían lograrse de manera similar utilizando formas en W u otras formas estructurales. Esto permitiría uniones más típicas al acero estructural y debería permitir más fácilmente que el miembro de soporte de flexión 1130 del sistema de soporte de tubo tangencial sirva para propósitos adicionales en el acero estructural. Los diversos componentes se pueden fabricar de acero al carbono u otros materiales como el acero inoxidable u otros aceros aleados.

A continuación, haciendo referencia a la FIG. 14, el receptor solar puede ser enviado usando un accesorio de envío 1400. Además de servir como plataforma de transporte, el accesorio de envío también se utiliza para ensamblar en taller el receptor solar, y garantiza un levantamiento adecuado al colocar en vertical el receptor en el campo, lo que evita que se dañe el receptor. El accesorio de envío está construido a partir de una serie de vigas 1410 y rieles 1420 que forman una estructura de base sobre la cual se envía el receptor solar. Unas abrazaderas 1430 están presentes en un extremo del accesorio de envío para soportar el extremo inferior del receptor solar (número de referencia 1440).

Haciendo referencia de nuevo a la FIG. 4, una grúa 344 está ubicada en la parte superior o en el pico del receptor solar para facilitar el reemplazo del tubo o panel. Una plataforma de acceso 306 está presente en la parte inferior de

las facetas / paneles de tubos, y otra plataforma de acceso está presente encima de las facetas / paneles de tubos. Las plataformas también pueden estar ubicadas en cada elevación de armadura.

5 La FIG. 16 es una vista ampliada de la parte superior de la estructura de soporte 340. Dos vigas de mantenimiento 600, 602 están unidas al acero estructural de la estructura de soporte 340 ubicada por encima del receptor solar. Para referencia, el escudo térmico superior 394 es visible. Unas bisagras conectan la viga de mantenimiento a la estructura de soporte. Estas vigas de mantenimiento se utilizan para soportar a un escalador desde el nivel del suelo para acceder al exterior de las facetas / paneles de tubos para inspecciones o reparaciones.

10 Las FIGS. 17A-17D son vistas que ilustran el uso de las vigas de mantenimiento en varias posiciones. La FIG. 17A es una vista en perspectiva que muestra solo las vigas de mantenimiento y el arco en el que pueden pivotar. Se ilustran dos vigas de mantenimiento 600, 602, siendo una viga la imagen de espejo de la otra. Cada viga de mantenimiento, como se ilustra aquí, está formada por un brazo inferior largo 610 y un brazo superior en ángulo 620. Un extremo de cada brazo se coloca entre dos placas 630. Las placas tienen tres orificios, establecidos para formar tres esquinas de un cuadrado. Uno de los orificios 632 recibe un pasador de bisagra 640 y actúa como el pivote sobre el cual puede pivotar la viga de mantenimiento. Este orificio 632 está a lo largo de una línea central de la placa. Los otros dos orificios 634, 636 se utilizan para recibir un pasador de bloqueo 650 para bloquear la viga de mantenimiento en una de tres posiciones, y pueden considerarse como orificios de bloqueo. El orificio de bloqueo de placa 634 está ubicado en una región central de la placa. El orificio de bisagra de placa 632 está a lo largo de una línea central y un borde de la placa. El orificio de bloqueo de placa 636 está ubicado en una esquina de la placa a lo largo del mismo borde que el orificio de bisagra de placa 632. Cada viga de mantenimiento puede girar alrededor de un arco de al menos 180°. El brazo inferior 610 contiene tres orificios en una línea, con el pasador de bisagra ubicado en el orificio central del brazo inferior. En esta figura, las vigas de mantenimiento están en una posición de almacenamiento contra la estructura de soporte.

25 La FIG. 17B es una vista en planta que muestra la placa 630 y el brazo inferior 610 de la viga de mantenimiento 600 en la posición de almacenamiento. La placa 630 se extiende desde la estructura de soporte 340. Los tres orificios en el brazo inferior 610 se pueden ver aquí. Haciendo referencia a la FIG. 17A también, el pasador de bloqueo se inserta a través del orificio de bloqueo de placa 636 y el orificio de brazo inferior 614. El pasador de bisagra se inserta a través del orificio de placa 632 y el orificio de brazo inferior 612. El orificio de brazo inferior 616 y el orificio de bloqueo de placa 634 están vacíos. El orificio del brazo inferior 616 es proximal al extremo del brazo 610.

30 La FIG. 17C es una vista en planta que muestra la viga de mantenimiento 600 en la segunda posición de servicio. La viga de mantenimiento se extiende lejos de la estructura de soporte más allá de los paneles de tubos en un cuadrante de flujo. Haciendo referencia a la FIG. 17A también, el pasador de bloqueo 650 se inserta a través del orificio de bloqueo de placa 636 y el orificio de brazo inferior 616. El orificio de brazo inferior 614 y el orificio de bloqueo de placa 634 están vacíos.

35 La FIG. 17D es una vista en planta que muestra la viga de mantenimiento 600 en la primera posición de servicio. La viga de mantenimiento se extiende lejos de la estructura de soporte más allá de los paneles de tubos en un cuadrante de flujo diferente al de la FIG. 17C. Haciendo referencia a la FIG. 17A también, el pasador de bloqueo 650 ahora está insertado a través del orificio de bloqueo de placa 634 y el orificio de brazo inferior 616. El orificio de brazo inferior 614 y el orificio de bloqueo de placa 636 están vacíos.

40 Cabe señalar que, aunque las FIGS. 17B-17D ilustran solo las posiciones de los pasadores de bloqueo para el brazo inferior 610, como se ve en la FIG. 17A, se contempla que los pasadores de bloqueo 650 y los pasadores de bisagra 640 también se usan con el brazo superior 620.

45 El receptor solar incluirá instrumentación para medir la temperatura de la cara caliente del tubo y del fluido, flujo de calor en los paneles y posiblemente tensión, desviación y expansión térmica de varios componentes del receptor, así como otras medidas deseadas. Esta instrumentación no está específicamente dibujada y mencionada.

50 Por lo tanto, se apreciará que la presente divulgación proporciona un diseño de receptor solar térmico y rentable que tiene las siguientes propiedades. El diseño es de bajo costo y se puede ensamblar en taller en un entorno de producción en masa. Su tamaño permite el envío en camiones dentro de los límites normales para el envío en camiones (ancho de camión < 3,9 m (13 pies), altura total < 3,8 m (12'6"), longitud total < 10,6 m (35 pies)). El peso relativamente bajo reduce los costos de envío y montaje. El receptor solar está diseñado para una alta fiabilidad y larga vida útil mientras opera en condiciones de operación altamente cíclicas, y es capaz de soportar arranques diarios, paradas y nubes transitorias sin sufrir daños por fatiga de ciclo bajo.

55 La presente divulgación se ha descrito con referencia a realizaciones ejemplares. Como es obvio, a otros se les ocurrirán modificaciones y alteraciones al leer y comprender la descripción detallada anterior. Se pretende que la presente divulgación se interprete como que incluye todas las modificaciones y alteraciones en la medida en que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un receptor solar modular de sal fundida, que comprende:

5 cuatro facetas de transferencia de calor (350, 360, 370, 380), comprendiendo cada faceta una entrada, una salida y una pluralidad de paneles de tubos, comprendiendo cada panel de tubos al menos un tubo (712), un colector de entrada (714) y un colector de salida (716);
 10 estando las cuatro facetas dispuestas en el exterior de una estructura de soporte (340) para formar un cuadrante de flujo NE, un cuadrante de flujo NW, un cuadrante de flujo SE y un cuadrante de flujo SW que están definidos, cada uno, por una sola faceta, estando los paneles de tubos en cada faceta orientados para ubicar los colectores en un plano superior (744) y un plano inferior (708), en donde los colectores de cada plano están separados lateralmente entre sí, y en donde las facetas están conectadas de manera fluida para formar dos trayectorias de flujo independientes, incluyendo una trayectoria de flujo solo el cuadrante de flujo NE y el cuadrante de flujo SW, e incluyendo la otra trayectoria de flujo solo el cuadrante de flujo NW y el cuadrante de flujo SE.

15 2. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde el receptor solar está ensamblado en taller y se puede enviar en camión.

20 3. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde los colectores de cada panel de tubos en el receptor solar están orientados hacia adentro.

 4. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde los colectores superiores y los colectores inferiores de una faceta están en una elevación más alta que los colectores superiores y los colectores inferiores de una faceta adyacente.

25 5. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde las facetas están dispuestas en una configuración rectangular o cuadrada.

30 6. El receptor solar de la reivindicación 1, que comprende además uno o más seleccionados del grupo que comprende: un recipiente de salida (392), estando el recipiente de salida conectado de manera fluida aguas abajo de los paneles de tubos; y un recipiente de entrada (390), estando el recipiente de entrada conectado de manera fluida aguas arriba de los paneles de tubos.

35 7. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde cada panel de tubos está soportado en la parte superior y conectado a la estructura de soporte a lo largo de una altura del panel de tubos mediante un sistema de soporte de armadura de palanca acodada (346).

40 8. El receptor solar de la reivindicación 1, que comprende además un escudo térmico superior (394) que encierra los colectores de los paneles de tubos en el plano superior; un escudo térmico inferior (396) que encierra los colectores de los paneles de tubos en el plano inferior; una caja de horno superior (500) encerrada por el escudo térmico superior; y una caja de horno inferior encerrada por el escudo térmico inferior.

 9. El receptor solar de la reivindicación 1, 3 o 4, en donde cada panel de tubos comprende una pluralidad de tubos, formando los tubos un cuerpo que es más ancho que el colector superior y el colector inferior.

45 10. El receptor solar de la reivindicación 9, en donde la relación del ancho del cuerpo con el ancho del colector inferior o del colector superior es al menos 1,05:1.

50 11. El receptor solar de la reivindicación 9, que comprende, además: un recipiente de entrada; y una tubería de entrada que conecta de manera fluida el recipiente de entrada a dos entradas de faceta del cuadrante de flujo adyacentes.

55 12. El receptor solar de la reivindicación 11, que comprende además uno o más seleccionados del grupo que comprende: un recipiente de salida ubicado encima de los colectores superiores del panel de tubos, y una tubería de salida que conecta de manera fluida el recipiente de salida a dos salidas de faceta del cuadrante de flujo adyacentes; una tubería de bajada y una tubería de salida que conecta de manera fluida dos salidas de faceta del cuadrante de flujo adyacentes a la tubería de bajada; y una tubería ascendente y una línea de derivación, conduciendo la tubería ascendente al recipiente de entrada y conectando la línea de derivación la tubería ascendente a una tubería de bajada.

