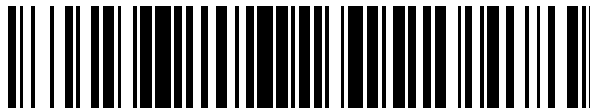


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 570**

51 Int. Cl.:

F22B 3/00	(2006.01)
F22B 1/00	(2006.01)
F22B 33/00	(2006.01)
F22B 35/00	(2006.01)
F01K 3/14	(2006.01)
F01K 3/24	(2006.01)
F22B 1/18	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2014 PCT/US2014/010389**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.07.2014 WO14107688**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2014 E 14735417 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018 EP 2920514**

54 Título: **Sistema para producir selectivamente vapor a partir de colectores solares y calentadores para procesos, incluyendo la recuperación mejorada de petróleo**

30 Prioridad:

07.01.2013 US 201361749888 P
31.05.2013 US 201361829984 P
03.01.2014 US 201414147428

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.08.2018

73 Titular/es:

GLASSPOINT SOLAR, INC. (100.0%)
47669 Fremont Boulevard
Fremont, CA 94538, US

72 Inventor/es:

O'DONNELL, JOHN, SETEL;
VON BEHRENS, PETER, EMERY;
NADY, ANDRAS y
HEISLER, STUART, M.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 677 570 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema para producir selectivamente vapor a partir de colectores solares y calentadores para procesos, incluyendo la recuperación mejorada de petróleo.

Campo técnico

- 5 [0001] La presente tecnología está dirigida en general a los sistemas y métodos para producir selectivamente vapor a partir de colectores solares y calentadores, incluyendo las técnicas para incrementar la eficiencia de la producción de vapor para procesos de recuperación mejorada de petróleo mediante la variación de las contribuciones energéticas de cada uno de los componentes anteriores.

Antecedentes

- 10 [0002] Dado que los combustibles fósiles son cada vez más escasos, el sector de la energía ha ido desarrollando técnicas más sofisticadas para extraer combustibles cuya extracción resultaba anteriormente demasiado difícil o costosa. Una de tales técnicas consiste en inyectar vapor en una formación petrolífera para liberar el petróleo y reducir su viscosidad. En la actualidad existen diversas técnicas para la inyección de vapor, a menudo denominadas colectivamente «Recuperación térmica mejorada de petróleo» o «EOR térmica». Las técnicas de inyección de vapor representativas incluyen la inyección cíclica de vapor, la inundación con vapor, el drenaje gravitacional asistido por vapor (SAGD) y otras estrategias que utilizan pozos de inyección verticales u horizontales, o una combinación de tales pozos, junto con la inyección de vapor continua, de tasa variable y/o intermitente en cada pozo.

- 15 [0003] Un sistema representativo para generar vapor para la inyección de vapor es una caldera de combustible, con una configuración de un solo paso o una configuración recirculante. Otros sistemas de generación de vapor incluyen generadores de vapor para la recuperación de calor que funcionan en modo continuo. A menudo, las instalaciones de EOR térmica producen vapor las 24 horas del día, durante periodos que van desde varios días hasta varios años. Durante el periodo de inyección de vapor continua, las presiones y los caudales pueden en algunos casos ser aproximadamente constantes, en otros casos pueden variar dentro de un rango limitado predeterminado o pueden variar en mayor medida conforme a un plan predeterminado. Sin embargo, generalmente no es deseable detener y poner en marcha el equipo generador de vapor (p. ej. cada día), puesto que tales ciclos incrementan el mantenimiento de los equipos asociado a los ciclos térmicos y un mayor potencial de corrosión durante los periodos de inactividad o espera.

- 20 [0004] Otro generador de vapor representativo es un generador de vapor solar, que puede complementar o sustituir a las calderas de combustible. Los generadores de vapor solares pueden reducir el consumo de combustible, los costes operativos, las emisiones atmosféricas y/o aumentar la producción de petróleo en proyectos de recuperación térmica. Sin embargo, tales sistemas captan energía intermitentemente debido a los patrones día/noche de la radiación solar disponible, con tasas de producción de energía que varían conforme a factores que incluyen la variación de la radiación solar incidente. Debido a la anteriormente descrita demanda de vapor continuo, muchos o la mayoría de proyectos de recuperación térmica que incorporan generadores de vapor solares incorporan también uno o más generadores de vapor alimentados por combustible, que queman combustibles líquidos o gaseosos como fuente de calor adicional para generar vapor a partir de un caudal de agua líquida entrante. Sin embargo, tales combinaciones de calderas solares y alimentadas por combustible suelen ser ineficientes, p. ej. porque incluyen numerosos componentes adicionales, desperdician energía y/o poseen una capacidad excesiva o redundante. Por consiguiente, persiste la necesidad de sistemas de generación de vapor solares altamente eficientes.

- 30 WO 2012/006258 divulga una aplicación de captación de energía solar para campos petrolíferos. Se capta indirectamente energía solar utilizando un fluido de transferencia térmica en un colector solar para transferir calor a un intercambiador térmico que, a su vez, transfiere calor al agua de alimentación del campo petrolífero, produciendo agua más caliente o vapor. Se capta directamente energía solar mediante la generación directa de vapor con colectores solares y la posterior inyección del vapor en el fondo del pozo. Se capta energía solar para precalentar agua, que a continuación se suministra a generadores de vapor que utilizan combustible y que, a su vez, producen vapor para su inyección en el fondo del pozo. Se capta energía solar para generar electricidad mediante un generador de turbina por ciclo de Rankine, y el calor rechazado calienta el agua de alimentación para generadores de vapor que utilizan combustible. Se capta (directa o indirectamente) energía solar para suministrar calor a un tanque de tratamiento térmico, con generación de calor adicional opcional alimentada por combustible.

50 Breve resumen de la invención

La presente invención da a conocer un sistema de recuperación mejorada de petróleo conforme a las reivindicaciones.

Descripción breve de los esquemas

- 55 [0005] La figura 1 es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema que incluye un colector solar, un calentador y un controlador, configurado conforme a una realización de la tecnología aquí divulgada.

[0006] La figura 2A es una ilustración parcialmente esquemática del sistema mostrado en la figura 1, configurado para funcionar por la noche conforme a una realización de la tecnología aquí divulgada.

- [0007] La figura 2B es una ilustración parcialmente esquemática del sistema mostrado en la figura 1, configurado para funcionar en condiciones de radiación incidente relativamente baja, conforme a una realización de la tecnología aquí divulgada.
- 5 [0008] La figura 2C es una ilustración parcialmente esquemática del sistema mostrado en la figura 1, configurado para funcionar en condiciones de radiación incidente relativamente elevada, conforme a una realización de la tecnología aquí divulgada.
- [0009] La figura 2D es una ilustración parcialmente esquemática del sistema mostrado en la Figura 1, configurado para funcionar en condiciones de pico de radiación incidente, conforme a una realización de la tecnología aquí divulgada.
- 10 [0010] La figura 3 es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema configurado conforme a otra realización de la presente tecnología.
- [0011] La figura 4 es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema configurado conforme a otra realización más de la presente tecnología.
- 15 [0012] La figura 5 es un gráfico que ilustra contribuciones de calor representativas de un colector solar y calentador conforme a varias realizaciones de la presente tecnología.
- [0013] La figura 6 es un gráfico que ilustra variaciones representativas de los niveles de radiación solar en el transcurso de un día.
- [0014] La figura 7A es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema que incluye un medio de almacenamiento conforme a una realización de la presente tecnología.
- 20 [0015] La figura 7B es una ilustración parcialmente esquemática de un yacimiento petrolífero que cuenta con múltiples combinaciones de colectores solares y calentadores conforme a una realización de la presente tecnología.
- [0016] La figura 7C es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema que incorpora un medio de almacenamiento y un separador, configurado conforme a otra realización de la presente tecnología.
- 25 [0017] La figura 7D es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema que incorpora una disposición de válvulas, configurado conforme a otra realización más de la presente tecnología.
- [0018] La figura 7E es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema que incorpora una disposición de válvulas, conforme a otra realización más de la presente tecnología.
- [0019] Las figuras 8A-8C son ilustraciones parcialmente esquemáticas de sistemas que incorporan configuraciones de tuberías y válvulas, conforme a otras realizaciones de la presente tecnología.
- 30 **Descripción detallada**
- [0020] La presente tecnología está dirigida en general a los sistemas y métodos para producir selectivamente vapor a partir de colectores solares y uno o más y calentadores adicionales (p. ej. calentadores auxiliares, complementarios y/o suplementarios). Los detalles específicos de diversas realizaciones de la tecnología divulgada se describen a continuación, haciendo referencia a un sistema configurado para la inyección de vapor en pozos petrolíferos, a fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de estas realizaciones, pero en otras realizaciones se pueden utilizar sistemas representativos en otros contextos. En aras de la claridad, en la siguiente descripción no se incluyen algunos detalles que describen estructuras o procesos que son bien conocidos y están asociados a sistemas de generación de vapor, pero que podrían oscurecer innecesariamente algunos aspectos significativos de la presente tecnología. Asimismo, pese a que la siguiente divulgación menciona diversas realizaciones de diferentes aspectos de la tecnología aquí divulgada, algunas otras realizaciones de la tecnología pueden tener configuraciones y/o componentes diferentes a los descritos en esta sección. Por consiguiente, la tecnología aquí divulgada puede tener otras realizaciones con elementos adicionales, y/o sin algunos de los elementos descritos a continuación haciendo referencia a las figuras 1-8C.
- 35 [0021] Muchas realizaciones de la tecnología aquí divulgada descritas a continuación pueden adoptar la forma de instrucciones ejecutables por ordenador, incluyendo las rutinas ejecutadas por un ordenador programable. Los expertos en la técnica relevante apreciarán que la tecnología se puede implementar en o mediante sistemas informáticos y/o controladores distintos a los mostrados y descritos a continuación. La tecnología puede implementarse en un ordenador o procesador de datos especializado que esté específicamente programado, configurado y/o construido para ejecutar una o varias de estas instrucciones ejecutables por ordenador descritas a continuación. En consecuencia, los términos «ordenador» y «controlador» tal como se utilizan generalmente en el presente documento se refieren a cualquier procesador de datos adecuado y pueden incluir aparatos para el uso de Internet y dispositivos de mano (incluyendo ordenadores de bolsillo, ordenadores portables, teléfonos celulares o móviles, sistemas multiprocesadores, electrónica de consumo basada en procesadores o programable, ordenadores de red, miniordenadores y similares).
- 45 [0022] La presente tecnología también puede implementarse en entornos distribuidos, donde tareas o módulos son ejecutados por dispositivos de procesamiento remotos interconectados por una red de comunicación. En un entorno
- 50
- 55

de computación distribuido, los módulos o subrutinas de programa pueden estar ubicados en dispositivos de almacenamiento de memoria locales y remotos. Aspectos de la tecnología descritos a continuación pueden estar almacenados o distribuidos en soportes legibles por ordenador, incluyendo discos de ordenador legibles magnética u ópticamente o extraíbles, así como distribuidos electrónicamente en redes. En realizaciones concretas, el alcance de la presente tecnología abarca también estructuras de datos y transmisiones de datos específicas de aspectos de la tecnología.

[0023] Las realizaciones de la tecnología descritas a continuación incluyen sistemas que generan vapor, técnicas para fabricar, ensamblar, programar, manejar y/o controlar dichos sistemas, así como métodos para instruir en el uso, la construcción, el desarrollo y/u otros aspectos del sistema. Conforme a ello, varias realizaciones de la tecnología aquí divulgada pueden incluir intervenir directamente (p. ej. por una persona, máquina, controlador, software o hardware) y/u ordenar (por una persona, máquina, controlador, software o hardware) tareas para su ejecución por entidades humanas o no humanas.

[0024] La figura 1 es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema global 100 utilizado para generar vapor. El sistema 100 incluye uno o varios colectores solares 120 acoplados operativamente a uno o varios calentadores 110 (uno de ellos se muestra en la figura 1 con fines ilustrativos) para suministrar vapor a un destino 130 bajo la dirección de un controlador 140. El calentador 110 puede complementar la energía proporcionada por el colector solar 120 a fin de suministrar al destino 130 un flujo relativamente constante de vapor con una calidad y/u otras características relativamente constantes. En otras realizaciones, el colector solar 120 y el calentador 110 pueden actuar conjuntamente para generar vapor en diferentes cantidades y/o con diferentes características. En cualquiera de estas realizaciones, las funciones de los componentes anteriormente mencionados son deliberadamente configuradas y controladas para incrementar la eficiencia global y/o reducir el coste del sistema 100 en comparación con los sistemas de generación de vapor convencionales, tal como se describirá con mayor detalle más adelante.

[0025] Realizaciones del sistema 100 mostrado en la figura 1 incluyen un sistema de flujo de agua 150 que suministra agua líquida al colector solar 120 y al calentador 110, los cuales a su vez generan vapor que se suministra al destino 130. En una realización concreta, el destino 130 incluye un distribuidor 132 acoplado a uno o varios pozos de inyección 131 utilizados para extraer petróleo en un proceso de recuperación térmica mejorada de petróleo o EOR térmica. En otras realizaciones, el destino 130 puede ser cualquier número de sistemas y/o procesos adecuados que utilicen vapor como insumo. Si el destino 130 es un campo petrolífero, el sistema 100 puede, en realizaciones concretas, incluir múltiples combinaciones de colectores solares 120 y calentadores 110, interconectados a una red de distribución del caudal común y a un conjunto común de pozos de inyección 131.

[0026] El sistema de flujo de agua 150 puede incluir una fuente de agua 151 (p. ej. un pozo, depósito, embalse y/o una combinación de los mencionados elementos) acoplada a una red de conductos adecuadamente aislados 157. En general, los conductos están aislados en los puntos en los que, de lo contrario, se prevean pérdidas térmicas significativas, p. ej. aguas abajo del colector solar 120 y/o del calentador 110. También pueden estar aislados elementos internos del calentador 110. Al menos algunos elementos del colector solar 120 pueden no estar aislados, para no interferir con la capacidad del colector solar 120 de recibir y captar radiación solar, tal como se discutirá con mayor detalle más adelante. La fuente de agua 151 suministra agua líquida a un dispositivo de entrada 152 (p. ej., una bomba de desplazamiento positivo, una turbobomba multietapas u otra bomba, válvula o dispositivo controlable), que a su vez suministra el agua a un conducto de entrada 153. El conducto de entrada 153 suministra agua líquida tanto al colector solar 120 como al calentador 110. El colector solar 120 capta la radiación incidente procedente del sol, mientras que el calentador 110 genera calor a partir de fuentes de combustible terrestres.