60 13. Un sistema de energía solar de sal fundida, que comprende:

 una estructura de soporte vertical;
 el receptor solar de la reivindicación 1;
 una pluralidad de helióstatos dispuestos alrededor de la estructura de soporte vertical;
 65 un tanque de almacenamiento en frío configurado para suministrar sal fundida al receptor solar central; y
 un tanque de almacenamiento en caliente configurado para recibir sal fundida del receptor solar central.

- 5 14. El sistema de energía solar de sal fundida de la reivindicación 13, que comprende además uno o más seleccionados entre: un sistema de generación de vapor que recibe sal fundida del tanque de almacenamiento en caliente; una pluralidad de estructuras de soporte vertical, un receptor solar central que se encuentra en cada estructura de soporte vertical; estando los colectores de cada panel de tubos en el receptor solar orientados hacia adentro; y estando los colectores superiores y los colectores inferiores de los paneles de tubos en un cuadrante de flujo en una elevación más alta que los colectores superiores y los colectores inferiores de los paneles de tubos en un cuadrante de flujo adyacente.

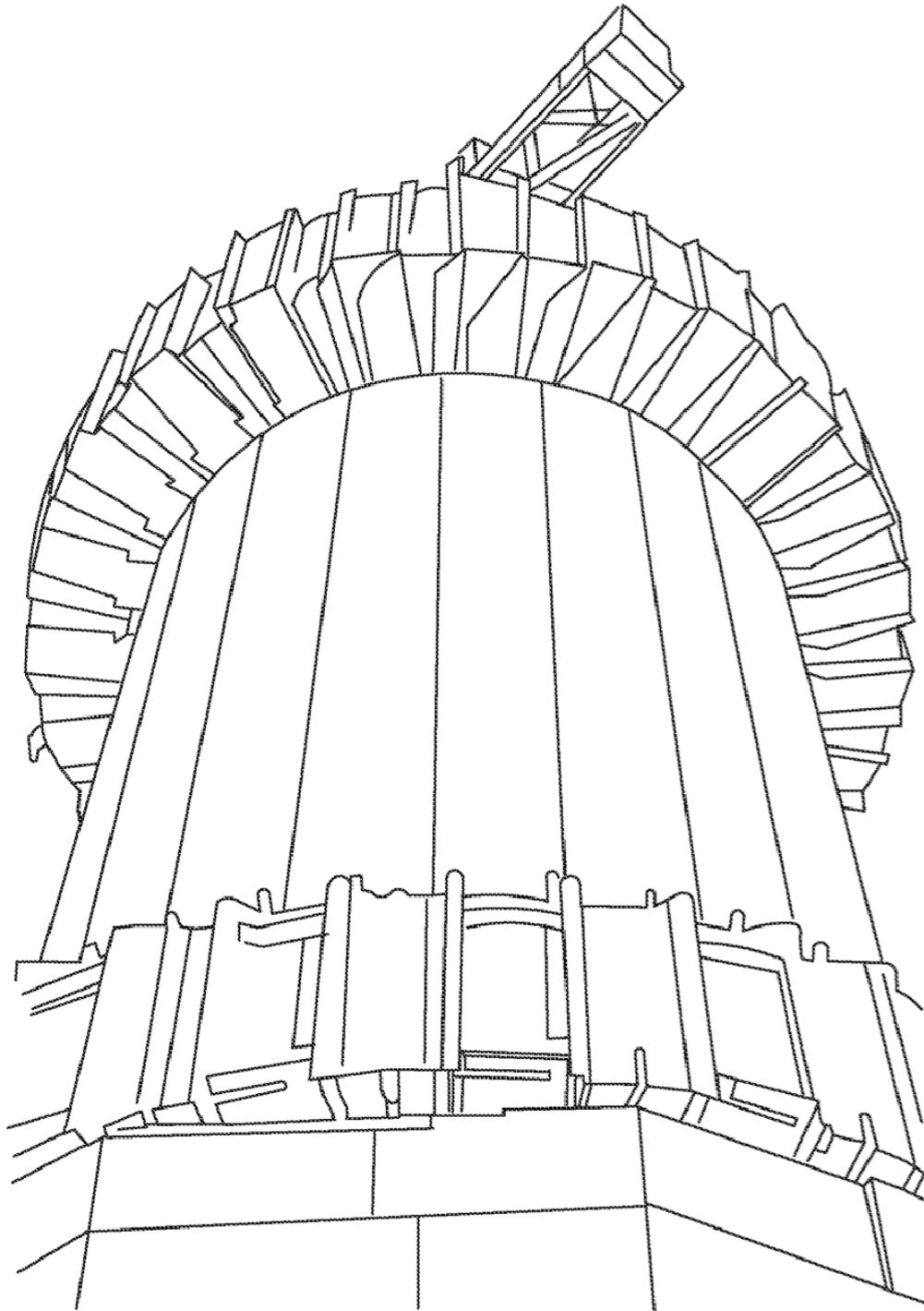


FIG. 1
Técnica anterior

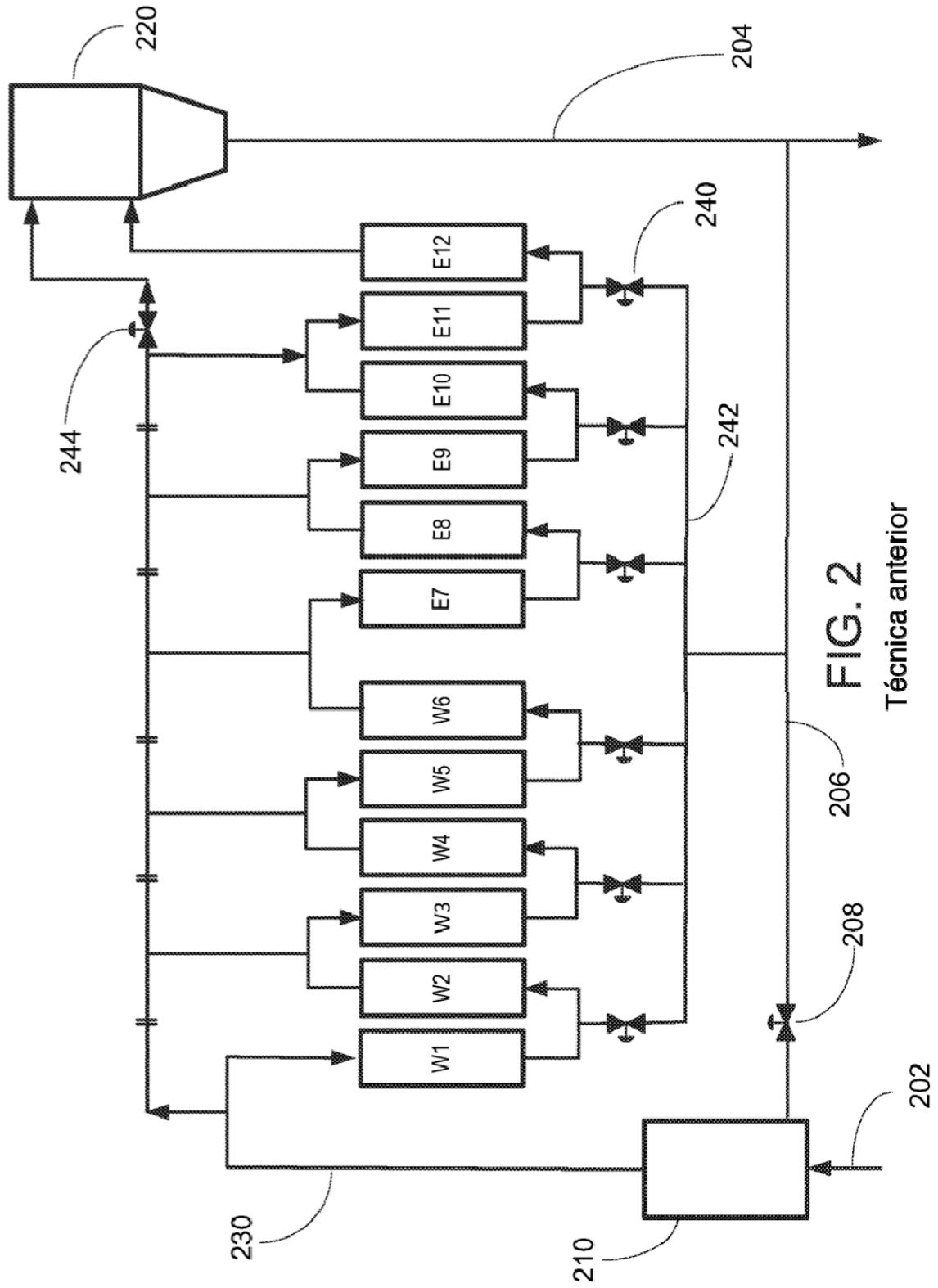


FIG. 2

Técnica anterior

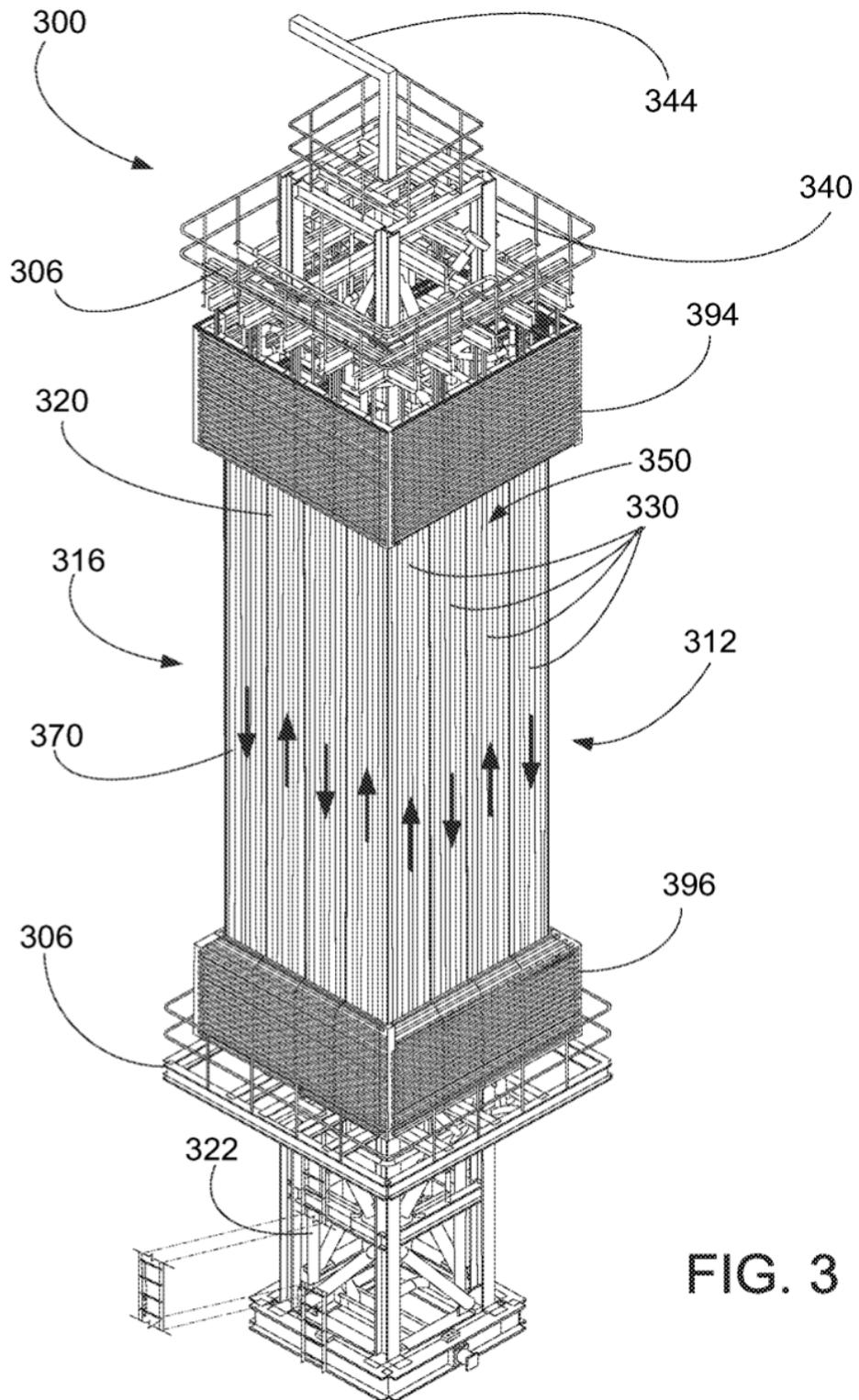


FIG. 3

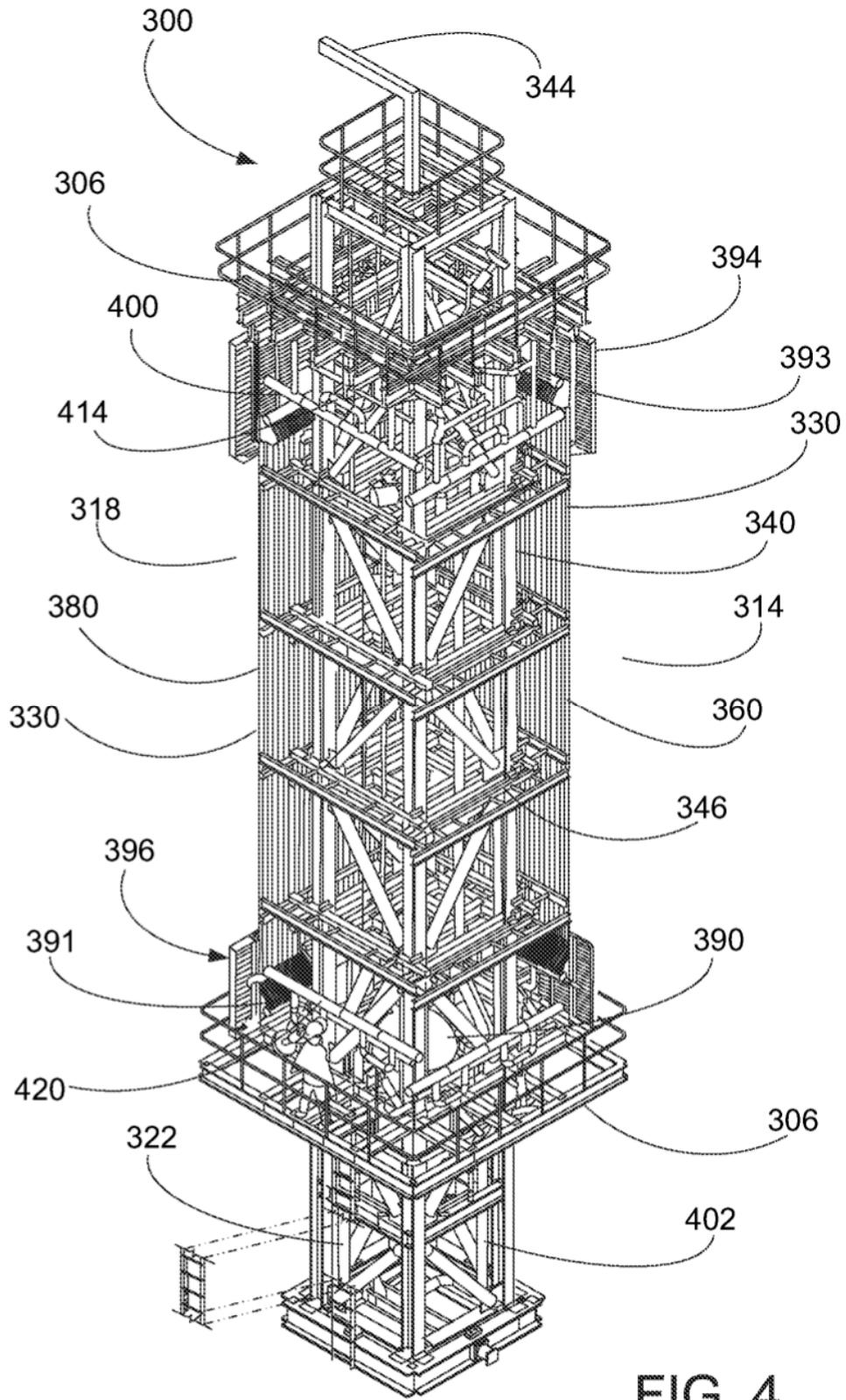
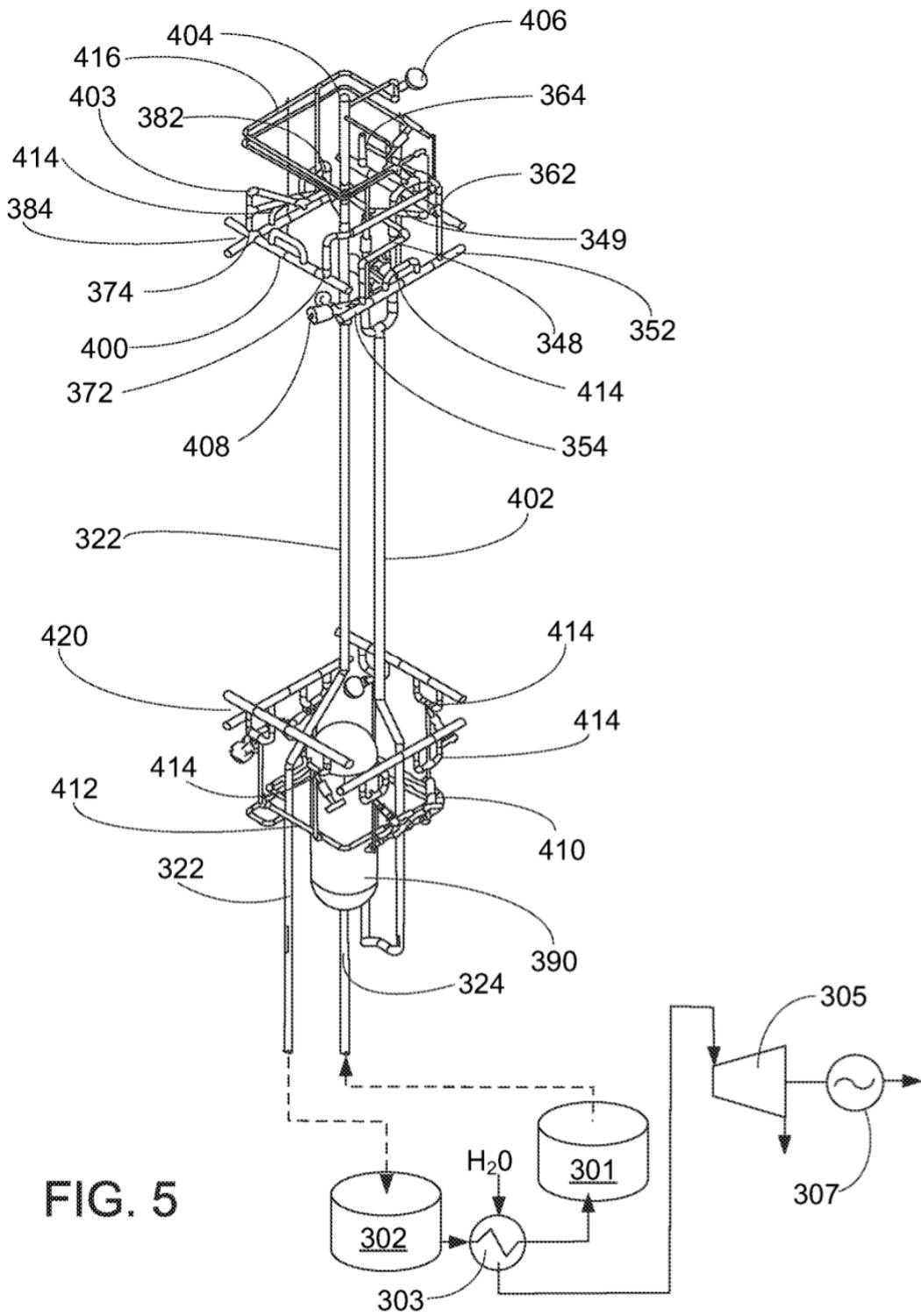