[0027] En realizaciones concretas, el calentador 110 es un calentador alimentado por gas o por otro combustible (p. ej., alimentado por combustible fósil) que incluye uno o varios quemadores de combustión 111 (representados esquemáticamente como un único quemador 111 con fines ilustrativos) y dirige los productos de combustión calientes a través de múltiples porciones de calentador. En una realización representativa, el calentador 110 incluye una primera porción de calentador 113 y una segunda porción de calentador 114. La primera porción de calentador 113 puede funcionar como un recalentador y/o economizador, y la segunda porción de calentador 114 puede funcionar como un evaporador, calefactor radiante y/o supercalentador. Conforme a ello, el quemador 111 dirige los gases de combustión calientes por una ruta de gas de escape, primero a través de la segunda porción de calentador 114, a continuación a través de la primera porción de calentador 113 y posteriormente a un escape del quemador (p. ej., una chimenea de evacuación). Como resultado, la segunda porción de calentador 114 recibe los gases del calentador a mayor temperatura, y la primera porción de calentador 113 recibe los gases del calentador a menor temperatura. El agua calentada (p. ej. vapor) sale del calentador 110 por una salida del calentador 116. Un conducto de recirculación de gas de escape 115 puede recircular gas de escape procedente del escape del quemador 112 de vuelta al quemador 111 y/u otros elementos del calentador para mejorar la eficiencia del calentador 110 recapturando calor que de otro modo se perdería al medio ambiente. Una válvula de recirculación 117 controla si se recirculan o no los gases de escape y la medida en que se recirculan. En realizaciones concretas, la recirculación de gas de escape se utiliza para reducir la fracción de oxígeno en el gas de combustión y de este modo ralentizar la combustión, reducir la temperatura máxima de la llama y reducir la formación de óxidos de nitrógeno (NO_x) y/o agentes contaminantes gaseosos. En otros aspectos de estas realizaciones, la recirculación de gas de escape desempeña un papel en el mantenimiento de un flujo de gas adecuado para mantener una transferencia de calor efectiva a los tubos de transferencia de calor dentro del calentador 110 (p. ej., para mantener un flujo turbulento

elevado para la transferencia de calor), y permitir así reducir más rápidamente la intensidad del quemador 111. Tal como se explica con mayor detalle más adelante, reducir la intensidad del quemador 111 permite mejorar y/u optimizar las contribuciones de calor aportadas por el colector solar 120 y el calentador 110.

5 [0028] El colector solar 120 puede incluir un distribuidor de entrada del colector 121 (opcional) y un distribuidor de salida del colector 122 (también opcional). El distribuidor de entrada del colector 121 distribuye el agua entrante mediante conductos de captación 157a (y/u otros receptores solares adecuados) que reciben energía solar concentrada procedente de uno o varios concentradores solares correspondientes 125. Los concentradores 125 pueden ser móviles, a fin de seguir las variaciones diarias y/o estacionales de la posición relativa del sol. Los concentradores solares 125 pueden incluir reflectores en forma de artesa en algunas realizaciones, y concentradores de foco puntual, lineales de Fresnel y/u otros concentradores en otras realizaciones. El distribuidor de salida del colector 122 recoge el agua calentada (p. ej., en fase líquida y/o de vapor) y suministra el agua calentada a una salida del colector 124. Las válvulas compensadoras 123 pueden controlar el modo en que se distribuye el agua a través del colector solar 120. En una realización concreta mostrada en la figura 1, el colector solar 120 incluye una disposición paralela de conductos 157a. En otras realizaciones, el colector solar 120 puede incluir conductos seriales y/o una combinación de conductos paralelos y seriales. En cualquiera de estas realizaciones, el vapor dirigido desde el colector solar 120 a la salida del colector 124 puede ser dirigido a través del calentador 110 y/o combinado con el agua calentada dirigida desde el calentador 110 hasta la salida del calentador 116, y a continuación dirigida a una salida de vapor combinada o general 156. Desde la salida de vapor general 156, el vapor es dirigido al destino 130. En cualquiera de estas realizaciones, la temperatura de salida y la fracción de vapor en la salida del colector 124 variarán en gran medida. En ciertos momentos del día (p. ej., en condiciones de menor radiación solar), el colector solar 120 recibirá agua a baja temperatura y proporcionará agua precalentada. En otros momentos, la salida del colector solar 120 será vapor de alta calidad a alta temperatura, tal como se describe más adelante en relación con las figuras 2A-2D.

25 [0029] El sistema de flujo de agua 150, que conecta el calentador 110 y el colector solar 120 al destino 130, incluye una red de conductos, múltiples confluencias de conductos 155 y válvulas 154 que dirigen el flujo de agua y vapor conforme a una serie de modos operativos. Por ejemplo, el sistema de flujo de agua 150 puede incluir una primera confluencia 155a y una correspondiente primera válvula 154a que dirigen el agua selectivamente hacia el calentador 110 y/o el colector solar 120. Una segunda válvula 154b ubicada cerca de una segunda confluencia 155b, y una tercera válvula 154c ubicada cerca de una tercera confluencia 155c dirigen conjuntamente el flujo que sale de la primera porción de calentador hacia la segunda porción de calentador 114 y/o el colector solar 120. Una cuarta válvula 154d ubicada entre una cuarta confluencia 155d y una quinta confluencia 155e dirige el vapor desde la salida del colector 124 hacia la salida de vapor general 156 y/o a través de la segunda porción de calentador 114.

35 [0030] El controlador 140 puede incluir un controlador lógico programable (PLC), un sistema de control distribuido (DCS) y/u otros tipos adecuados de sistemas de control. Por ejemplo, el controlador 140 puede constituir una pluralidad de elementos de control separados que funcionan como iguales o bien en una estructura jerárquica, p. ej., interconectados como un sistema SCADA mediante métodos de comunicación por fibra óptica, cableados o inalámbricos (basados en radio). El controlador 140 recibe entradas 141 y proporciona salidas 142 para dirigir el funcionamiento de las válvulas anteriormente descritas, del quemador 111 y/o de otros componentes del sistema. Las entradas 141 pueden incluir señales recibidas desde diversos sensores 143. Los sensores representativos pueden incluir un primer sensor de temperatura 143a posicionado para medir la temperatura del agua en la fuente de agua 151, un segundo sensor de temperatura 143b posicionado para medir la temperatura del vapor en la salida del colector 124, un tercer sensor 143c posicionado para medir la temperatura del gas de escape en la salida del quemador 112 y/o cualquiera de una variedad de otros sensores, no mostrados en la figura 1 en aras de la claridad. Tales sensores pueden incluir sensores de caudal (p. ej., para medir características de vapor), sensores de NO_x, sensores de pH, sensores de posicionamiento del concentrador solar, sensores de radiación solar, entre otros. Las salidas 142 proporcionadas por el controlador 140 pueden dirigir uno o más actuadores 144. Además de los actuadores asociados a cada una de las válvulas anteriormente descritas, los actuadores 144 pueden incluir un primer actuador 144a que controle el quemador 111 y uno o más segundos actuadores 144b que controlen los concentradores 125 del colector solar 120 (p. ej., el movimiento de los concentradores 125 a lo largo del día y/o de una estación a otra). Estos actuadores representativos 144 se muestran con fines ilustrativos, y se entenderá que el controlador 140 puede controlar otros actuadores del sistema general 100 que no se muestran en la figura 1 en aras de la claridad.

55 [0031] El controlador 140 puede funcionar de una o más formas. Por ejemplo, en una configuración de control por alimentación anticipada, el controlador 140 puede recibir entradas correspondientes a una temperatura y caudal del agua de entrada medidos, una presión del vapor de salida deseada y una fracción de vapor (calidad del vapor), y determina la entalpía necesaria y la tasa de combustión de combustible asociada para el quemador 111. En una configuración de control por retroalimentación, el controlador 140 puede recibir entradas correspondientes a una temperatura y caudal del agua de entrada y un caudal de salida medidos, y puede determinar o estimar la calidad actual del vapor de salida basándose en una o más de una variedad de propiedades físicas medidas, p. ej., una variación de la conductividad del líquido de salida, un cambio en la velocidad del flujo y/u otras propiedades, y/o una medición por separado de los componentes líquido y de vapor del flujo (p. ej., mediante muestreo isocinético). El controlador 140 ajusta en consecuencia la tasa de combustión del quemador y/o caudal de líquido, p. ej., para que el sistema 100 vuelva a una calidad de vapor de salida concreta. El controlador 140 puede incorporar la radiación solar

medida y una posición del sol calculada para determinar una contribución esperada de la energía solar a la entalpía de salida. Mediante la inclusión de mediciones de la radiación solar, el controlador 120 puede «anticipar» los cambios en la entalpía en el colector solar 120 y ajustar con mayor suavidad las tasas de combustión del quemador, ajustar con mayor suavidad los controles del proceso y/o mantener un control más estricto de las características del vapor suministrado.

[0032] En general, la contribución térmica del colector solar 120 puede estimarse y/o medirse para proporcionar información de alimentación anticipada al quemador y/o a los controles del caudal de agua. La contribución térmica del colector solar 120 puede medirse como temperaturas y presiones de entrada y salida y caudales de entrada y salida. El flujo de salida en algunos momentos será todo fase líquida, y en otros momentos será una mezcla de líquido y vapor. La calidad del vapor en la salida del colector solar 124 puede calcularse y, utilizando la ecuación de James u otras ecuaciones bien conocidas, puede utilizarse para calcular la entalpía que está siendo añadida actualmente por la energía solar, que puede combinarse con otra información para generar una señal de alimentación anticipada de la entalpía requerida agregada para el quemador 111.

[0033] En cualquiera de las realizaciones mencionadas anteriormente y a continuación, el sistema 100 puede incluir sensores de temperatura montados en los conductos 157a y/u otros componentes del colector solar 120 para estimar la contribución de la energía solar, p. ej., en tiempo real o casi en tiempo real. En la porción de menor temperatura del colector solar 120 (hacia el distribuidor de entrada 121), la entalpía se añade habitualmente como calor sensible, resultando en una temperatura de pared creciente a lo largo del flujo de líquido. La diferencia entre las mediciones de temperatura tomadas en los conductos 157a en varios puntos en el colector solar 120 se puede utilizar para estimar la intensidad de calentamiento solar actual y/o futura o proyectada, y estimar así la contribución total de la energía solar a la entalpía total requerida. Esta información, por sí sola y/o combinada con otras mediciones (p. ej., mediciones directas de la radiación solar) se pueden utilizar para estimar la correspondiente tasa de combustión del quemador requerida.

[0034] El controlador 140 y los sensores y actuadores asociados pueden incluir otras características además o en lugar de las características mencionadas. Las características representativas incluyen retroalimentación basada en temperaturas del gas de escape, funciones para la combustión multicombustible y/o para quemar combustible con distintos valores BTU en el quemador 111, controlar el patrón de flujo a lo largo del sistema 100 para gestionar la eficiencia del colector solar y la temperatura del gas de chimenea, gestionar/equilibrar la eficiencia óptima del quemador y la eficiencia óptima del colector solar, controlar un flujo de calor residual desde una envoltura del colector solar hacia la entrada del quemador, y/o disipar calor en el colector solar 120, p. ej. si la energía suministrada por el colector solar 120 excede la energía requerida por el destino 130. La medida en que se disipa calor puede depender de factores que incluyen las condiciones ambientales locales y/o el tamaño del colector solar 120 en relación con las demandas del destino 130 y la capacidad relativa del calentador 110. Las configuraciones de control anteriormente mencionadas pueden incluir cálculos que explican y/o utilizan características del sistema, incluyendo el hecho de que el agua más fría suministrada al colector solar 120 proporciona la salida BTU más elevada procedente del colector solar, y la temperatura más baja del gas de escape proporciona la salida BTU más elevada del quemador 111.

[0035] Las figuras 2A-2D ilustran configuraciones del sistema 100 mostrado en la figura 1 conforme a modos operativos representativos dirigidos por el controlador 140. En realizaciones concretas, los modos operativos se pueden correlacionar con el momento del día durante el cual funciona el sistema 100. En otras realizaciones, los modos operativos pueden asociarse a otras variables, incluyendo las variables estacionales, y en otras realizaciones se puede configurar el sistema 100 para funcionar en modos distintos a los mostrados expresamente en las figuras 2A-2D y descritos más adelante. En general, el controlador 140 dirige transiciones suaves y graduales desde un modo a otro, p. ej., para reducir o eliminar el choque térmico, cambios bruscos del flujo de fluido y/u otros efectos potencialmente indeseables.

[0036] La figura 2A ilustra el sistema 100 configurado en un primer modo operativo representativo que, al menos en algunas realizaciones, se corresponde con el funcionamiento nocturno. En esta realización, la primera válvula 154a, la segunda válvula 154b y la cuarta válvula 154d están cerradas y la tercera válvula 154c está abierta. Conforme a ello, el agua circula desde la fuente de agua 151 hasta la salida de vapor 156 a través del calentador 110, y circunvala el colector solar 120, el cual no está activo por la noche. En este modo, el flujo de agua (indicado por las flechas F) atraviesa la primera porción del calentador 113, p. ej., para el precalentamiento, posteriormente llega a la segunda porción del calentador 114, p. ej., para el calentamiento adicional y el cambio de fase a vapor, y a continuación se dirige a la salida de vapor 156 para el suministro al destino 130. La falta de flujo a través del colector solar 120 evita que el agua en los conductos retroceda hacia el colector solar 120 en la tercera confluencia 155c. Dado que el colector solar 120 no está activo durante el primer modo operativo, el quemador 111 funciona habitualmente a un elevado grado de capacidad. La válvula de recirculación de gas de escape 117 se puede abrir o cerrar dependiendo de la temperatura del gas de escape y/o de otros factores. En general, el conducto de recirculación de gas de escape 115 puede estar activo (p. ej., con la válvula de recirculación de gas de escape 117 abierta) cuando el coste energético de soplar o bombear el escape recirculante es inferior a la pérdida de energía debido a la liberación de gas de escape a alta temperatura al entorno y/o para controlar (reducir) las emisiones de NO_x y/o de otros gases.

[0037] La figura 2B ilustra el sistema 100 configurado en un segundo modo operativo, p. ej., correspondiente a un bajo nivel de radiación incidente en el colector solar 120. Por ejemplo, el segundo modo operativo se puede corresponder con la primera hora de la mañana, tras el alba. En este modo, la primera válvula 154a está parcialmente abierta. Conforme a ello, el flujo de agua indicado por la flecha F se divide en la primera confluencia 155a en un primer flujo (indicado por la flecha A) que es dirigido a la primera porción del calentador 113, y un segundo flujo (indicado por la flecha B) que es dirigido al colector solar 120. El primer flujo atraviesa la primera porción del calentador 113 hacia la tercera confluencia 155c. El segundo flujo es dirigido al colector solar 120. En el colector solar 120, los concentradores solares 125 están posicionados para enfocar la radiación solar incidente para calentar el agua que pasa por los conductos 157a. El agua calentada pasa por la salida del colector 124 y se combina con el primer flujo en la tercera confluencia 155c para producir un flujo combinado (indicado por la flecha C). El flujo combinado atraviesa la segunda porción del calentador 114 y es suministrado a la salida de vapor 156 para el suministro al destino 130. Con fines ilustrativos, la primera válvula 154a se muestra parcialmente abierta y la tercera válvula 154c se muestra completamente abierta en la figura 2B. En otras realizaciones, las posiciones relativas de estas válvulas pueden estar invertidas, o ambas válvulas pueden estar parcialmente abiertas, dependiendo de factores que pueden incluir, entre otros, las caídas de presión relativas a través del calentador 110 y del colector solar 120, respectivamente.

[0038] Durante el curso de las primeras horas de la mañana, a medida que se intensifica la radiación solar recibida por el colector solar 120, cada vez se dirige más flujo al colector solar 120, y se dirige menos flujo a la primera porción del calentador 113, mediante una mayor apertura de la primera válvula 154a. Además, a medida que aumenta la potencia calorífica generada por el colector solar 120 (p. ej., en forma de calor sensible y/o calor latente), se reduce la intensidad del quemador 111 para reducir el consumo innecesario de combustible. En configuraciones típicas, el quemador 111 tiene diferentes características de rendimiento en diferentes puntos operativos, lo cual se tiene en cuenta al determinar la medida en que debe reducirse la intensidad del quemador 111. En general, es más eficiente reducir la intensidad del quemador 111 que detener y volver a poner a arrancar el quemador 111. A medida que se reduce el flujo de agua a través de la primera porción del calentador 113, puede elevarse la temperatura en el escape del quemador 112, aunque se haya reducido la intensidad del quemador 111, debido a la menor cantidad de gas de escape transferido al agua en la primera porción del calentador 113. El aumento de la temperatura del escape del quemador puede reducir la eficiencia neta de la porción del sistema alimentada por combustible (p. ej., el calentador 110), incluso mientras está activo el conducto de recirculación de gas de escape 115. Para reducir o eliminar tales ineficiencias, el sistema 100 puede pasar a un tercer modo operativo, descrito a continuación con referencia a la figura 2C.

[0039] Haciendo referencia ahora a 2C, en el tercer modo operativo, la primera válvula 154a y la tercera válvula 154c están cerradas, y la segunda válvula 154b está abierta. Conforme a ello, el flujo de agua indicado por las flechas F atraviesa primero la primera porción del calentador 113, sigue hacia el colector solar 120 y posteriormente hacia la segunda porción del calentador 114 antes de ser suministrado a la salida de vapor 156 y al destino 130. En esta realización, el colector solar 120 añade una cantidad significativa de calor al agua, produciendo así vapor de calidad baja a media, y la segunda porción del calentador 114 aumenta la calidad del vapor hasta un nivel adecuado para el destino 130. Los niveles de calidad típicos en la salida de vapor 156 van desde aproximadamente el 65 % hasta aproximadamente el 80 %, pero pueden variar fuera de este rango en realizaciones concretas. Las presiones típicas pueden situarse entre aproximadamente 400 psi y aproximadamente 2800 psi, si bien también estos valores pueden ser diferentes en otras realizaciones. En cualquiera de estas realizaciones, el sistema 100 puede responder rápidamente a variaciones intermitentes de la potencia calorífica proporcionada por el colector solar 120. Por ejemplo, si pasa una nube entre el colector solar 120 y el sol, reduciendo temporalmente la potencia calorífica del colector solar 120, se puede aumentar rápidamente la intensidad del quemador 111 para suplementar el calor suministrado por el colector solar 120. Una vez que la nube ha pasado, se puede reducir de nuevo rápidamente la intensidad del quemador 111. Si el sol permanece tras una nube durante periodos de tiempo prolongados, se pueden reajustar gradualmente los flujos del sistema para reequilibrar el sistema 100, p. ej., volviendo al segundo modo operativo (figura 2B) o al primer modo operativo (figura 2A).

[0040] Durante al menos algunas estaciones (p. ej., pleno verano) y durante al menos algunas horas (p. ej., en torno al mediodía), el sistema 100 puede pasar a un cuarto modo operativo (mostrado en la figura 2D) correspondiente a un nivel máximo de radiación incidente recibida en el colector 120. En este modo, la cuarta válvula 154d puede estar al menos parcialmente abierta para crear un primer flujo (indicado por las flechas A) que atraviesa la segunda porción del calentador 114, y un segundo flujo (indicado por las flechas B) que pasa directamente desde el colector solar 120 hasta la quinta confluencia 155e. En la quinta confluencia 155e, los dos flujos se combinan para crear un flujo combinado (indicado por la flecha C) en la salida de vapor 156. En este modo se puede reducir aún más la intensidad del quemador 111, mientras que se dirige un flujo suficiente de agua a través de la primera porción del calentador 113 y de la segunda porción del calentador 114 para evitar que estas porciones se sequen o se degraden de cualquier otro modo debido a las condiciones de flujo reducidas. En al menos algunos casos, la capacidad máxima de producción de vapor del colector solar 120 puede exceder las necesidades de entrada del destino 130. En tales casos, el excedente de vapor o calor se puede desviar para otros usos (p. ej., almacenamiento térmico y/o generación de energía termoeléctrica mediante un generador de turbina propulsado por vapor u otro dispositivo adecuado), o algunos de los concentradores solares 125 se pueden mover a una posición fuera de foco para reducir el excedente de producción.

[0041] Las técnicas de almacenamiento térmico adecuadas incluyen (a) conducir el agua calentada a través de un intercambiador de calor (p. ej., con sal líquida, aceite térmico u otra mezcla adecuada como fluido operativo en comunicación térmica pero no fluida con el agua); (b) integrar conductos de vapor en hormigón u otro medio de almacenamiento térmico, incluyendo en algunos casos un material de cambio de fase, y/o (c) utilizar un acumulador de vapor húmedo. En cualquiera de estas realizaciones, la producción de vapor excedente puede ser resultado de un rendimiento del colector solar 120 que exceda el rendimiento del calentador 110 por sí solo. En algunos casos, esta capacidad de vapor excedente puede ser utilizada por el destino 130 (p. ej., un campo petrolífero) a medida que la producción de petróleo se expande a lo largo de la vida de un proyecto de EOR térmico típico. Más adelante se describen, haciendo referencia a las figuras 7A-7E, los medios adecuados de almacenamiento térmico y técnicas asociadas.

[0042] Los pozos de inyección 131 pueden aceptar el flujo de vapor a una velocidad determinada por características que incluyen el diámetro y la profundidad de los pozos de inyección, sus terminaciones de fondo de pozo y por características de la formación, incluyendo la presión de fondo de pozo y la inyectividad (resistencia al flujo). A medida que la inyección de vapor y la producción de aceite avanzan durante la vida de un proyecto de recuperación térmica, cambian la presión de fondo de pozo y la inyectividad. Habitualmente, se reduce la presión de fondo de pozo en un intento de aumentar la efectividad del vapor, y la inyectividad aumenta a medida que las áreas de la formación que rodean el pozo inyector se calientan y experimentan otros cambios físicos asociados a la producción de vapor y petróleo. Conforme a ello, el caudal máximo de vapor que baja por un pozo inyector individual para una presión de vapor dada en la boca del pozo aumentará habitualmente desde el valor inicial existente cuando se complete el pozo y comience la inyección de vapor. Conforme a ello, puede planificarse una variación del equilibrio entre el vapor solar y el alimentado por combustible a lo largo de la fase inicial de un proyecto de inundación con vapor, dado que se hacen posibles caudales máximos más elevados y como resultado se puede suministrar una mayor cantidad total de vapor durante las horas de luz diurna (cuando la generación solar de vapor es operativa), y se puede reducir en mayor medida la intensidad del quemador 111. De manera similar, se puede planificar una instalación de generación de vapor que durante la fase inicial del campo requiera liberar energía solar durante periodos de radiación máxima, mientras que en fases más avanzadas de su ciclo de vida se requerirá menos o ninguna liberación a medida que el sistema pueda acomodar mayores flujos máximos.

[0043] En cualquiera de estas realizaciones, una vez que haya pasado el periodo de radiación incidente máxima, el sistema 100 puede volver al tercer modo mostrado en la figura 2C. A medida que la luz solar incidente continúa decreciendo hacia el final del día, el sistema 100 puede volver entonces al segundo modo mostrado en la figura 2B, y al caer la noche puede volver al primer modo mostrado en la figura 2A. Durante la transición del sistema 100 al funcionamiento nocturno (el primer modo operativo), el agua que pasa por el colector solar 120 absorbe calor residual del colector solar 120. Conforme a ello, para cuando el colector solar 120 está aislado del flujo de agua que atraviesa el calentador 110, el calor residual remanente en el colector solar ha sido efectivamente absorbido por el agua y convertido en vapor, reduciendo o eliminando así lo que de otro modo serían pérdidas por radiación desde el colector solar 120 por la noche.

[0044] Una característica de una realización del sistema 100 anteriormente descrito es que puede incluir un calentador único que puede ser acoplado en paralelo o en serie al colector solar 120, dependiendo del modo operativo. Por ejemplo, en el primer modo operativo mostrado en la figura 2A, las porciones primera y segunda del calentador 113 funcionan en serie entre sí, y el colector solar 120 está excluido del circuito. En el segundo modo operativo mostrado en la figura 2B, la primera porción del calentador funciona en paralelo al colector solar 120, y la segunda porción del calentador 114 funciona en serie con el colector solar 120. En el tercer modo operativo mostrado en la figura 2C, tanto la primera como la segunda porción del calentador 113, 114 funcionan en serie con el colector solar 120, con la primera porción del calentador 113 acoplada aguas arriba del colector solar 120 y la segunda porción del calentador 114 acoplada aguas abajo del colector solar 120. En el cuarto modo operativo mostrado en la figura 2D, la primera porción 113 funciona en serie con el colector solar 120, y la segunda porción del calentador 114 funciona en serie con solo una parte del flujo que sale del colector solar 120. Conforme a ello, el controlador puede controlar el flujo de agua a través del sistema, y puede dirigir el agua a través del colector solar 120 y del calentador 110 conforme a diferentes secuencias. En realizaciones concretas, una porción del flujo es dirigida a través del colector solar y del calentador alimentado por combustible conforme a una primera secuencia, y la misma porción (o una porción diferente) del flujo es dirigida través del colector solar y del calentador alimentado por combustible conforme a una segunda secuencia diferente.

[0045] Como resultado de los múltiples modos operativos mencionados, se puede mejorar (p. ej., optimizar) el rendimiento proporcionado por el colector solar 120 a fin de maximizar el aprovechamiento de la radiación solar incidente, y se puede mejorar (p. ej., optimizar) el rendimiento proporcionado por el calentador 110 para suplementar en la medida necesaria el rendimiento proporcionado por el colector solar 120 y para mejorar u optimizar la eficiencia con la que funciona el calentador 110. Esto difiere de las configuraciones típicas existentes, que incluyen calentadores dispuestos únicamente en serie o únicamente en paralelo.

[0046] Como se ha mencionado anteriormente, el sistema 100 puede funcionar en al menos los modos operativos previamente descritos con un solo calentador 110 además del colector solar 120. El calentador único puede incluir múltiples conductos del calentador y rutas de flujo, múltiples quemadores y múltiples porciones del calentador pero, al menos en algunas realizaciones, el flujo de gas caliente procedente del quemador(es) pasa serialmente sobre al menos dos porciones transportadoras de agua (p. ej., la primera porción 113 y la segunda porción 114), cada una de

las cuales puede transportar un flujo de agua controlable individualmente. Esta configuración puede reducir el número de calentadores utilizados para suplementar el colector solar 120, proporcionando al mismo tiempo la flexibilidad necesaria para incrementar las eficiencias tanto en el colector solar 120 como en el calentador 110 a medida que cambien las condiciones.

5 [0047] Otra ventaja de las configuraciones mencionadas es que realizaciones del sistema 100 no incluyen un separador que separe el vapor de baja calidad y/o el agua del vapor de alta calidad. En su lugar, todo vapor que pudiera tener un nivel de calidad inferior al deseado pasa a través del calentador 110 para proporcionar el suficiente control sobre la calidad del vapor suministrado al destino 130.

10 [0048] Otra característica de al menos algunas de las realizaciones anteriormente mencionadas es que pueden aprovechar la capacidad de reducir la intensidad del quemador 111, reduciendo así el consumo de combustible que podría ser innecesario a la luz del calor suministrado por el colector solar 120. Conforme a ello, es deseable incluir un quemador 111 que tenga una gran relación de reducción, de modo que sea posible suministrar al destino 130 la mayor fracción total de vapor solar. Los quemadores alimentados por combustible típicos 111 tienen una relación de reducción limitada. Estos límites pueden ser debidos a las características operativas del propio quemador 111. Por
15 ejemplo, el quemador 111 proporcionará habitualmente una llama estable y limpia (con bajo nivel de emisiones) solo dentro de un rango operativo designado. La relación de reducción del quemador 111 también puede depender de si el quemador 111 es capaz de funcionar con más de un combustible, por ejemplo gasóleo o gas natural, o gas con un rango variable de valores caloríficos. La relación de reducción del quemador 111 también puede depender de si se utilizan funciones tales como la recirculación del gas de escape para reducir las emisiones de ciertos productos de la
20 combustión, tales como óxidos de nitrógeno (NO_x). La capacidad de reducir la intensidad del quemador 111 también está restringida por la necesidad de mantener un flujo de mezclado efectivo a través de las superficies del intercambiador de calor dentro del calentador 110 (p. ej., en la primera parte del calentador 113 y/o la segunda parte del calentador 114). Si se suministra un flujo de aire insuficiente a las porciones del calentador 113, 114, se incrementará la temperatura en el escape del quemador 112, aumentando la cantidad de calor liberado al medio
25 ambiente. Si el flujo de agua a través del calentador 110 es insuficiente, se podrían sobrecalentar las tuberías del intercambiador de calor en la primera porción del calentador 113 y/o en la segunda porción del calentador 114, provocando la rotura de las tuberías y/o el aumento de las temperaturas en el escape del quemador 112, incrementando de nuevo los costes de mantenimiento y reduciendo la eficiencia general.