FIG. 4



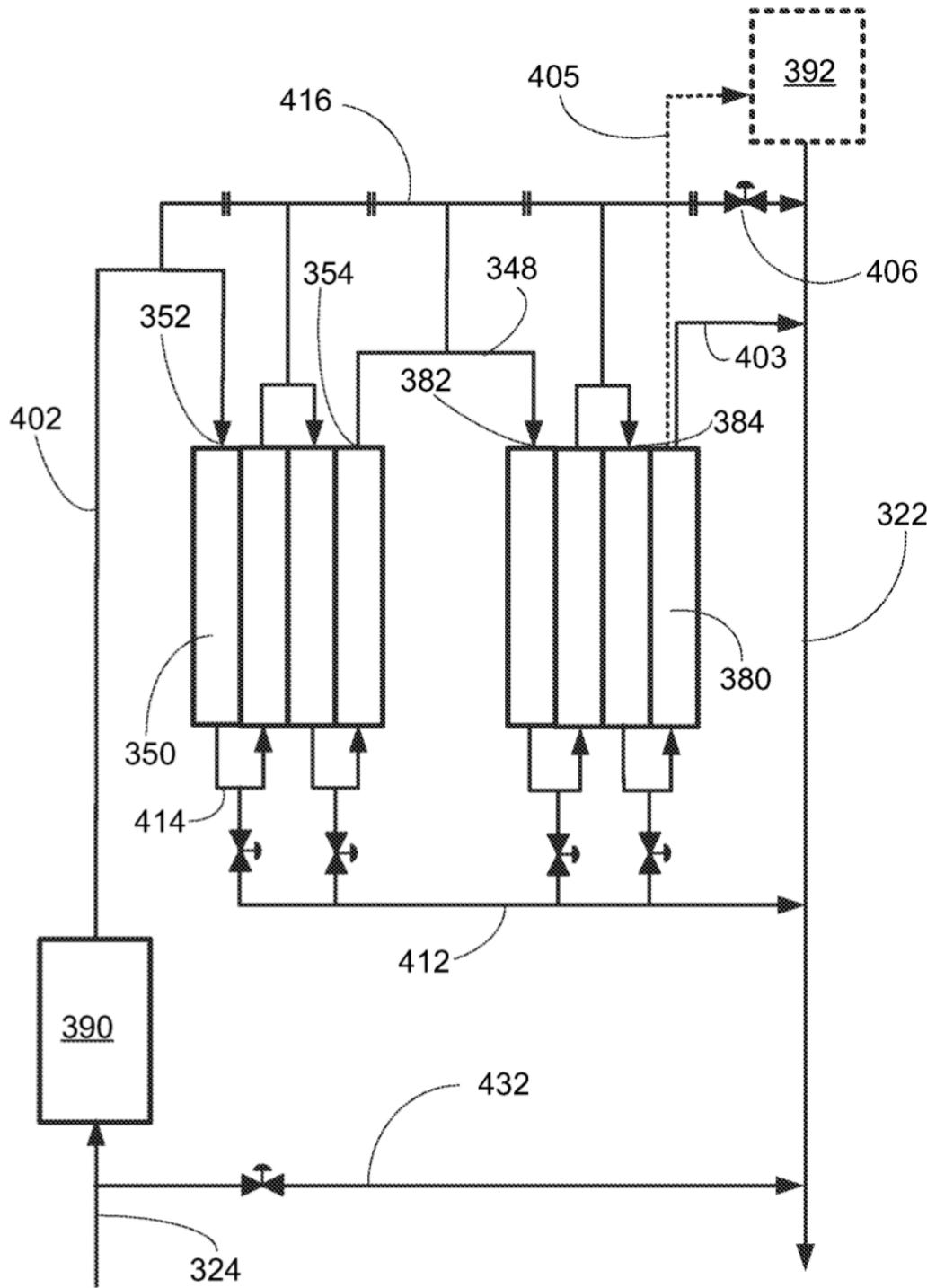


FIG. 6

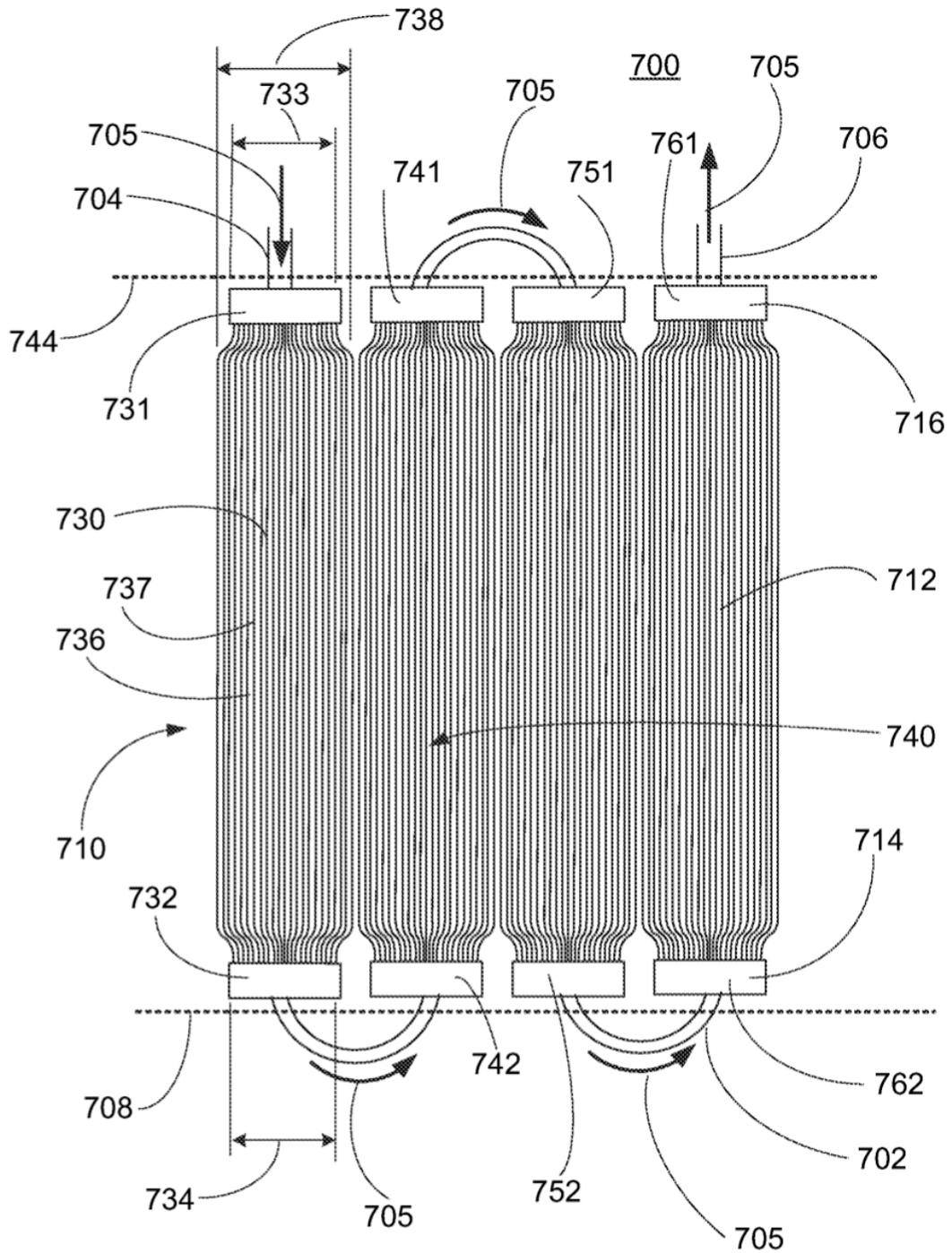


FIG. 7A