30 [0049] Las mencionadas limitaciones de reducción de la intensidad se pueden posibilitar mediante la configuración del sistema mostrada en la figura 1. Por ejemplo, tanto en el segundo como en el tercer modo operativo (figuras 2B y 2C, respectivamente), el flujo de agua se conduce en su totalidad a través de la segunda porción del calentador 114, reduciendo o eliminando las probabilidades de que el flujo de agua a través de la segunda porción del calentador 114 sea insuficiente. En el primer, tercer y cuarto modos operativos (figuras 2A, 2C y 2D, respectivamente), el flujo
35 de agua se conduce en su totalidad a través de la primera porción del calentador 113, reduciendo o eliminando las probabilidades de que el flujo sea insuficiente durante estos modos. Durante el segundo modo, se puede monitorizar la primera válvula 154a para continuar proporcionando un flujo suficiente a la primera porción del calentador 113 a medida que se dirige una cantidad creciente de flujo al colector solar 120. Dado que el primer calentador 113 funciona a temperaturas más bajas que la segunda porción del calentador 114, el primer calentador 113 puede tolerar una mayor reducción del flujo. Se puede dimensionar el sistema 100 de modo que se suministre un flujo
40 suficiente aunque parte del flujo circunvale la segunda porción del calentador 114 en el cuarto modo operativo. En este modo, se puede incrementar el flujo total a través del sistema en relación con el flujo suministrado durante el primer, el segundo y el tercer modo operativo.

45 [0050] Otra característica de las realizaciones del sistema anteriormente descrito incluyen una configuración de controlador único (o, en algunas realizaciones, integrado) que monitoriza y controla tanto la captación solar 120 como el calentador 110 para generar el caudal y la calidad del vapor deseada suministrada al destino 130. Puede tratarse de una relación entre iguales establecida entre dos controladores separados o bien una relación jerárquica en la que, p. ej., un controlador maestro se comunica con un controlador solar y un controlador del calentador, o un
50 único controlador proporciona tal comunicación. Esto difiere de las configuraciones convencionales para las cuales estas dos funciones de control y monitorización están separadas, lo cual puede ser más costoso y menos eficiente de implementar que la tecnología descrita en el presente documento. Las realizaciones de los presentes sistemas también pueden reducir el número de componentes totales del sistema, puesto que varios componentes son compartidos por el colector solar 120 y el calentador 110. Estos componentes incluyen un único dispositivo de
55 entrada 152 que dirige flujo tanto al colector solar 120 como al calentador 110, y una única salida de vapor total 156.

60 [0051] Otra característica de realizaciones del sistema anteriormente descritas es que los caudales a través del colector solar 120 pueden ser relativamente elevados en condiciones de radiación incidente tanto baja como elevada. En condiciones de baja radiación incidente, la segunda porción del calentador 114 suplementa en la medida necesaria el calor producido por el colector solar 120. En condiciones de radiación incidente elevada, el elevado caudal reduce las temperaturas excesivamente elevadas en el colector solar 120, que de lo contrario incrementarían las pérdidas por radiación. Tales pérdidas pueden ser significativas, dado que son proporcionales a la temperatura elevada a la cuarta potencia. En particular, elementos del colector solar 120, p. ej., los conductos de captación u otros receptores, por regla general no están aislados, a fin de facilitar la absorción de la radiación solar. A medida que aumenta la temperatura de los receptores, las pérdidas aumentan a una tasa muy elevada (como T⁴). Conforme a ello, en al menos algunas realizaciones puede ser deseable mantener el colector solar 120 (o porciones del

colector solar 120) a temperaturas más bajas en lugar de más elevadas. Esto puede conseguirse, por ejemplo, haciendo que una porción mayor del colector solar 120 eleve el agua a la temperatura de vaporización y que una porción menor del colector solar 120 evapore el agua (cambie su fase) y/o eleve el vapor más allá de la temperatura de transición del vapor. Aspectos del sistema 100 permiten al operador optimizar, para cada condición de radiación, la eficiencia del colector solar 120 y del calentador 110. El flujo se reparte entre la primera porción 113 del calentador 110 y el colector solar 120 sobre la base de la consideración de la eficiencia simultánea de cada uno de ellos para la radiación solar actualmente disponible.

[0052] La figura 3 es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema 300 que puede incluir menos válvulas que el sistema 100 anteriormente descrito, conforme a otra realización de la presente tecnología. El sistema 300 incluye varias características similares o idénticas a las características correspondientes mostradas en la figura 1, incluyendo una fuente de agua 151, un calentador 110, un colector solar 120, un controlador 140 y un destino 130. El sistema 300 incluye además una primera válvula 354a pero puede no incluir las correspondiente segunda, tercera y cuarta válvulas tales como las mostradas en la figura 1. En su lugar, la primera válvula 354a se puede ajustar selectivamente para (a) dirigir toda el agua procedente de la fuente de agua 151 a través del calentador 110 (y no hacer pasar agua por el colector solar 120), o (b) una primera porción del agua a través del calentador 110 (en particular, la primera porción 113 del calentador 110) y otra porción del agua a través del colector solar y la segunda porción 114 del calentador 110, o (c) toda el agua procedente de la fuente de agua 151 a través del colector solar 120 y la segunda porción 114 del calentador 110. Esta configuración proporciona mayor eficiencia que una configuración en la que el calentador 110 y el colector solar 120 se hallen en una configuración paralela fija. Por ejemplo, esta configuración puede proporcionar una eficiencia mejorada durante las primeras horas del día, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 2B, y puede aislar el colector solar 120 y recapturar calor residual procedente del colector solar 120, de una manera generalmente similar a la descrita anteriormente con referencia a la figura 2A. Además, con la configuración mostrada en la figura 1, la configuración mostrada en la figura 3 no incluye un separador.

[0053] La figura 4 es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema 400 que incluye un generador de vapor para la recuperación de calor 470, conforme a otra realización de la presente tecnología. El generador de vapor para la recuperación de calor 470 puede incluir una turbina de combustión 462 que suministre gases de escape calientes a un calentador 410. Opcionalmente, los gases de escape pueden calentarse aún más mediante un calentador suplementario 463 (p. ej. un calentador de conductos). El calentador 410 puede incluir una primera porción 413 (p. ej., un economizador) posicionado aguas abajo en la ruta de flujo del gas de escape procedente de una segunda porción 414 (p. ej., una porción de recalentamiento). El calentador 410 puede incluir además un evaporador 460 ubicado aguas arriba de la primera porción 413. En otras realizaciones, el evaporador puede tener otras ubicaciones, p. ej., aguas arriba de la segunda porción 414. Un calderín de vapor 461 está posicionado para captar agua líquida y/o en fase de vapor y separar el agua en fase de vapor del agua en fase líquida. Una fuente de agua 551 dirige agua al colector solar 120 y/o al generador de vapor para la recuperación de calor 470, dependiendo, por ejemplo, de los ajustes de una primera válvula 454a, una segunda válvula 454b y una tercera válvula 454c. Las válvulas y otras características del sistema 400 están bajo el control de un controlador 440 que recibe las señales de entrada 141 y dirige las señales de salida 142.

[0054] Durante el funcionamiento, la fuente de agua 551 puede dirigir agua únicamente al colector solar 120, únicamente al generador de recuperación de calor 470 o tanto al colector solar 120 como al generador de recuperación de calor 470, dependiendo de la posición de la primera válvula 454a. El agua dirigida al colector solar 120 (como indica la flecha A) vuelve al calderín de vapor 461 tal como indica la flecha I. El agua dirigida al generador de vapor para la recuperación de calor 470, tal como indica la flecha B, atraviesa la primera porción 413 y posteriormente se dirige al evaporador 460 (como indica la flecha C), y/o alrededor del evaporador 460 (como indica la flecha D). El agua dirigida al evaporador 460 se evapora y pasa al calderín de vapor 461 tal como indica la flecha E. El condensado procedente del calderín de vapor 461 vuelve al evaporador 460 como indica la flecha F. El vapor pasa desde el calderín de vapor 461 a la segunda porción 414 como indica la flecha G. Después de ser calentado en la segunda porción 414, el vapor puede pasar opcionalmente a través de un atemperador 464 que pulveriza en el flujo de vapor agua recibida de la fuente de agua 551 para regular la temperatura del vapor, que a continuación es dirigido al destino 130.

[0055] El agua que circunvala el evaporador 460 (como indica la flecha D) puede pasar directamente al calderín de vapor 461 y/o al colector solar 120, dependiendo de la posición de la tercera válvula 454c.

[0056] En la realización mostrada en la figura 4, el sistema 400 incluye un generador de vapor para la recuperación de calor 470 acoplado al colector solar 120 de una manera que consigue al menos algunas de las características y ventajas anteriormente descritas. Por ejemplo, el sistema 400 puede dirigir selectivamente agua al colector solar 120 y/o al calentador 410. El sistema puede recapturar calor procedente del colector solar 120 durante y/o al aproximarse el funcionamiento nocturno, de una manera generalmente similar a la descrita anteriormente con referencia a las figuras 2A-3.

[0057] Una característica de muchas de las realizaciones anteriormente descritas es que las realizaciones pueden incluir un calentador (p. ej., una caldera) con una sección de precalentamiento, en combinación con un concentrador solar, recibiendo ambos el mismo fluido de trabajo de principio a fin. Esta disposición puede configurarse conforme a varios modos operativos, a fin de aumentar la eficiencia global del sistema. En particular, es posible optimizar los

sistemas para proporcionar eficientemente una cantidad y calidad deseadas de vapor, teniendo en cuenta una amplia variedad de factores que incluyen pérdidas por radiación en el colector solar 120 y consumo de combustible en calentador. La eficiencia térmica del colector solar está hasta cierto punto determinada por la temperatura de los elementos receptores en el colector solar, la temperatura de entrada de agua en el colector solar, el caudal de agua a través del colector solar y la radiación captada. La eficiencia del calentador puede definirse mediante diversos parámetros, incluyendo la temperatura de entrada de agua, el caudal, la temperatura del gas de escape y la tasa de consumo de combustible. Es posible configurar el sistema global para aumentar la eficiencia y/u optimizar el funcionamiento del proceso de generación de calor ajustando las interacciones entre el calentador y el colector solar. Esta configuración flexible proporciona un funcionamiento eficiente pese a las condiciones ambientales cambiantes.

[0058] La figura 5 es un gráfico representativo que ilustra la contribución de calor aportada por un calentador representativo y un colector solar, junto con el calor acumulativo aportado por ambos, como función de horas durante un día típico de funcionamiento. Tal como se muestra en la figura 5, es posible adaptar el sistema para proporcionar una producción de calor acumulativo generalmente constante, mediante la variación de la contribución de calor aportada por el calentador a medida que la contribución de calor aportada por el colector solar aumenta y disminuye durante el transcurso del día.

[0059] La figura 5 ilustra variaciones generales en la contribución de calor aportada por un colector solar La figura 6 ilustra con mayor detalle la variación de la radiación incidente en el colector solar durante el funcionamiento típico. Tal como se pone de manifiesto en la figura 6, la radiación solar incidente puede variar significativamente y puede variar rápidamente. Como se ha mencionado anteriormente, realizaciones de la presente tecnología incluyen un calentador integrado operativamente con el colector solar para tener en cuenta tales variaciones, proporcionando al mismo tiempo una calidad y cantidad de vapor uniformes, como podría ser requerido por el usuario objetivo.

[0060] Realizaciones concretas de los sistemas anteriormente descritos experimentan promedios de temperaturas variables en el tiempo en el colector solar, que se gestionan de tal manera que se optimice (o al menos se mejore) el rendimiento de vapor total como función de la combustión de combustible. Sobre la base de la producción de energía actual prevista (p. ej., sobre la base de la radiación/momento del día), los sistemas pueden distribuir caudales de agua de alimentación de caldera y patrones de flujo en las maneras anteriormente descritas. Al menos algunos sistemas convencionales se centran en ajustar los caudales en una caldera solar a fin de alcanzar una temperatura del vapor de salida o un estado del vapor de salida concretos, manteniendo constante dicho estado del vapor. En cambio, las realizaciones de la presente tecnología se centran en alcanzar la máxima eficiencia combinada, integrada mediante un calentador alimentado por combustible y un generador de vapor solar. El controlador puede distribuir caudal y patrones de flujo a fin de optimizar, o al menos mejorar, el vapor total producido por la combinación, compensando las pérdidas de energía en la caldera alimentada por combustible debido a los efectos de la reducción del flujo de líquido elevando las temperaturas de chimenea con las pérdidas de eficiencia en el colector solar, las cuales pueden variar en gran medida con la temperatura del colector. El controlador gestiona el sistema combinado de tal manera (p. ej., mediante los modos descritos anteriormente) que durante los periodos de menor radiación el colector de campo solar funciona a temperaturas medias más bajas de lo que permitiría una configuración en paralelo. Realizaciones de los sistemas pueden monitorizar y responder tanto a la temperatura de entrada de agua como a la temperatura de salida del sistema, así como a la calidad del vapor de salida. Como la eficiencia de un colector solar varía en gran medida con su temperatura de receptor (dado que las pérdidas por radiación varían como T^4), la reducción de la temperatura (p. ej., la temperatura media y/o la temperatura máxima) puede mejorar significativamente la eficiencia global del sistema.

[0061] La temperatura del vapor en realizaciones concretas de la presente tecnología viene determinada en última instancia por la presión de salida del sistema, y en particular por la temperatura de saturación para esa presión. En una caldera solar pura, el agua de entrada fluye a través del colector solar, elevando su temperatura hasta que empieza a hervir. A medida que al agua hirviendo fluye por las tuberías, su temperatura cambia poco a medida que se añade más energía térmica, impulsando el cambio de fase de líquido a vapor hasta que se ha añadido la energía suficiente para completar la conversión a vapor. Sin embargo, en un modo operativo típico de realizaciones de los sistemas aquí divulgados, la calidad de salida es inferior a un 100 % de vapor. Como resultado, el perfil de temperatura del colector solar está determinado por la radiación solar actualmente disponible, la temperatura del agua de alimentación de entrada y el caudal de entrada. Unos caudales más elevados reducirán la calidad del vapor de salida (quizás hasta 0) y desplazarán aguas abajo el punto de ebullición en el colector. Unas temperaturas del agua de entrada más bajas tendrán el mismo efecto. Sin embargo, la desviación del flujo alejándolo del calentador y hacia el colector solar elevará la temperatura del gas de escape en el calentador y reducirá proporcionalmente su eficiencia térmica. Los aspectos de la presente tecnología están dirigidos a equilibrar estos efectos compensatorios. Para cada condición de radiación, para cada tamaño de colector solar y caldera alimentada por combustible, con sus respectivas curvas de eficiencia, existe un punto de funcionamiento óptimo en el que la eficiencia combinada de ambos se maximiza o al menos se mejora. Es posible configurar la lógica del controlador para alcanzar o alcanzar aproximadamente este punto operativo.

[0062] Las figuras 7A-7E ilustran sistemas conforme a otras realizaciones de la presente tecnología. Estos sistemas incluyen funciones de almacenamiento térmico y/o proximidad estrecha entre el colector solar y el calentador, con ambas características configuradas para incrementar la eficiencia global con la que se genera vapor y se suministra a un campo petrolífero o a otra ubicación de destino. Varias características de los sistemas mostrados en las figuras 7A-7E son comunes a las anteriormente descritas con referencia a las figuras 2A-2E, y por lo tanto se muestran y/o

describen a continuación con menos detalle. Tales características funcionarán típicamente de maneras generalmente similares a las descritas anteriormente con referencia a las figuras 2A-2E.

[0063] La figura 7A ilustra un sistema 700a que incluye un colector solar 120, un calentador 110 y un sistema de flujo de agua 150 acoplados entre sí para proporcionar vapor en una salida de vapor general 156, que se dirige a un destino 130. El sistema de flujo de agua puede incluir una fuente o múltiples fuentes (p. ej. distribuidas). Las fuentes individuales pueden funcionar de manera autónoma o pueden estar interconectadas, dependiendo de la realización. Además, el sistema 700a puede incluir un medio de almacenamiento 770, p. ej., un depósito u otro medio adecuado, que almacene agua y otro fluido de trabajo de tal manera que se preserve la energía térmica del fluido de trabajo para su uso posterior. Conforme a ello, el medio de almacenamiento 770 puede incluir aislamiento y/u otras características que reduzcan las pérdidas térmicas.

[0064] El sistema 700a puede incluir una serie de bombas 152a-152d (denominadas colectivamente bombas 152) y válvulas 754a-754g (denominadas colectivamente válvulas 754) que dirigen el agua u otro fluido de trabajo de diversas maneras dependiendo del modo operativo. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 7A, el sistema 700a puede incluir una fuente de agua 151 que suministra agua a una primera bomba 152a. La primera bomba 152a puede dirigir el agua al calentador 110 a través de una primera válvula 754a y una segunda bomba 152b, o puede dirigir el agua al medio de almacenamiento 770 a través de una segunda válvula 754b. Una tercera válvula 754c controla si el agua dirigida desde la fuente de agua se suministra al medio de almacenamiento 770 o al colector solar 120. El agua liberada desde el medio de almacenamiento 770 puede ser dirigida mediante una tercera bomba 152c al colector solar 120 o al calentador 110, dependiendo de los ajustes de una cuarta válvula 754d y una quinta válvula 754e. El agua dirigida al colector solar 120 puede ser presurizada adicionalmente mediante una cuarta bomba 152d. Las posiciones de las válvulas 754 mostradas en las figuras 7A-7E son únicamente ilustrativas: las válvulas 754 puede adoptar posiciones distintas a las mostradas en las figuras, dependiendo del modo operativo del sistema en un momento dado.

[0065] El agua (p. ej., en forma líquida y/o de vapor) que sale del colector solar 120 se puede dirigir a la salida de vapor general 156o al medio de almacenamiento 770, dependiendo del ajuste de una sexta válvula 754f y una séptima válvula 754g. Por ejemplo, cuando el colector solar 120 produce vapor de calidad relativamente baja (o no produce vapor), p. ej., cuando el colector solar 120 se está poniendo en marcha, se está apagando y/o está expuesto a insolación baja o nula (p. ej., debido a nubosidad), es posible dirigir (p. ej., desviar) el agua/vapor al medio de almacenamiento 770. Este modo de funcionamiento puede adoptarse en función del momento del día (p. ej., mañana o tarde) y/u otros parámetros (p. ej., insolación o calidad del vapor). A medida que aumenta la calidad del vapor generado por el colector solar 120, se suministra la producción (o una fracción mayor de la producción) a la salida de vapor general 156. Así pues, el calor recibido en el colector solar se puede dirigir a la salida de vapor general 156 (y desde allí a un campo petrolífero o a otro destino) durante un primer modo operativo, y se puede dirigir al medio de almacenamiento térmico 770 durante un segundo modo operativo.

[0066] En un modo de funcionamiento, el colector solar 120 y el calentador 110 pueden funcionar conjuntamente para suministrar vapor a la salida de vapor general 156, de una manera generalmente similar a la descrita anteriormente con referencia a la figura 2D, con la sexta válvula 754f abierta. Durante el funcionamiento nocturno, u otras fases durante las cuales el colector solar 120 no produce vapor o produce una cantidad de vapor insuficiente, se puede cerrar la sexta válvula 754f para aislar el colector solar 120 del calentador 110, de la salida de vapor general 156 y del destino 130. En al menos algunas realizaciones, el agua remanente en el colector solar 120 y los conductos asociados puede ser dirigida por una línea de almacenamiento de vapor 771 al medio de almacenamiento térmico 770, a fin de evitar perder el calor contenido en este fluido de trabajo. Durante un proceso de puesta en funcionamiento subsiguiente, el colector solar 120 puede permanecer aislado de la salida de vapor general 156 y del calentador 110 para evitar la necesidad de un proceso de «venteo» (y los efectos de «martilleo» asociados) que podría derivarse del mezclado de vapor a alta temperatura creado por el calentador 110 con agua o con una mezcla de agua y vapor de baja calidad producida durante la puesta en funcionamiento del colector solar 120. Una vez que la calidad del vapor producido por el colector solar 120 supera un valor umbral (p. ej., 80 %, 90 % o 95 %, dependiendo de la realización), se puede abrir la sexta válvula 754f para permitir que el vapor suministrado por el colector solar 120 suplemente y/o sustituya al vapor suministrado por el calentador 110.

[0067] El colector solar 120 puede estar conectado al calentador 110 por una primera línea de conexión 772, y la salida de vapor general puede estar conectada al destino 130 por una segunda línea de conexión 776. Durante el día, la segunda línea de conexión 776 permanece caliente debido al vapor suministrado por el calentador 110 y/o el colector solar 120. Por la noche, la segunda línea de conexión 776 permanece caliente debido al vapor suministrado por el calentador 110, pero la primera línea de conexión 772 se enfría y debe ser recalentada cuando el colector solar 120 se ponga en funcionamiento al día siguiente. Conforme a ello, en una realización concreta, se puede reducir un primer tramo L1 de la primera línea de conexión 772 entre la salida del colector solar 124 y la salida del calentador 116, a fin de reducir o minimizar las pérdidas térmicas que pueden resultar de una primera línea de conexión 772 larga que está expuesta a pérdidas de radiación durante la noche. Por ejemplo, en al menos algunas configuraciones convencionales existentes, el primer tramo L1 de la primera línea de conexión 772 puede exceder de 1000 metros, 5000 metros o incluso 10 000 metros. En realizaciones concretas de la tecnología aquí divulgada, se puede reducir la longitud de la primera línea de conexión 772, p. ej., a un valor inferior a 1000 metros, y en otras realizaciones concretas inferior a 500 metros, inferior a 250 metros, inferior a 100 metros, inferior a 50 metros o

inferior a 10 metros. Conforme a ello, se pueden reducir las pérdidas térmicas del sistema general ubicando conjuntamente el calentador 110 y el colector solar 120 y reduciendo el primer tramo L1.

5 [0068] Además de (o en lugar de) acortar el tramo L1 de la primera línea de conexión 772, es posible configurar el sistema 700a para mantener calientes una o más porciones de la primera línea de conexión 772, incluso cuando el colector solar 120 está inactivo. Por ejemplo, la primera línea de conexión 772 puede incluir una porción aguas arriba 772a y una porción aguas abajo 772b. Inclinando la primera porción de conexión 772 (para proporcionar un flujo de condensado impulsado por gravedad) y/o ajustando adecuadamente la sexta, séptima y/u otras válvulas, el sistema puede mantener la porción aguas abajo 772b y/o la porción aguas arriba 772a a una presión y una temperatura que mantenga el flujo y/o la presencia de vapor.

10 [0069] Dado que la segunda línea de conexión 776 es calentada generalmente de manera continua, puede ser menos importante reducir el segundo tramo L2 de esta línea. En realizaciones concretas, es posible aislar la segunda línea de conexión 776 para reducir las pérdidas térmicas. En algunas realizaciones, se puede posicionar un calentador adicional 110 a lo largo de la segunda línea de conexión 776 para compensar las pérdidas térmicas. En cualquiera de las realizaciones anteriores, los calentadores 110 pueden estar distribuidos para mantener las líneas calientes, suministrando así vapor de mayor calidad al destino 130.

15 [0070] La figura 7B ilustra una realización concreta en la que un campo petrolífero está provisto de inyección de vapor, que a su vez es suministrado desde múltiples fuentes situadas en torno al campo petrolífero. Las múltiples fuentes pueden incluir uno o más campos solares (cada uno de los cuales puede incluir uno o más colectores solares 120) acoplados en estrecha proximidad a un calentador y/o a un medio de almacenamiento de calor (p. ej., un calentador 110 y un medio de almacenamiento 770, tal como se muestra en la figura 7A). Los campos solares individuales pueden tener sus correspondientes medios de almacenamiento específicos (p. ej., tanques de almacenamiento) y/o suministros de agua específicos. En otras realizaciones, los medios de almacenamiento y/o suministros de agua pueden estar interconectados. En realizaciones concretas, el sistema general también puede incluir una fuente de calentador central que suplementa el calor proporcionado por emparejamientos individuales de calentadores y campos solares. La fuente de calentador central también puede incluir calentadores móviles que pueden moverse a diferentes ubicaciones que requieran calor a medida que fluctúen o cambien las demandas de vapor del campo petrolífero. Tal como se muestra en la figura 7B, al menos algunos de los campos solares pueden estar ubicados mucho más allá del borde inicial de la zona de inyección, para permitir la expansión de las operaciones de inyección del campo petrolífero sin interferir en el proceso de captación solar. Por ejemplo, se pueden añadir nuevos pozos de inyección entre los pozos de inyección iniciales y uno o más de los campos solares, puesto que los campos solares están ubicados lo suficientemente lejos de los pozos de inyección iniciales como para permitir nuevos pozos de inyección.

20 [0071] La figura 7C ilustra otra realización de un sistema global 700c que incluye varias características similares a las descritas anteriormente con referencia a la figura 7A. Además, el sistema 700c puede incluir un separador 775 que separa el vapor de mayor calidad del vapor de menor calidad y/o del agua. Conforme a ello, el vapor o una mezcla de líquido/vapor que sale del colector solar 120 entra en el separador 775, siendo el vapor dirigido a la sexta válvula 754f y a la salida de vapor general 156. El agua es dirigida desde el separador 775 a la séptima válvula 754g para su entrega al medio de almacenamiento 770. Además, el propio separador 775 puede servir como medio de almacenamiento y por consiguiente puede ser aislado y/o configurado de otro modo para reducir las pérdidas térmicas. En una realización concreta, el sistema 700c puede incluir un intercambiador de calor 776 (p. ej., un intercambiador de calor por flujo en contracorriente) que transfiere calor desde el agua separada en el separador 775 al agua que entra en el colector solar 120. En la realización ilustrada, el intercambiador de calor 776 está posicionado aguas arriba de la cuarta bomba 152d. En otras realizaciones, el intercambiador de calor 776 puede estar posicionado aguas abajo de la cuarta bomba 152d. En cualquiera de estas realizaciones, el agua extraída del separador 775 y dirigida a través del intercambiador de calor 776 puede ser dirigida posteriormente al medio de almacenamiento 770, como se ha descrito anteriormente. En otras realizaciones, por ejemplo, cuando el agua incluye un nivel inadmisiblemente elevado de sedimento, minerales y/u otras partículas, el agua extraída del separador 775 puede ser dirigida en cambio a un sistema de filtración, o simplemente descargada, tal como se indica en líneas punteadas en la figura 7C.

25 [0072] El sistema 700c también puede incluir una octava válvula 754h y una novena válvula 754i. Opcionalmente, la octava válvula 754h puede dirigir calor al medio de almacenamiento 770. La novena válvula 754i se puede utilizar para añadir selectivamente agua de nuevo al flujo de vapor producido en el separador 775 para controlar la calidad del vapor.

30 [0073] La figura 7D ilustra un sistema 700d configurado conforme a otra realización más de la presente divulgación. En esta realización, el sistema 700d incluye un separador 775 y un medio de almacenamiento 770, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 7C. Además, el sistema 700d puede incluir una disposición de válvulas, generalmente similar a la descrita anteriormente con referencia a las figuras 2A-2D, que permite dirigir agua selectivamente a la primera porción del calentador 113 y/o a la segunda porción del calentador 114 del calentador 110. Conforme a ello, el sistema 700d puede incluir una décima válvula 754j, una undécima válvula 754k y una duodécima válvula 754l. Cada una de estas válvulas se puede ajustar para dirigir agua a través de únicamente la primera porción del calentador 113 (p. ej., abriendo la décima válvula 754j y cerrando la undécima válvula 754k y la duodécima válvula 754l) o a través tanto de la primera porción del calentador 113 como de la segunda porción del

calentador 114. Por ejemplo, con la décima válvula 754j abierta y la undécima válvula 754k cerrada, el agua se precalienta en la primera porción del calentador 113 antes de entrar en el colector solar 120. Al abrir la duodécima válvula 754l, el agua recogida en el separador 775 se puede dirigir a la segunda porción del calentador 114 para ser convertida en vapor. Conforme a ello, se puede accionar la duodécima válvula 754l para dirigir el agua retirada del separador 775 al interior del calentador 110, en lugar de al medio de almacenamiento 770. En este modo de funcionamiento, la séptima válvula 754g se cierra al mismo tiempo que se abre la duodécima válvula 754l.

[0074] La figura 7E ilustra un sistema 700e configurado conforme a otra realización más de la presente tecnología. En esta realización, el sistema 700e incluye características generalmente similares a las descritas anteriormente con referencia a la figura 7D, y, además, incluye una decimotercera válvula 754m. La decimotercera válvula 754m, en combinación con la duodécima válvula 754l, permiten que el agua retirada del separador 775 sea dirigida a la primera porción del calentador 113 o a la segunda porción del calentador 114. Los ajustes de estas válvulas pueden ser determinados por el controlador 140, y el proceso de apertura y/o cierre de estas y/o cualquier otra válvula del sistema puede basarse en las temperaturas y presiones relativas del agua en el sistema, la medida en que el agua requiere calor adicional, las demandas del destino 130 y/u otros factores. Por ejemplo, si el agua que sale del separador 775 se halla a una temperatura inferior a la de la primera porción del calentador 113, puede ser dirigida a la primera porción del calentador 113 antes de ser dirigida a la segunda porción del calentador 114. Si el agua que sale del separador 775 se halla a una temperatura superior a la de la primera porción del calentador 113 e inferior a la de la segunda porción del calentador 114, puede ser dirigida a la segunda porción del calentador 114, circunvalando la primera porción del calentador 113.