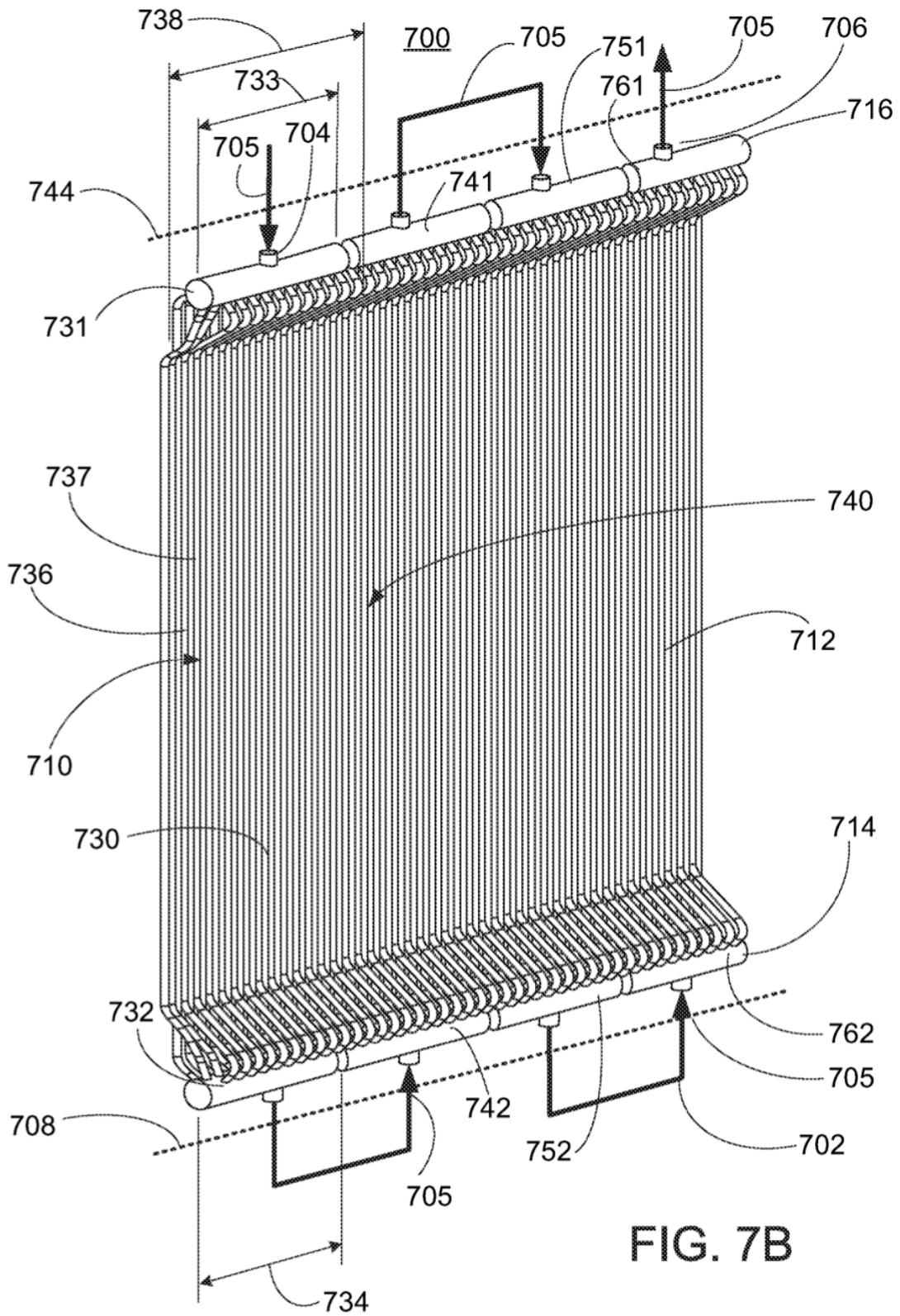


FIG. 7B

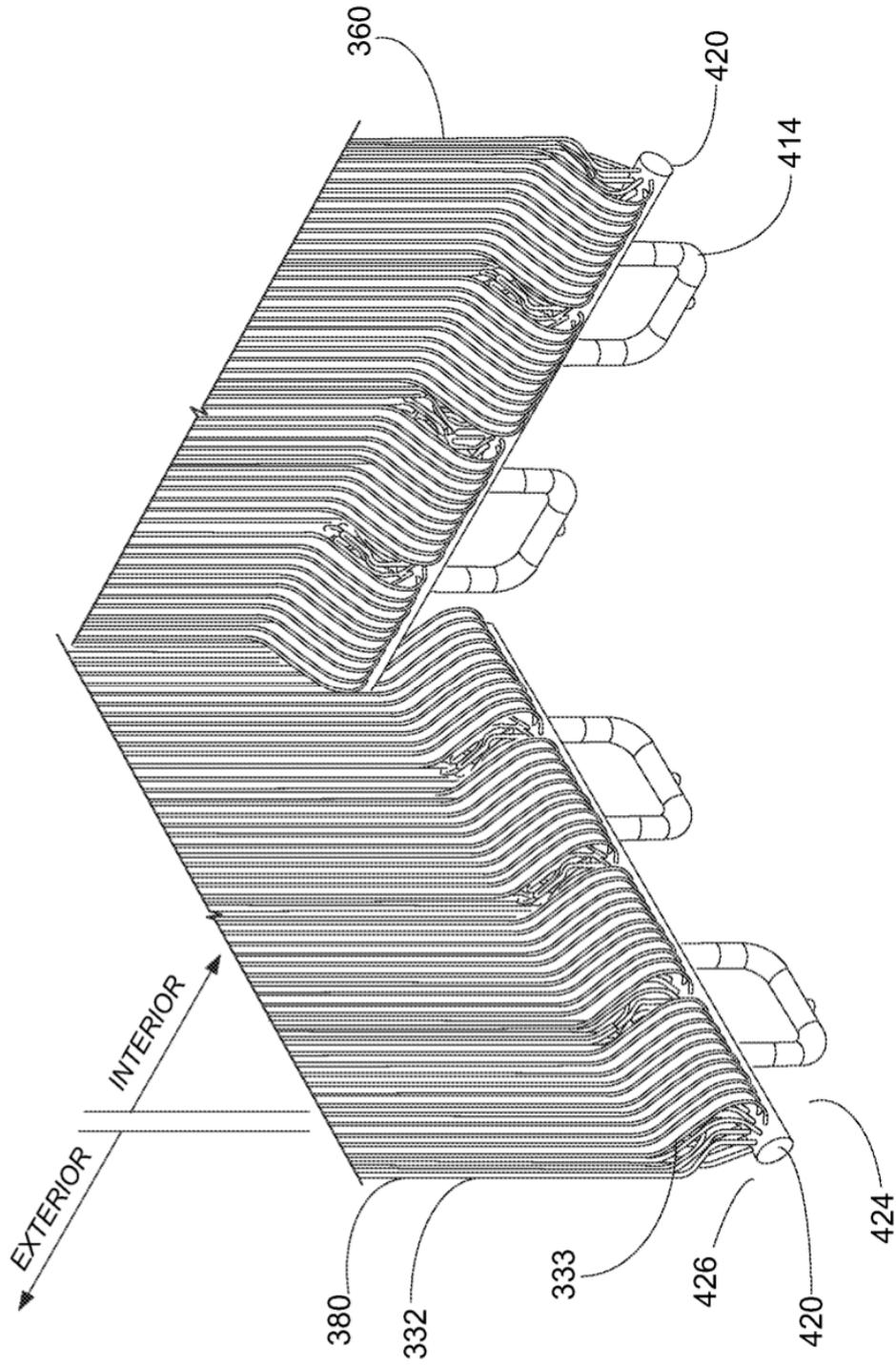
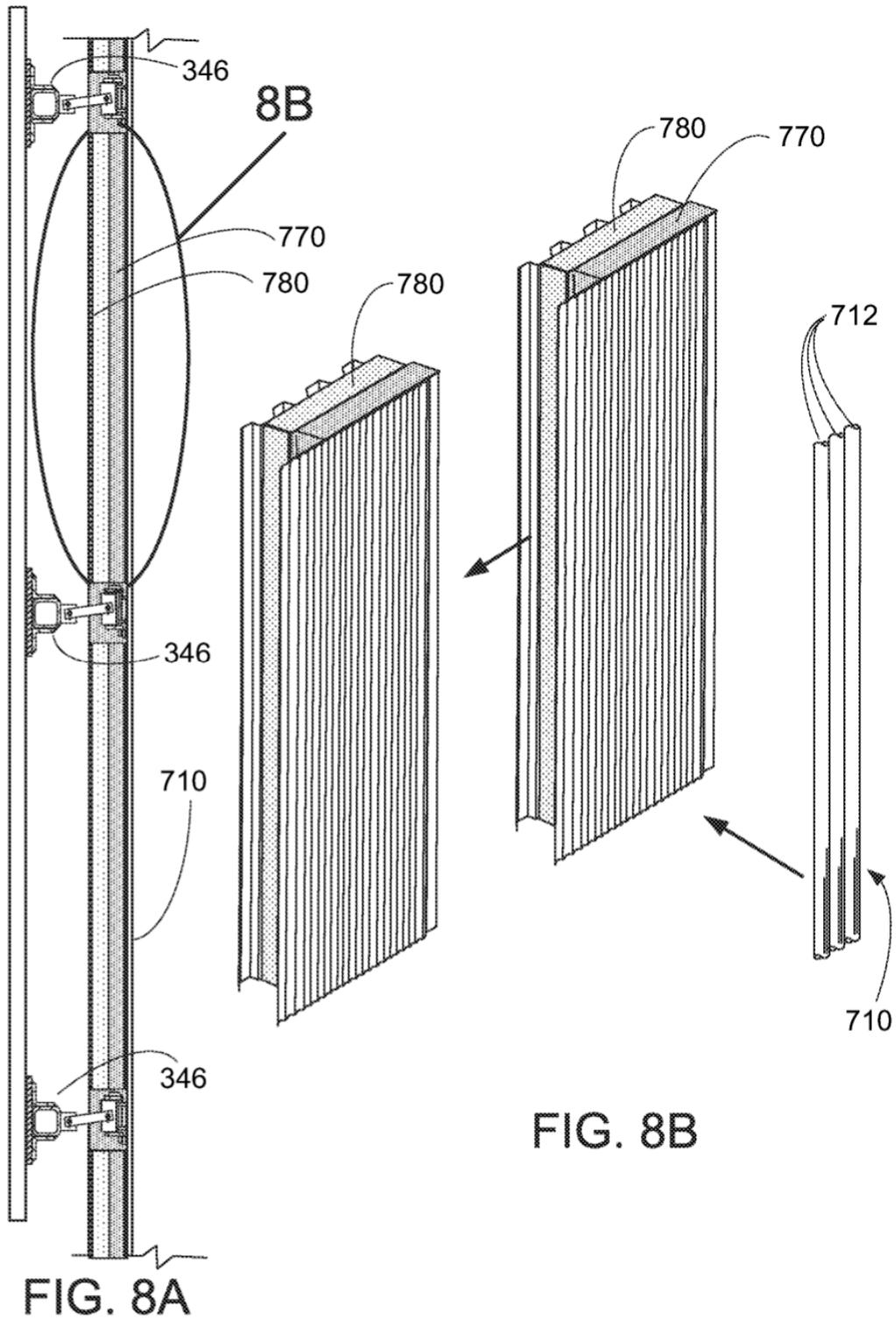