[0075] Las realizaciones de los sistemas anteriormente descritos con referencia a las figuras 7A-7E incluyen características que pueden proporcionar una o más ventajas sobre los sistemas convencionales. Por ejemplo, al menos algunas de las realizaciones de los sistemas anteriormente descritos incluyen un medio de almacenamiento. El medio de almacenamiento puede recuperar calor presente en el colector solar 120 tras el apagado y/o durante periodos de baja producción, y por consiguiente puede eliminar o al menos reducir las pérdidas asociadas, simplemente permitiendo que este calor salga del sistema por radiación, convección y/o conducción.

[0076] Otra característica de al menos algunas de las realizaciones anteriormente descritas es que se puede operar el calentador 110 para suministrar un flujo continuo de vapor durante la noche. En algunas realizaciones, la cantidad de vapor producida por el calentador durante la noche es suficiente para satisfacer las necesidades del destino 130, p. ej., para mantener a plena capacidad un proceso de inyección en un campo petrolífero. En otras realizaciones, el calentador 110 puede funcionar por la noche simplemente para mantener un nivel umbral de flujo de vapor a través del sistema. Esta configuración puede eliminar los ciclos térmicos que de otro modo serían experimentados por estas porciones del sistema, y puede eliminar la acumulación de agua en las líneas a las que está conectado. A su vez, esto puede reducir los riesgos operativos y los retardos de puesta en marcha, y puede reducir los costes de mantenimiento. Cuando se utiliza en este último modo (p. ej., para suministrar un nivel umbral de vapor que puede situarse por debajo de los requisitos operativos habituales), se puede dimensionar adecuadamente el calentador para satisfacer este requisito funcional. En particular, el calentador puede ser más pequeño que un calentador dimensionado para generar la plena producción de vapor requerida por el destino 130, y/o se puede configurar para funcionar eficientemente a niveles de producción bajos cuando simplemente mantiene el nivel umbral de vapor en lugar de un nivel de vapor plenamente operativo.

[0077] Otra característica de al menos algunas de las realizaciones anteriormente mencionadas incluye mantener vapor en una mayor fracción de las líneas asociadas a la producción de vapor, pese a la naturaleza cíclica del colector solar. Este concepto puede reducir las probabilidades de venteo de la línea. Por ejemplo, como se ha mencionado anteriormente, es posible aislar los conductos asociados al generador solar del resto del sistema durante la puesta en funcionamiento, a fin de reducir o eliminar el contacto entre el agua y el vapor de alta calidad, hasta que el generador solar produzca vapor de una calidad suficiente como para ser reconectado al resto del sistema. Esta configuración puede reducir el desperdicio de vapor asociado al venteo de la línea, reducir los periodos de pérdida de producción de vapor asociados al venteo de la línea y/o reducir los costes de mantenimiento asociados a los ciclos térmicos de las líneas. Tales costes de mantenimiento pueden incluir reparar o sustituir líneas que sufran daños como consecuencia de la expansión y la contracción cíclicas inducidas térmicamente.

[0078] Otra característica de al menos algunas de las realizaciones anteriores es que un calentador puede ubicarse conjuntamente con un colector solar correspondiente para reducir la longitud de la línea de conexión entre el colector solar y la salida de vapor general. Como se ha mencionado anteriormente, esta configuración puede reducir el venteo, las pérdidas térmicas y/o los costes de mantenimiento. En realizaciones concretas, se puede acoplar un único calentador a un único colector solar. En otras realizaciones, un único calentador puede atender a múltiples colectores solares (p. ej., dispuestos circunferencialmente alrededor de un calentador común). En otras realizaciones, múltiples calentadores pueden atender a un único colector solar.

[0079] Las figuras 8A-8C ilustran otros aspectos de la tecnología divulgada. La figura 8A ilustra un sistema de inyección que utiliza una línea de flujo de 2" y estranguladores fijos en las bocas de pozo para controlar el flujo de vapor. Los estranguladores fijos se basan en flujo (sónico) estrangulado para limitar el flujo por cada tubería y proporcionar un flujo uniforme por varias tuberías. Las tasas de inyección a los pozos pueden variar con la presión del generador de vapor, con tasas de inyección típicamente limitadas a aproximadamente 1000 bbl/día. La figura 8B ilustra un sistema con estranguladores automatizados (ajustables), y con los estranguladores movidos desde los

pozos hasta los distribuidores situados aguas arriba. Se incrementa de 2" a 3" el diámetro de las líneas de flujo, generando tasas de inyección de hasta aproximadamente 2000 bbl/día. La figura 8C, que se discutirá con mayor detalle más adelante, ilustra líneas de flujo sobredimensionadas configuradas para mejorar el uso de vapor producido mediante generación solar.

5 [0080] Técnicas de inyección de vapor en campos petrolíferos típicas incluyen la inyección por «estimulación cíclica» o «huff and puff», en la que se inyecta vapor en todos los pozos petrolíferos durante un cierto periodo de tiempo. Cada pozo se deja opcionalmente «en remojo» durante un periodo de tiempo adicional, y posteriormente se extraen petróleo y agua del pozo hasta que la producción desciende a una tasa predeterminada o ha transcurrido un periodo de tiempo predeterminado. A continuación se repite el ciclo (inyección, remojo, producción).

10 [0081] Otro concepto habitual implica la inyección continua de vapor en un conjunto de pozos («inyectores») y la producción continua en pozos adyacentes («productores»). Sobre la base de la relación espacial de los inyectores y los productores, tales proyectos se conocen como inyecciones de vapor, inundaciones con vapor, SAGD (drenaje gravitacional asistido por vapor), entre otras denominaciones.

15 [0082] Es habitual en un campo petrolífero concreto iniciar el proyecto general de inyección de vapor con un periodo de inyección cíclica en todos los pozos, a fin de producir petróleo precozmente y también para calentar la formación, mejorando la permeabilidad y la comunicación entre inyectores y productores. Posteriormente, es habitual iniciar la inyección de vapor continua o semicontinua en los pozos de inyección durante un periodo de tiempo prolongado. Durante el periodo inicial del proyecto, la inyección continua de vapor eleva la temperatura de la formación que rodea el pozo de inyección. Las mayores temperaturas y el flujo de fluidos, incluyendo el petróleo, dentro de la
20 formación alejándose del pozo inyector aumenta la «inyectividad» del pozo, esto es, aumenta el caudal de vapor al interior del pozo inyector para una presión de vapor dada en la boca del pozo. A medida que aumenta la inyectividad, en muchas operaciones de inundación con vapor, para mantener una masa de vapor diaria aproximadamente constante por inyector se puede reducir la presión del vapor en la superficie.

25 [0083] Una inundación con vapor típica tiene un número limitado de fuentes de vapor, p. ej., una o varias calderas, y un número mucho mayor de pozos de inyección. Un elemento importante para el éxito de cualquier inundación con vapor es la correcta distribución del flujo de vapor al interior de los pozos de inyección. Sin un diseño adecuado para la distribución del vapor, podría fluir más vapor al interior de los pozos de inyección situados más cerca de las calderas (con la consiguiente menor caída de presión hidráulica asociada al flujo), y fluiría una menor cantidad de vapor al interior de los pozos relativamente más alejados de las calderas. Tal desequilibrio de la distribución de vapor es indeseable, ya que produciría un desequilibrio en el calentamiento de la formación y reduciría tanto la tasa de producción como la recuperación total de petróleo. Conforme a ello, los dispositivos de control instalados en cada boca de pozo, o instalados en cada grupo de pozos, son una parte importante de una operación de inundación con vapor. Como se ha mencionado anteriormente con referencia a las figuras 8A y 8B, en algunos contextos (inundación con vapor) se utilizan estranguladores fijos y en otros (inyección cíclica) se usan estranguladores
35 ajustables automatizados.

[0084] A medida que la inyección de vapor continúa durante meses y años, la formación acaba por calentarse y alcanza un estado de equilibrio o de meseta, donde se han establecido un espacio de vapor y una región calentada. La tasa de inyección de vapor requerida para mantener esta zona calentada es habitualmente inferior a la tasa de inyección de vapor que se necesitó para calentar originalmente la formación y superar las pérdidas térmicas. Como resultado, la cantidad total de vapor por inyector por día en un pozo inyector determinado se reduce habitualmente tras haberse alcanzado este estado de equilibrio.

45 [0085] Las características operativas de los generadores de vapor solares, cuyo rendimiento varía en gran medida desde flujo cero por la noche a flujo máximo a mediodía, son muy diferentes de las características operativas de los generadores de vapor alimentados por combustible, los cuales suelen funcionar a una tasa aproximadamente constante de producción de vapor durante periodos prolongados (semanas o meses de funcionamiento continuo con producción constante). La interconexión de generadores de vapor solares plantea requisitos concretos para el diseño de redes de distribución y pozos de inyección de vapor para campos petrolíferos, especialmente a medida que aumenta la fracción deseada de vapor solar.

50 [0086] Como se ha mencionado anteriormente, es posible equilibrar la producción de un generador de vapor solar (p. ej., un colector solar) y de un generador de vapor alimentado por combustible: a medida que aumenta la producción de vapor solar, se reducen la tasa de combustión de combustible y la tasa de generación de vapor de la generación de vapor alimentada por combustible, a fin de proporcionar una tasa total de producción de vapor por hora aproximadamente constante. En dicha producción de vapor con tasa aproximadamente constante, la fracción total de vapor anual que puede producirse mediante generación solar está limitada por la fracción de horas anuales en la que está disponible la radiación solar adecuada. Los valores típicos se sitúan entre el 20 % y el 30 % del vapor anual total.

55 [0087] Para los operadores de campos petrolíferos, reviste un valor significativo la capacidad de derivar una mayor fracción de su vapor anual total de la energía solar, sin reducir la tasa de producción de petróleo procedente del campo. Conforme a realizaciones de la tecnología aquí divulgada, esto se consigue inyectando más vapor durante el día y menos por la noche. En realizaciones concretas, esto incluye permitir que el caudal máximo de vapor aumente
60

por encima del caudal medio diario, y permitir que la tasa nocturna de inyección de vapor descienda por debajo de la tasa media diaria.

[0088] Esta cuestión de la variación de la tasa diaria de inyección de vapor plantea retos tanto para el diseño de los pozos de inyección como para el diseño de la red de distribución de vapor. La presente divulgación aborda ambas cuestiones.

Fracción solar frente a vida del campo

[0089] Típicamente, en el funcionamiento de inundación con vapor, la tasa de inyección de vapor por pozo es establecida por el caudal de vapor requerido durante el periodo inicial de la inundación con vapor, esto es, el periodo en el que la formación está más fría, tiene la inyectividad más baja (flujo más bajo frente a presión) y requiere la mayor cantidad de vapor para conseguir el calentamiento de la formación. Un campo está diseñado con un número escogido de pozos de inyección, diseñados para gestionar una presión y un caudal de vapor concretos, a fin de mejorar económicamente (p. ej., optimizar) el coste de la inyección de vapor frente a la respuesta de producción de petróleo. Naturalmente, un mayor número de pozos de inyección menos espaciados, o mayores presiones de vapor y diámetros de pozo, puede dar como resultado tasas más elevadas de inyección de vapor, pero tales cambios también se traducen en un mayor coste. Habitualmente, los expertos en la técnica optimizan el coste de las instalaciones contra el valor proyectado de la producción de petróleo esperada de tal diseño de las instalaciones, a fin de llegar a un diseño equilibrado que tenga en cuenta el coste frente a los ingresos previstos.

[0090] Si se deseara una elevada fracción de vapor solar al principio de la inundación con vapor, la elevada variación de la tasa asociada a la producción de vapor solar se enfrentaría a una inyectividad limitada y a una elevada demanda de vapor por pozo. Suministrar una gran cantidad de vapor por hora contra presiones de inyección elevadas aumentaría el coste de cada pozo de inyección (mayor diámetro, presión más elevada) y/o el coste de la red de distribución de vapor (presión máxima más elevada) y/o el número de pozos de inyección (mayor coste debido a más inyectores).

[0091] Conforme a ello, aspectos de la presente tecnología abordan esta cuestión. En realizaciones concretas, se integra una fracción creciente del vapor solar en el campo petrolífero a medida que avanza la inundación con vapor. La configuración inicial del diseño de inundación con vapor está optimizada como lo estaría para la inyección de vapor a tasa constante. Se reduce a diario la intensidad de los generadores de vapor alimentados por combustible para igualarla aproximadamente a la producción de los generadores de vapor solares, de modo que la generación de vapor total es aproximadamente constante. A medida que la formación se calienta y la inyectividad aumenta, se añaden al campo petrolífero más generadores de vapor solares, o bien se retiran y/o se utilizan menos los generadores de vapor alimentados por combustible. Sin aumentar la presión máxima en la red de distribución de vapor, la inyectividad creciente posibilita un mayor flujo máximo de vapor, y permite así a la energía solar aportar una mayor fracción del vapor diario total requerido. Dicho de otro modo, la mayor inyectividad posibilita mayores caudales a las mismas o menores presiones. La energía solar puede producir el mismo caudal diario que un generador de vapor alimentado por combustible, pero con un caudal elevado durante el día y un caudal bajo o nulo por la noche. Conforme a ello, a medida que la capacidad de caudal máximo del sistema aumenta en proporción al aumento de la inyectividad, la energía solar puede aportar una fracción creciente del vapor total requerido: lo hace produciendo más vapor durante el día y menos (o ninguno) por la noche, y por consiguiente es adecuado en casos en los que el flujo total por día es más importante que un flujo constante a lo largo del día.

[0092] A medida que las necesidades de masa de vapor por pozo y por día disminuyen a lo largo de los meses y años de inyección de vapor, se incrementa aún más la fracción de vapor solar, instalando una mayor capacidad de generación de vapor solar y/o retirando o reduciendo el funcionamiento de generadores de vapor alimentados por combustible. Así, una instalación que en su primer año aporte solo un 20 % de vapor solar, en su quinto año de funcionamiento podría estar aportando una fracción de vapor solar anual del 80 %, sin un incremento del número de pozos o un incremento de la presión nominal de la red de distribución de vapor. Durante la vida de la instalación, esta innovación optimiza (o al menos mejora) al ahorro de combustible total (un objetivo clave de la generación de vapor solar) a un bajo coste de capital total en la red de distribución e inyección de vapor.