FIG. 7C



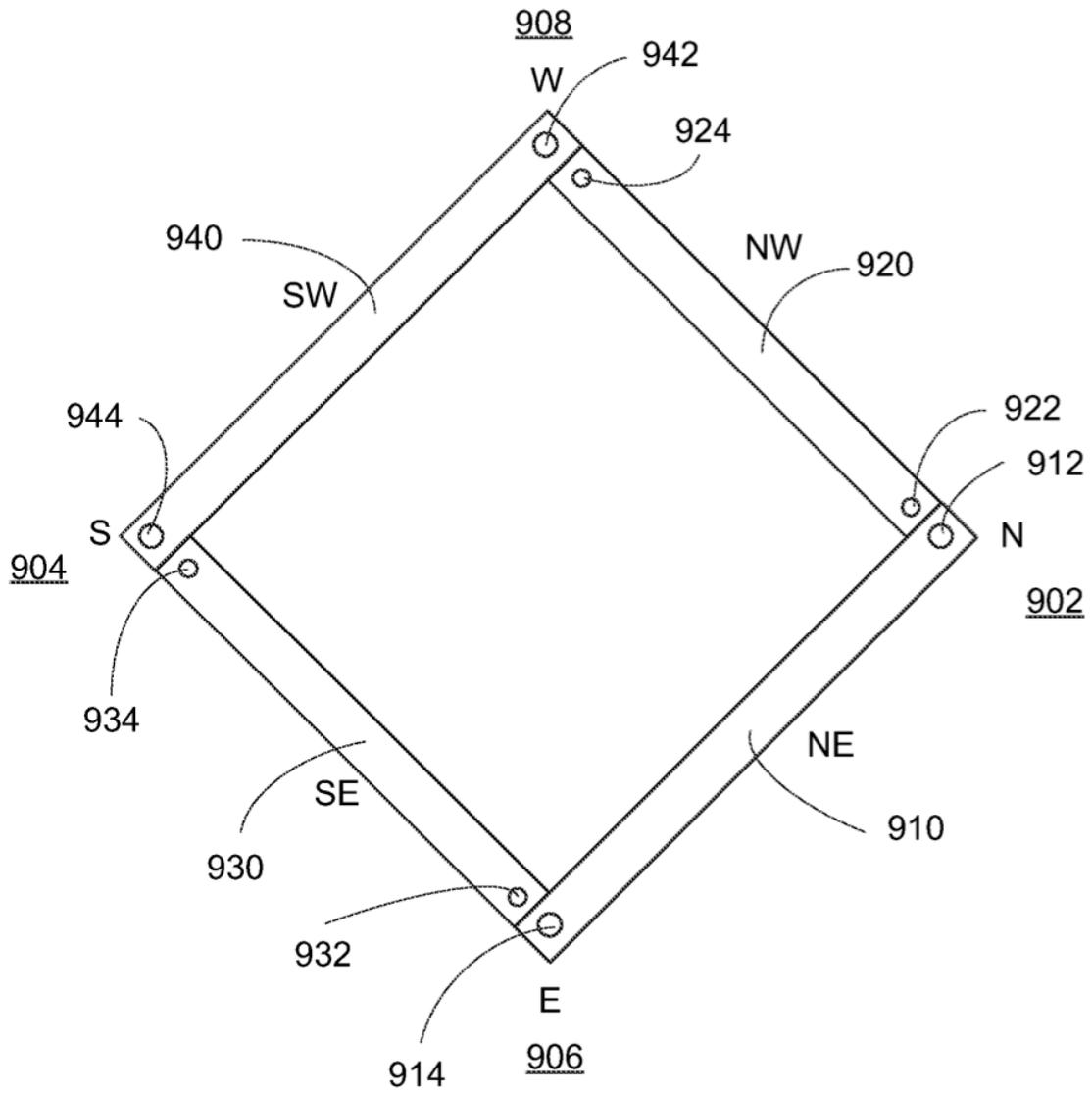


FIG. 9

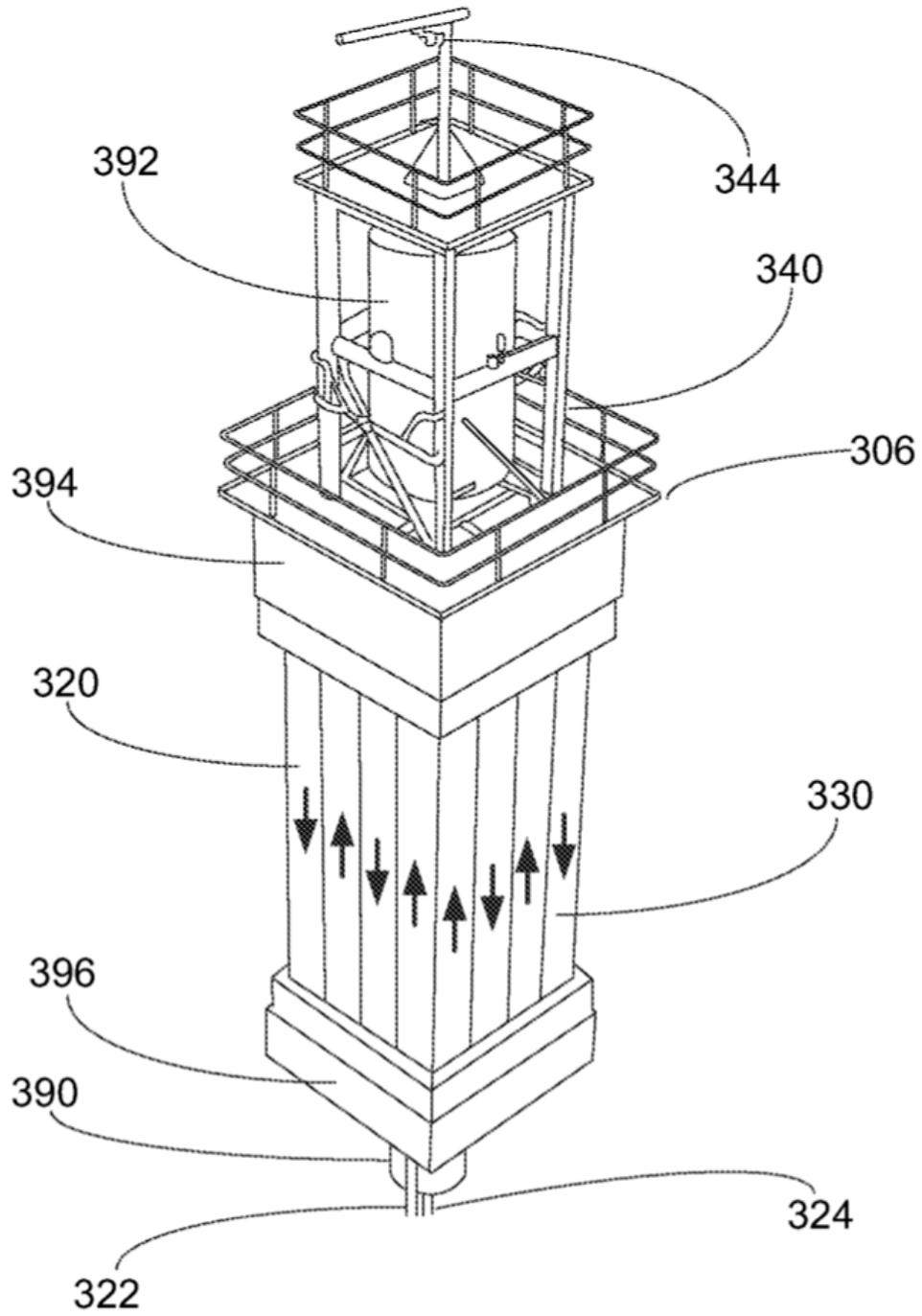


FIG. 10

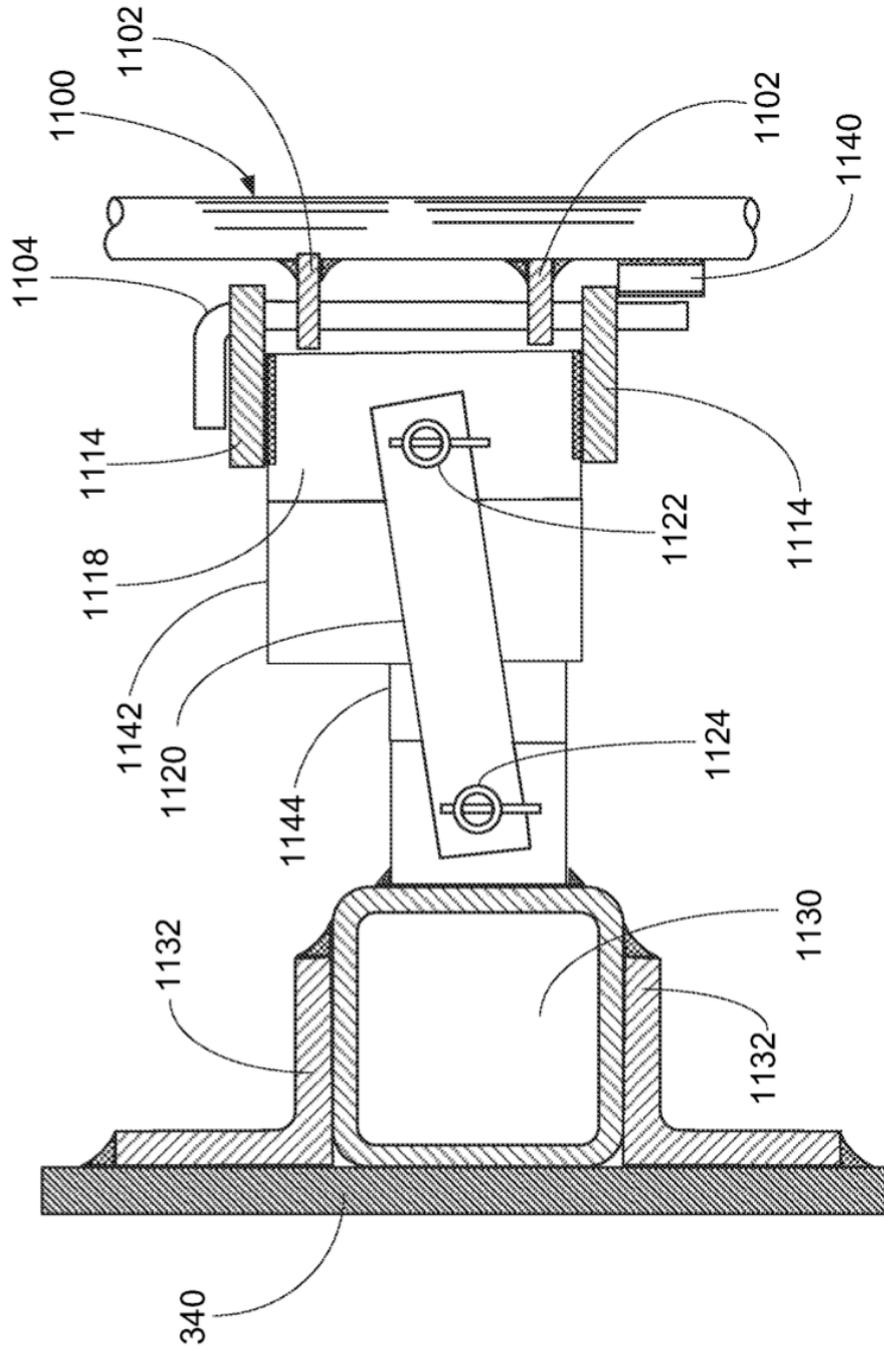