Distribución de vapor con tasa variable

[0093] Una práctica típica en el campo petrolífero para lograr la distribución adecuada de vapor entre múltiples pozos de inyección es el uso de «estranguladores», dispositivos que incorporan fenómenos de caída de presión no lineales a un caudal o una presión establecidos. Los «estranguladores fijos» limitadores del caudal (figura 8A) suministran un caudal aproximadamente constante a un pozo, limitando el caudal mediante fenómenos de flujo asociados a la velocidad del sonido. El uso de estranguladores fijos permite a un inyector de vapor cercano a la caldera, a una presión de vapor en la boca del pozo relativamente más elevada, inyectar en el pozo la misma masa de vapor por día que otro inyector similarmente equipado a una presión de vapor en la boca del pozo relativamente más baja situado más lejos de las calderas.

[0094] Sin embargo, tales estranguladores fijos solo son efectivos para un rango limitado de presiones de funcionamiento, y no permiten la distribución adecuada de vapor con caudales variables. A medida que cambia la manera en que funciona un campo petrolífero, desde caudal total fijo de vapor y fracción de vapor solar baja hasta caudal de vapor altamente variable y fracción solar elevada, fundamentalmente es preciso emplear nuevos

mecanismos para garantizar la correcta distribución del vapor entre múltiples pozos de inyección desde una fuente común.

[0095] Para operaciones de inyección cíclica de vapor en el campo petrolífero se utilizan habitualmente válvulas accionadas por motor y/o estranguladores accionados por motor (figura 8B). Tales válvulas accionadas por motor permiten suministrar vapor desde una cabecera de distribución común a cada pozo conforme a un horario adecuado, como se ha descrito anteriormente.

[0096] La presente tecnología emplea válvulas accionadas por motor para conseguir la correcta distribución de la inyección de vapor entre múltiples pozos con caudales variables.

En realizaciones concretas, hay un controlador asociado a cada válvula, y un sensor asociado a cada inyector. Un mecanismo de control determina la tasa apropiada de inyección de vapor para un pozo concreto, detecta el caudal actual de vapor inyectado en el pozo y ajusta una válvula accionada por motor o un estrangulador accionado por motor para alcanzar la tasa deseada. La tasa deseada de inyección de vapor en cada pozo puede calcularse localmente mediante un controlador basado en un horario fijo (hora del día), sobre la base de una señal transmitida desde un controlador central, o sobre la base de mediciones de características de la red de distribución de vapor. En algunas realizaciones, todas las tasas de inyección de vapor son controladas desde un controlador central sobre la base de la disponibilidad actual de vapor solar y vapor generado por combustible, y se puede transmitir la información a controladores de boca de pozo. En otras realizaciones, puede existir una ruta de comunicación desde un controlador central a cada controlador de boca de pozo, que permite un ajuste más preciso del caudal por pozo. En otras realizaciones, los controladores de boca de pozo locales pueden detectar características de la red de distribución de vapor —p. ej., variaciones de la presión— y pueden desplazar el controlador hacia un caudal definido mayor que el caudal a una presión relativamente más baja en la red de distribución de vapor. Cada controlador de boca de pozo puede detectar el caudal másico de vapor al interior de su pozo asociado utilizando uno de varios medios, incluyendo caudalímetros másicos de tipo coriolis, sensores que miden la presión relativa en cada lado de una placa de orificios, sensores que utilizan elementos rotatorios tales como turbinas para determinar la velocidad del flujo, o sensores que utilizan otras características tales como caudalímetros magnéticos para detectar el caudal másico que entra actualmente en cada pozo de inyección.

[0097] La figura 8C ilustra un diseño de sistema que prevé y aprovecha el cambio en la inyectividad del campo utilizando un dimensionamiento selectivo de tuberías y estranguladores automatizados, conforme a una realización de la presente tecnología. En un aspecto de esta realización, las líneas de flujo están sobredimensionadas en comparación con el caudal de vapor inicial a través del sistema. En otras palabras, es la baja inyectividad inicial de la formación de la roca, en lugar del tamaño de la tubería, la que limita el caudal. A medida que aumenta la inyectividad, las tuberías más grandes pueden gestionar un caudal incrementado. Como se ha comentado anteriormente, tal incremento del caudal puede permitir a los generadores solares producir un caudal de vapor diario suficiente, suministrando una gran cantidad de vapor durante las horas de luz diurna y cantidades bajas o nulas de vapor durante la noche. Las válvulas automatizadas se pueden utilizar para controlar individualmente el caudal a flujos individuales, a fin de mejorar la uniformidad del proceso de suministro de vapor, incluso en un funcionamiento de inundación con vapor (en lugar de inyección cíclica). Las válvulas automatizadas también se pueden utilizar para apoyar cualquiera de una variedad de otras variaciones adecuadas.

[0098] De lo anterior, se apreciará que las realizaciones específicas de la presente tecnología se han descrito aquí con fines ilustrativos, pero que pueden introducirse varias modificaciones sin desviarse de la presente tecnología. Por ejemplo, si bien el calentador 120 se muestra provisto de un solo quemador en otras realizaciones, el calentador 110 puede incluir múltiples quemadores. Por ejemplo, una configuración multiquemador puede incluir un quemador más grande y un quemador más pequeño, a fin de posibilitar una mayor reducción de la intensidad. Una característica potencialmente significativa de una configuración multiquemador es la capacidad de mantener un perfil particular de generación de NO_x durante el funcionamiento a intensidad reducida. La primera y la segunda porciones del quemador 113, 114 se ilustran como tubos doblados de paso único. En otras realizaciones, una o ambas de estas porciones de calentador pueden incluir cualquiera de una variedad de disposiciones de intercambiador de calor paralelas, seriales y/u otras disposiciones adecuadas. Por ejemplo, la primera porción 113 y/o la segunda porción 114 pueden, en al menos algunas realizaciones, tener dos o más secciones paralelas, cada una de las cuales puede suministrar por separado agua calentada al colector solar 120. Esta disposición puede reducir la caída total de presión del agua que pasa a través del calentador 110, e incluirá habitualmente válvulas adecuadas y/u otras características de gestión para equilibrar debidamente los flujos. En otras realizaciones, el calentador 110 puede incluir más de dos porciones controlables individualmente. En cualquiera de estas realizaciones, las superficies de intercambio de calor de las porciones del calentador están adecuadamente dimensionadas para aumentar la eficiencia con un coste bajo. El calentador 110 puede ser una caldera de calentamiento directo, un generador de vapor para recuperación de calor (p. ej., capturando calor residual de una turbina alimentada por combustible, y/o un generador de vapor para recuperación de calor con combustión auxiliar de combustible (p. ej., una disposición de «quemador de conducto» o de «combustión suplementaria»). Aspectos de la tecnología aquí divulgada pueden aplicarse a generadores de vapor «de paso único» y/o a generadores de vapor recirculantes, dependiendo de la realización. Otras disposiciones de calentadores, colectores solares y componentes asociados se dan a conocer en las siguientes solicitudes PCT publicadas, asignadas al asignatario de la presente solicitud: W02010/088632; W02012/006255; W02012/006257; W02012/006258; y W02012/128877.

[0099] En aras de la claridad, en este documento no se han mostrado o descrito con detalles ciertas características. Tales características incluyen, entre otras, válvulas de aislamiento adicionales en el colector solar 120 (para permitir el drenaje del colector solar para el mantenimiento) y/u otras características adecuadas de mantenimiento y no de mantenimiento.

5 [0100] Ciertos aspectos de la tecnología descritos en el contexto de las realizaciones concretas pueden combinarse o eliminarse en otras realizaciones. Por ejemplo, realizaciones concretas pueden funcionar en menos modos de los
10 anteriormente descritos, y/o pueden incluir diferentes disposiciones de válvulas. En algunas realizaciones se puede eliminar la característica de recirculación de gas de escape. Las características mencionadas en el contexto de cualquiera de las figuras (p. ej., figuras 7A-7E) se pueden combinar de una forma adecuada con características divulgadas en otras figuras (p. ej., figuras 2A-2E). Aspectos concretos de la tecnología están integrados en sistemas de producción de vapor y métodos asociados para producir vapor. Otras realizaciones incluyen métodos para crear, configurar, ajustar y/o cambiar tales sistemas, así como métodos para instruir estas técnicas. Además, si bien se han descrito ventajas asociadas a determinadas realizaciones de la tecnología en el contexto de tales realizaciones,
15 otras realizaciones también pueden presentar tales ventajas, y no todas las realizaciones deben presentar necesariamente tales ventajas para estar abarcadas dentro del alcance de la presente tecnología. Conforme a ello, la presente divulgación y la tecnología asociada puede abarcar otras realizaciones no mostradas o descritas expresamente en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de recuperación mejorada de petróleo, que comprende:
 - una fuente de agua (151);
 - 5 un colector solar (120) que incluye una entrada del colector, una salida del colector y una pluralidad de concentradores solares posicionados para calentar el agua que fluye desde la entrada del colector hasta la salida del colector;
 - un calentador alimentado por combustible (110);
 - una salida de vapor conectada a un pozo de inyección de campo petrolífero;
 - una red de flujo de agua acoplada entre la fuente de agua, el colector solar, el calentador y la salida de vapor; y
 - 10 un controlador acoplado operativamente a la red de flujo de agua, caracterizado por el hecho de que el controlador está configurado para:
 - dirigir al menos una porción del flujo de agua a través del colector solar (120) y posteriormente a través del calentador alimentado por combustible (110) en una primera secuencia; y
 - 15 dirigir al menos una porción del flujo de agua o una porción diferente del flujo de agua a través del calentador alimentado por combustible (110) y posteriormente a través del colector solar (120) en una segunda secuencia.
2. El sistema de la reivindicación 1, donde al menos una de las secuencias incluye al menos una porción del calentador (110) funcionando en serie con el colector solar (120).
3. El sistema de la reivindicación 1, donde al menos una de las secuencias incluye al menos una porción del calentador (110) funcionando en paralelo con el colector solar (120).
- 20 4. El sistema de la reivindicación 1, donde al menos una de las secuencias incluye una porción del calentador funcionando en paralelo con el colector solar (120) y otra porción del calentador funcionando en serie con el colector solar (120).
5. El sistema de la reivindicación 1, donde la primera y la segunda secuencias son dos de al menos tres secuencias, y donde al menos una secuencia incluye al menos una porción del calentador funcionando en serie con el colector solar, otra secuencia incluye al menos una porción del calentador funcionando en paralelo con el colector solar (120), y otra secuencia incluye una porción del calentador funcionando en paralelo con el colector solar (120) y otra porción del calentador funcionando en serie con el colector solar (120).
- 25 6. El sistema de la reivindicación 1, donde el calentador (110) comprende una primera (113) y una segunda (114) porciones y el controlador está configurado para funcionar en múltiples modos operativos, donde dichos modos comprenden uno o más de:
 - un primer modo operativo donde las porciones primera y segunda del calentador (113, 114) funcionan en serie entre sí, y el colector solar 120 está excluido del circuito.
 - un segundo modo operativo donde la primera porción del calentador (113) funciona en paralelo al colector solar (120), y la segunda porción del calentador (114) funciona en serie con el colector solar (120);
 - 35 un tercer modo operativo donde tanto la primera como la segunda porción del calentador (113, 114) funcionan en serie con el colector solar (120), con la primera porción del calentador (113) acoplada aguas arriba del colector solar (120) y la segunda porción del calentador (114) acoplada aguas abajo del colector solar 120; y
 - un cuarto modo operativo donde la primera porción (113) funciona en serie con el colector solar (120), y la segunda porción del calentador (114) funciona en serie con solo una parte del flujo que sale del colector solar (120).
- 40 7. El sistema de la reivindicación 1, donde el calentador (110) recibe calor procedente de una turbina de combustión alimentada por combustible.
8. El sistema de la reivindicación 1, donde el calentador (110) forma parte de un generador de vapor para la recuperación de calor.
9. El sistema de recuperación mejorada de petróleo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además un medio de almacenamiento térmico (770), donde la red de flujo de agua está acoplada entre la fuente de agua, el colector solar (120), el calentador (110), el medio de almacenamiento térmico (770) y la salida de vapor; y además el controlador está configurado para:
 - 45 durante un primer modo operativo, dirigir calor desde el colector solar (120) y el calentador (110) para calentar agua para convertirla en vapor y dirigir el vapor hasta la salida de vapor, donde el colector solar (120) recibe un primer nivel de aislamiento solar durante el primer modo operativo; y
 - 50 durante un segundo modo operativo, dirigir calor desde el colector solar (120) al medio de almacenamiento térmico (770) para enfriar el colector solar (120) y calentar el medio de almacenamiento térmico (770), donde el colector

solar (120) no recibe insolación o recibe un segundo nivel de insolación inferior al primero durante el segundo modo operativo.

10. El sistema de la reivindicación 9, donde el controlador está configurado para funcionar en el primer modo operativo durante el mediodía y en el segundo modo operativo por la tarde.

5 11. El sistema de la reivindicación 9, donde una línea de la red de flujo de agua que conecta el calentador al colector solar tiene una longitud inferior a 1000 metros.

12. El sistema de la reivindicación 11, donde la línea de la red de flujo de agua que conecta el calentador al colector solar tiene una longitud inferior a 100 metros.

13. El sistema de la reivindicación 9, donde el medio de almacenamiento térmico (770), incluye una sal líquida.

10 14. El sistema de la reivindicación 9, donde el medio de almacenamiento térmico (770), incluye conductos de vapor posicionados en hormigón.

15. El sistema de la reivindicación 9, donde el medio de almacenamiento térmico (770), incluye un fluido de trabajo, y donde el sistema incluye un intercambiador de calor posicionado para poner el fluido de trabajo en comunicación térmica con el agua en la red de flujo de agua.