FIG. 11

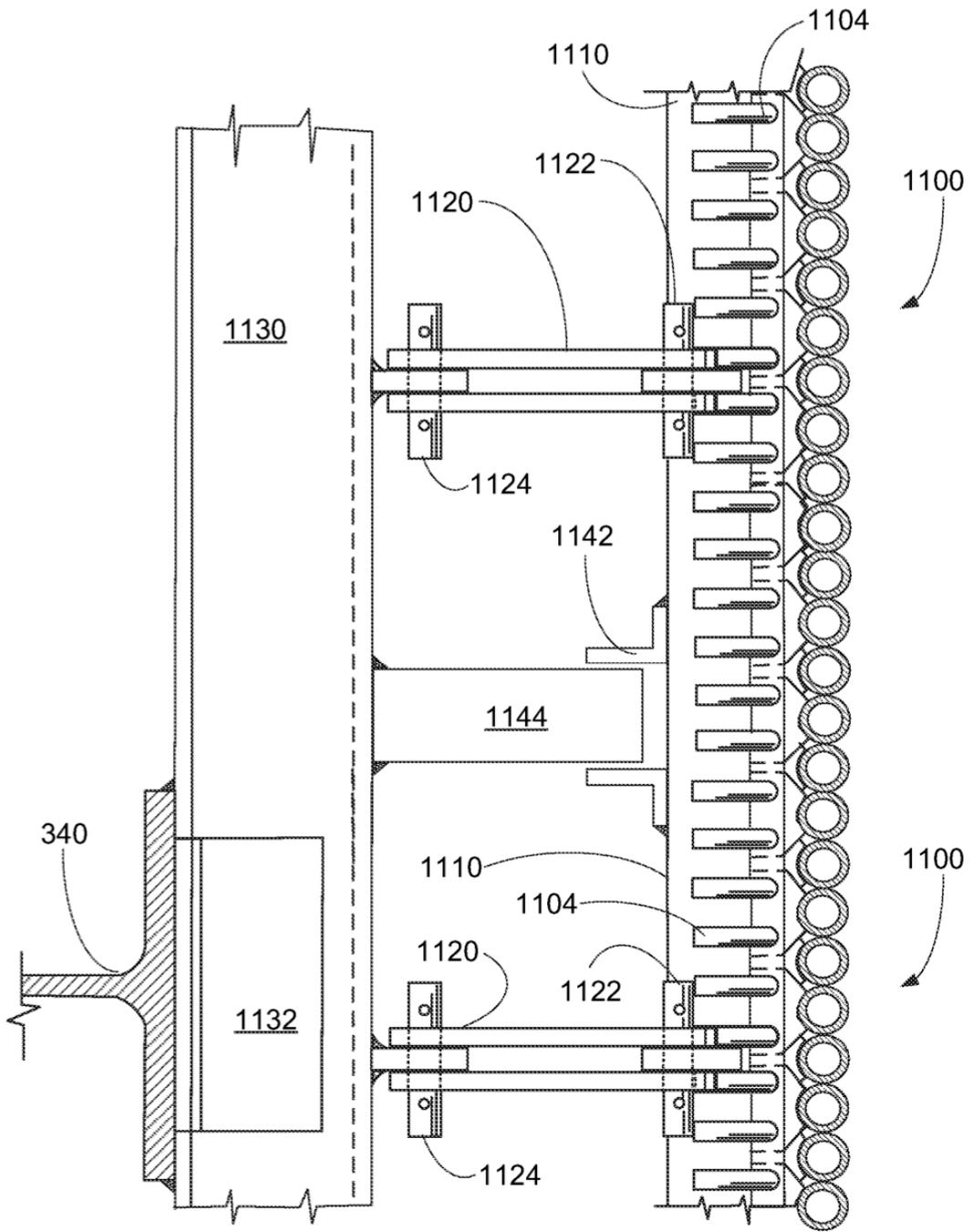


FIG. 12

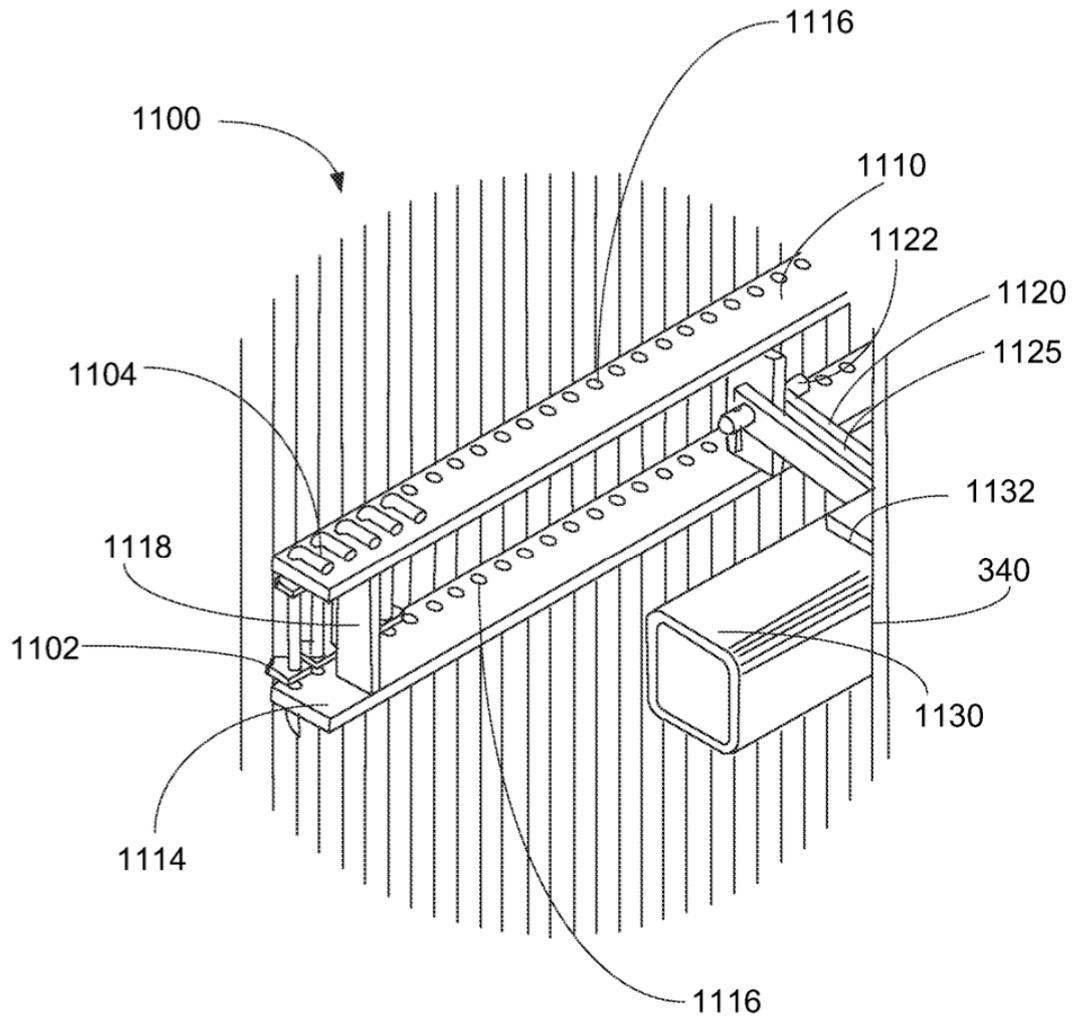
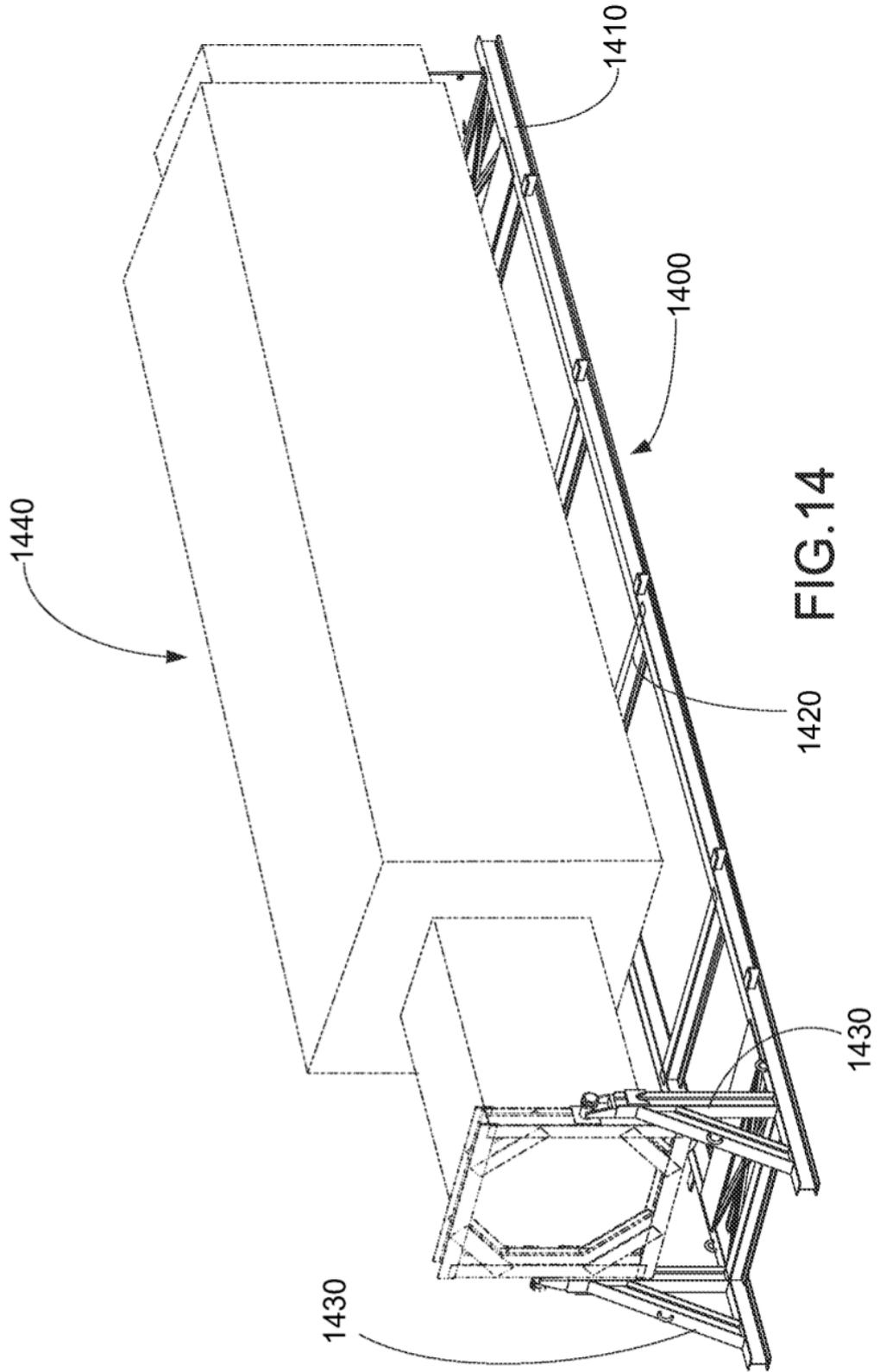


FIG. 13



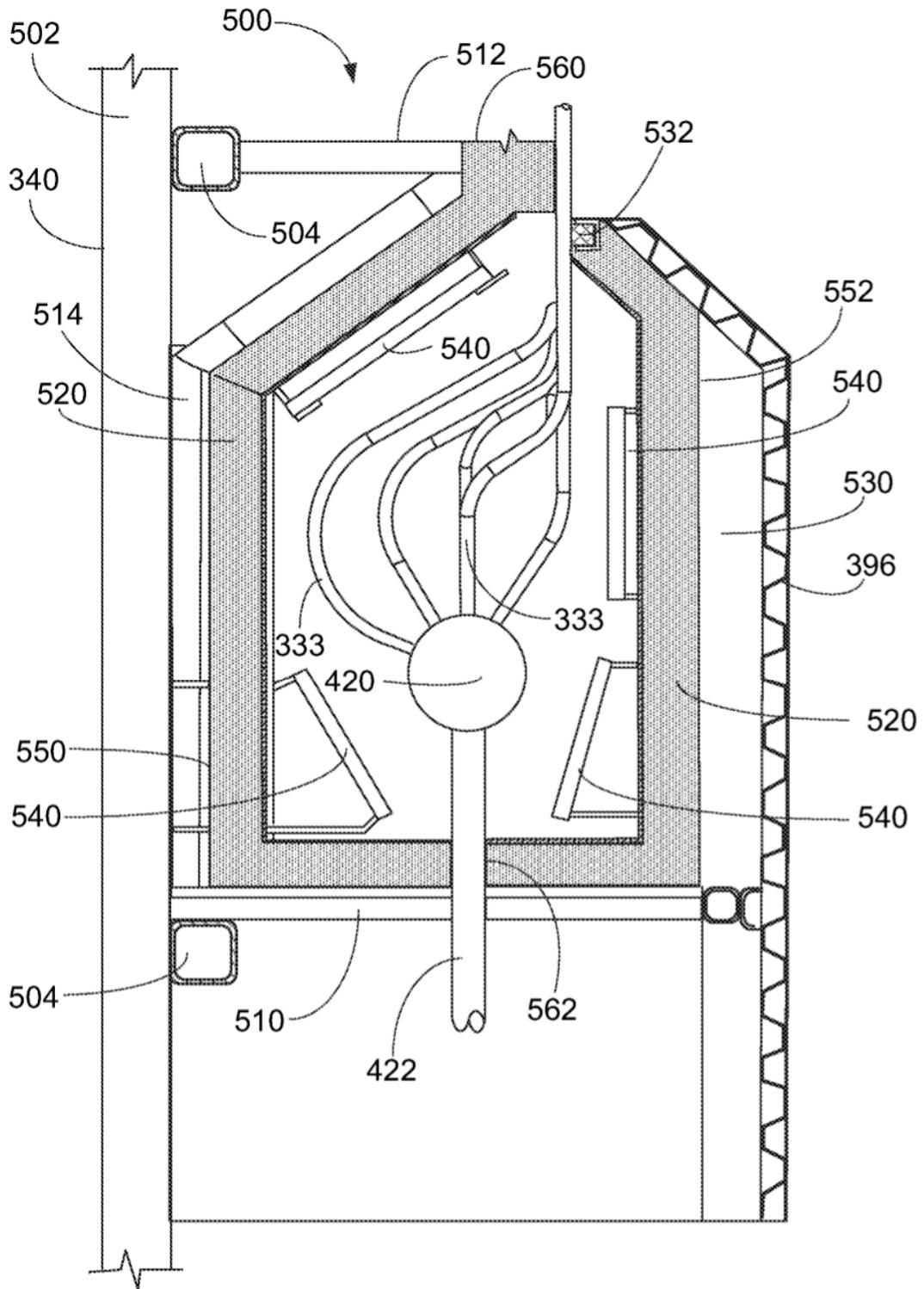
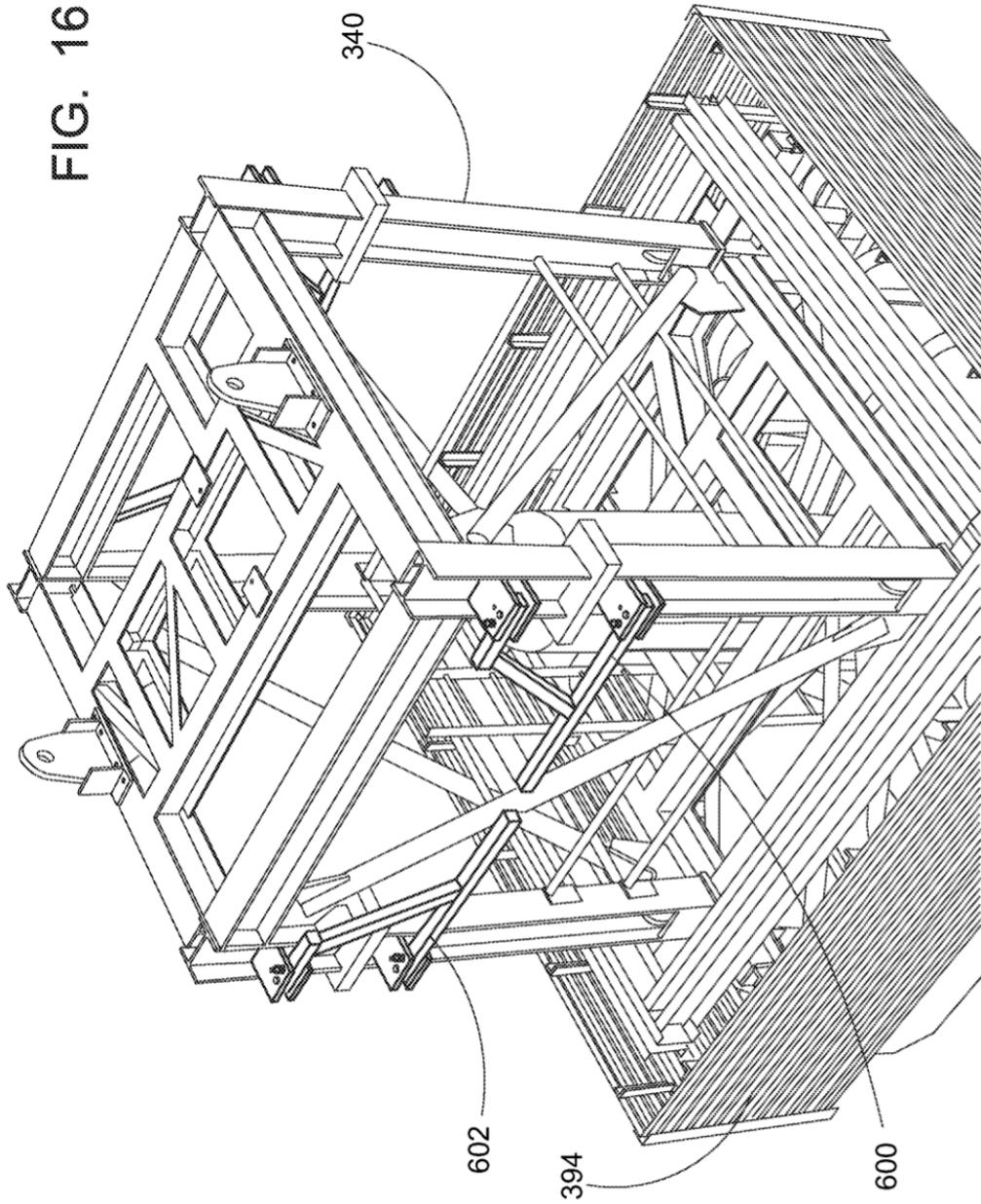


FIG. 15

FIG. 16



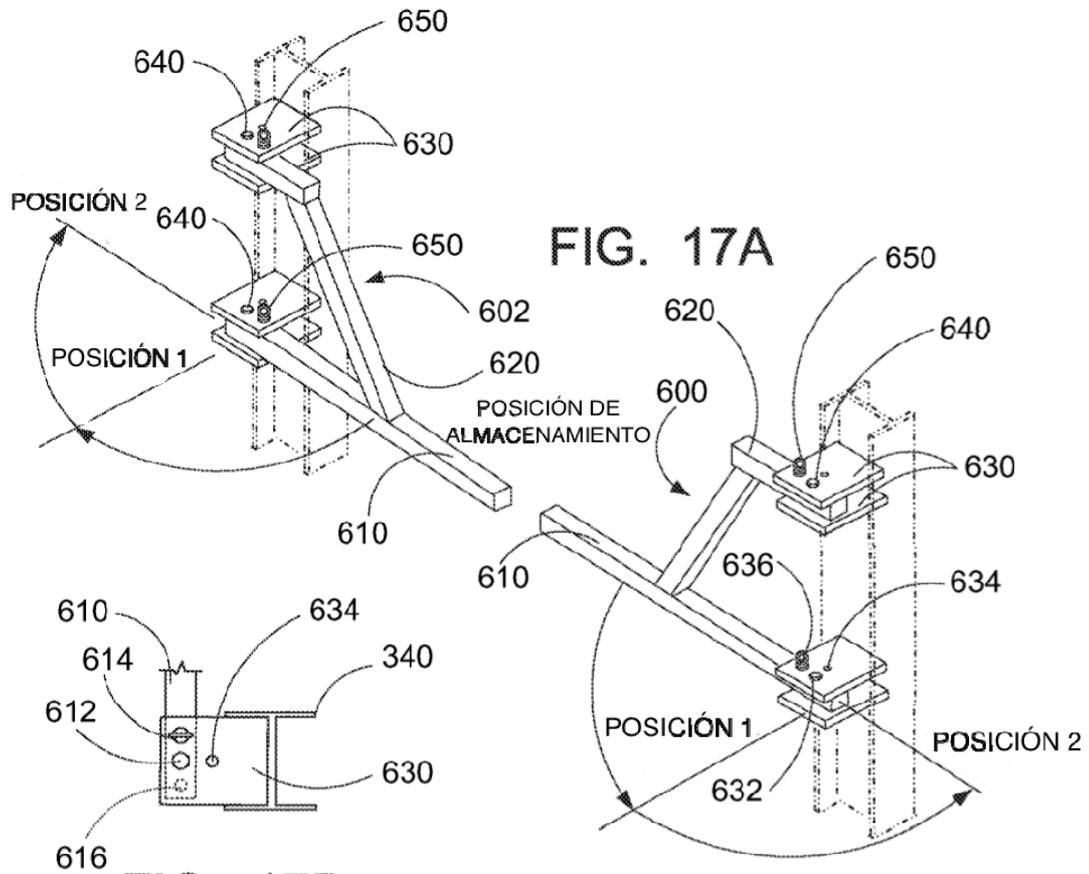


FIG. 17A

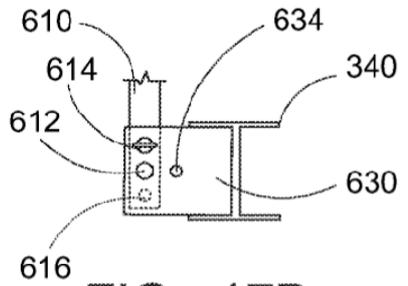


FIG. 17B

POSICIÓN DE ALMACENAMIENTO

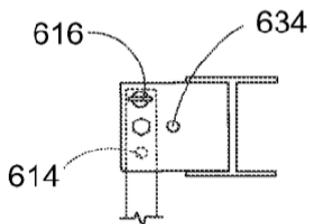


FIG. 17C

POSICIÓN 2

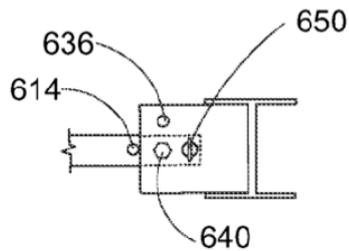


FIG. 17D

POSICIÓN 1