15

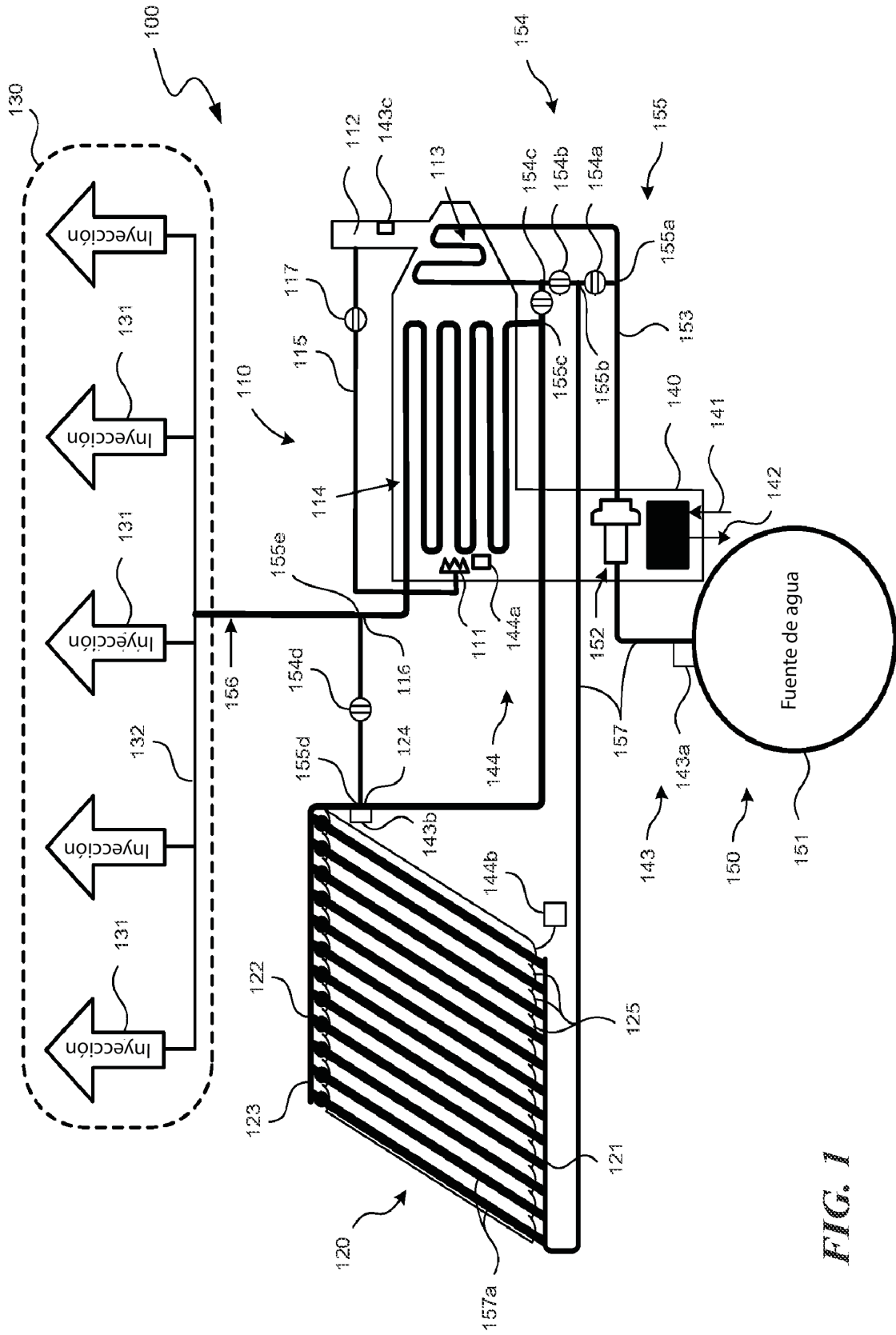


FIG. 1

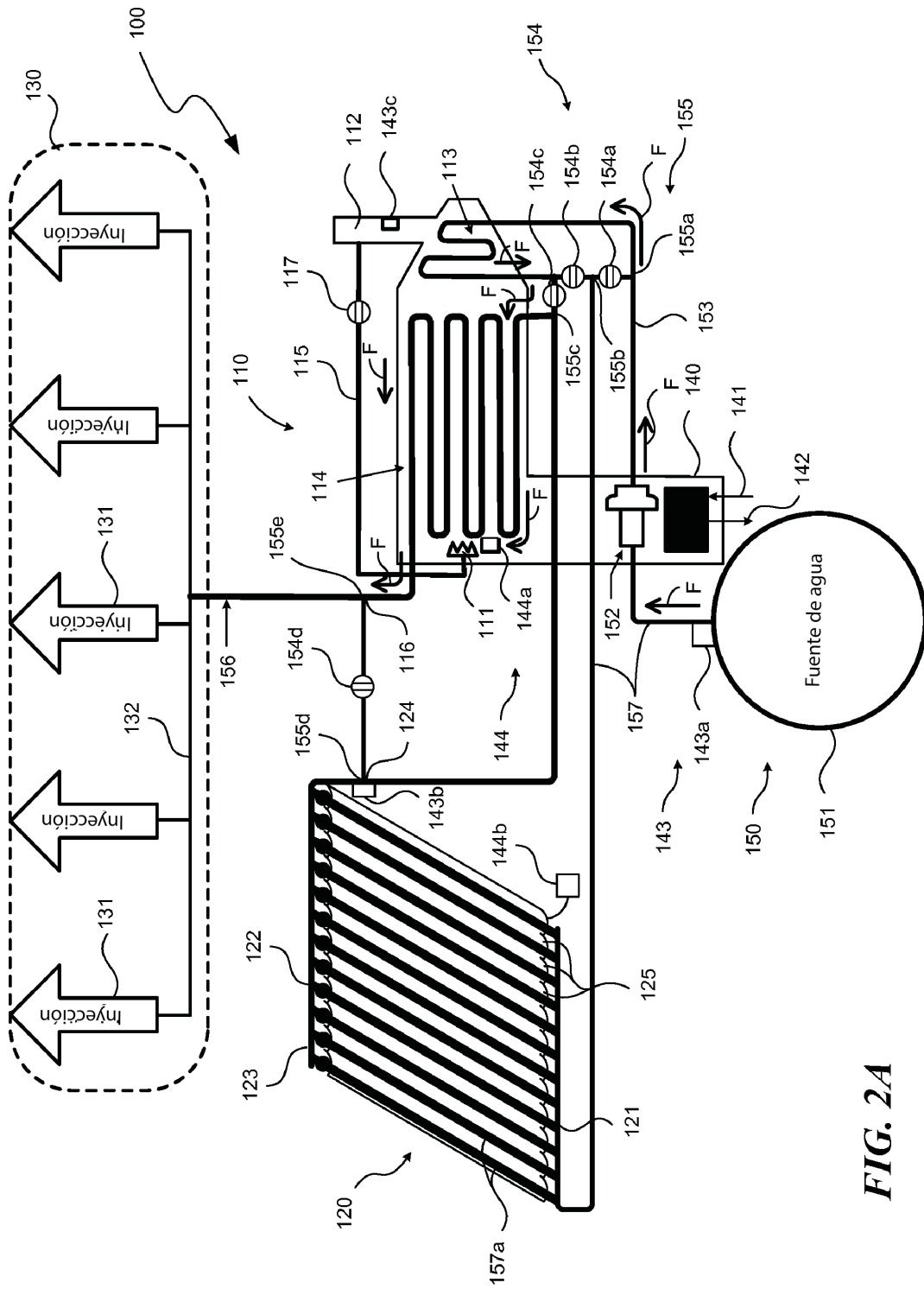


FIG. 2A

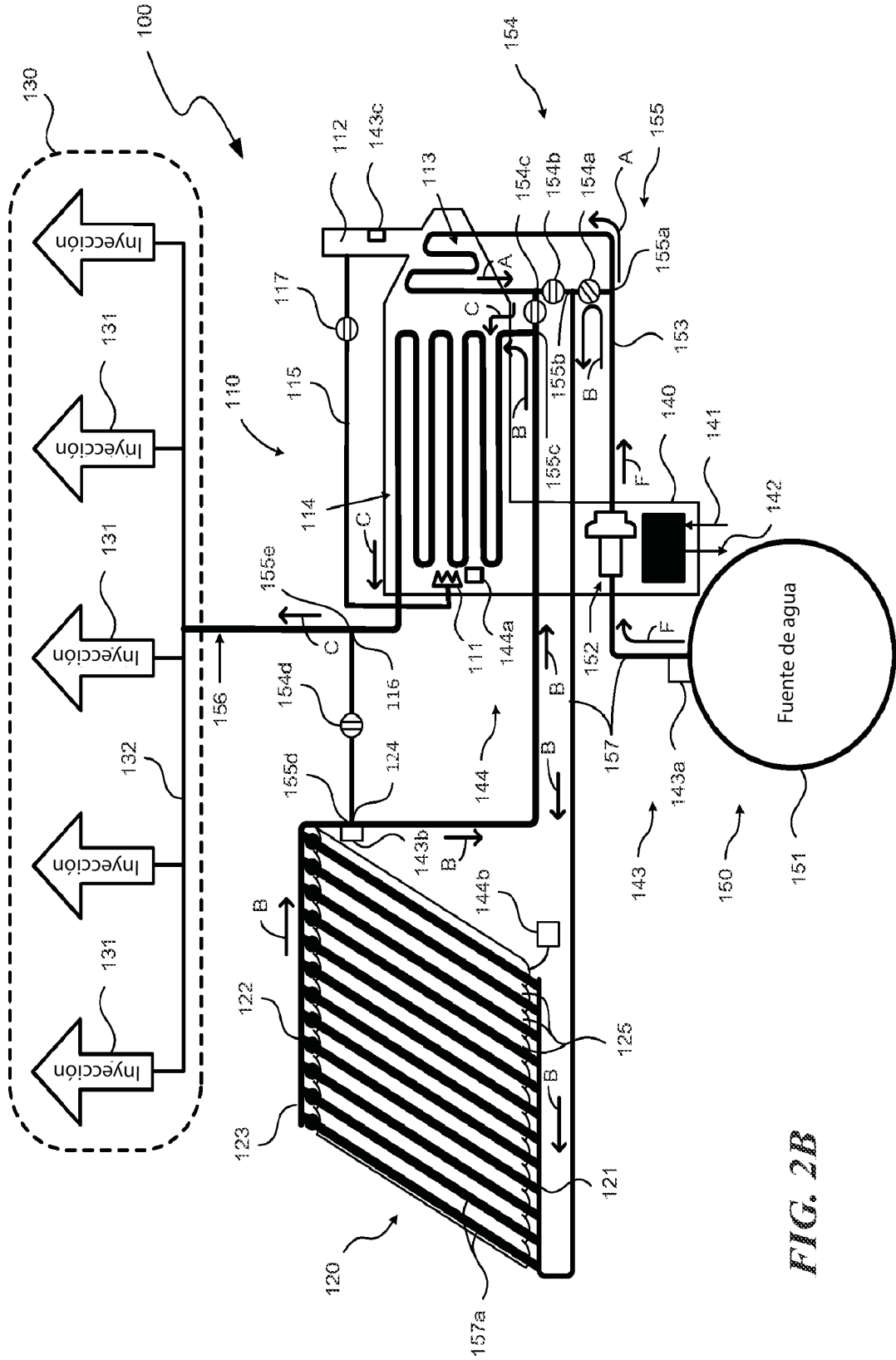


FIG. 2B

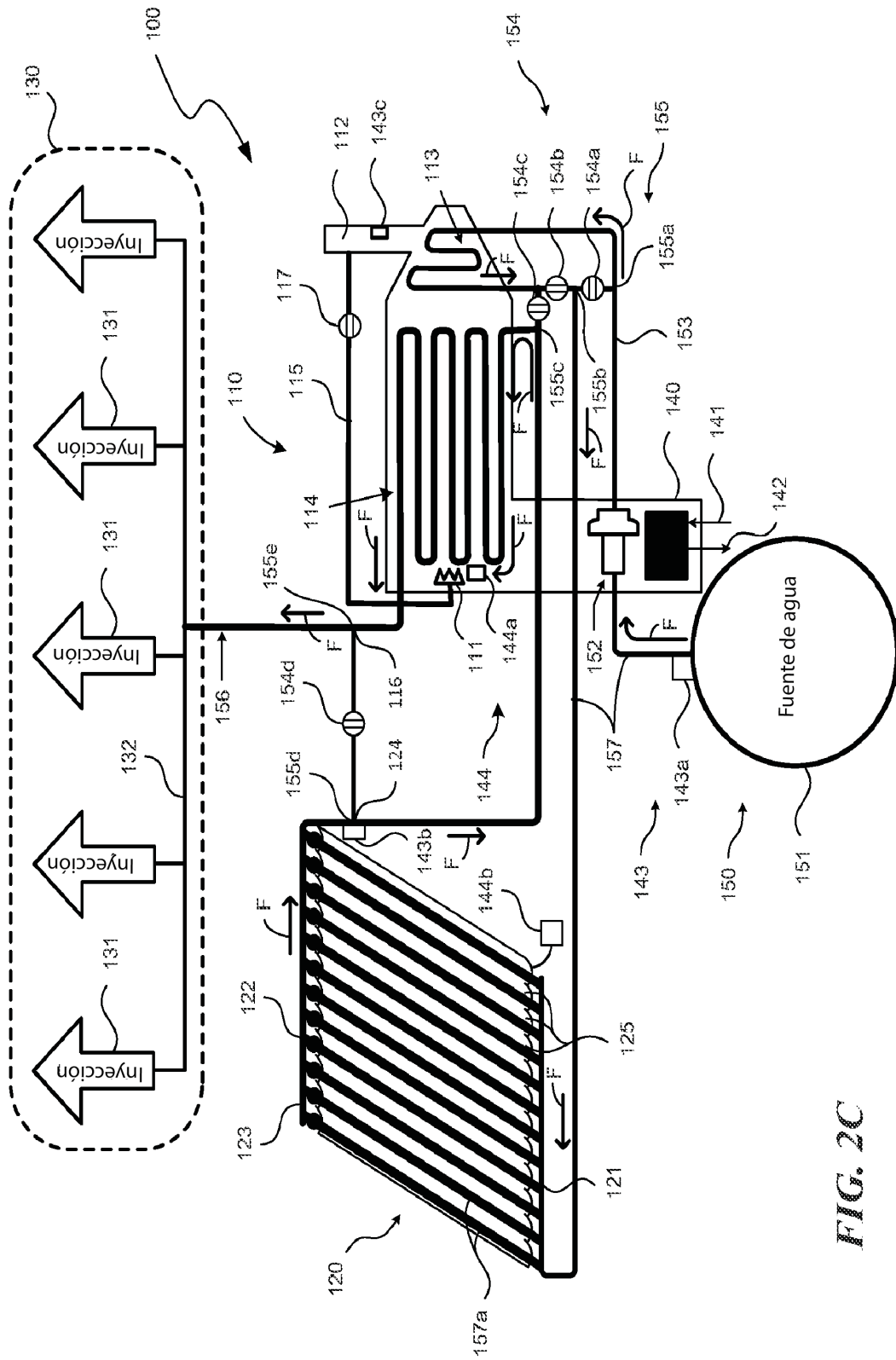


FIG. 2C

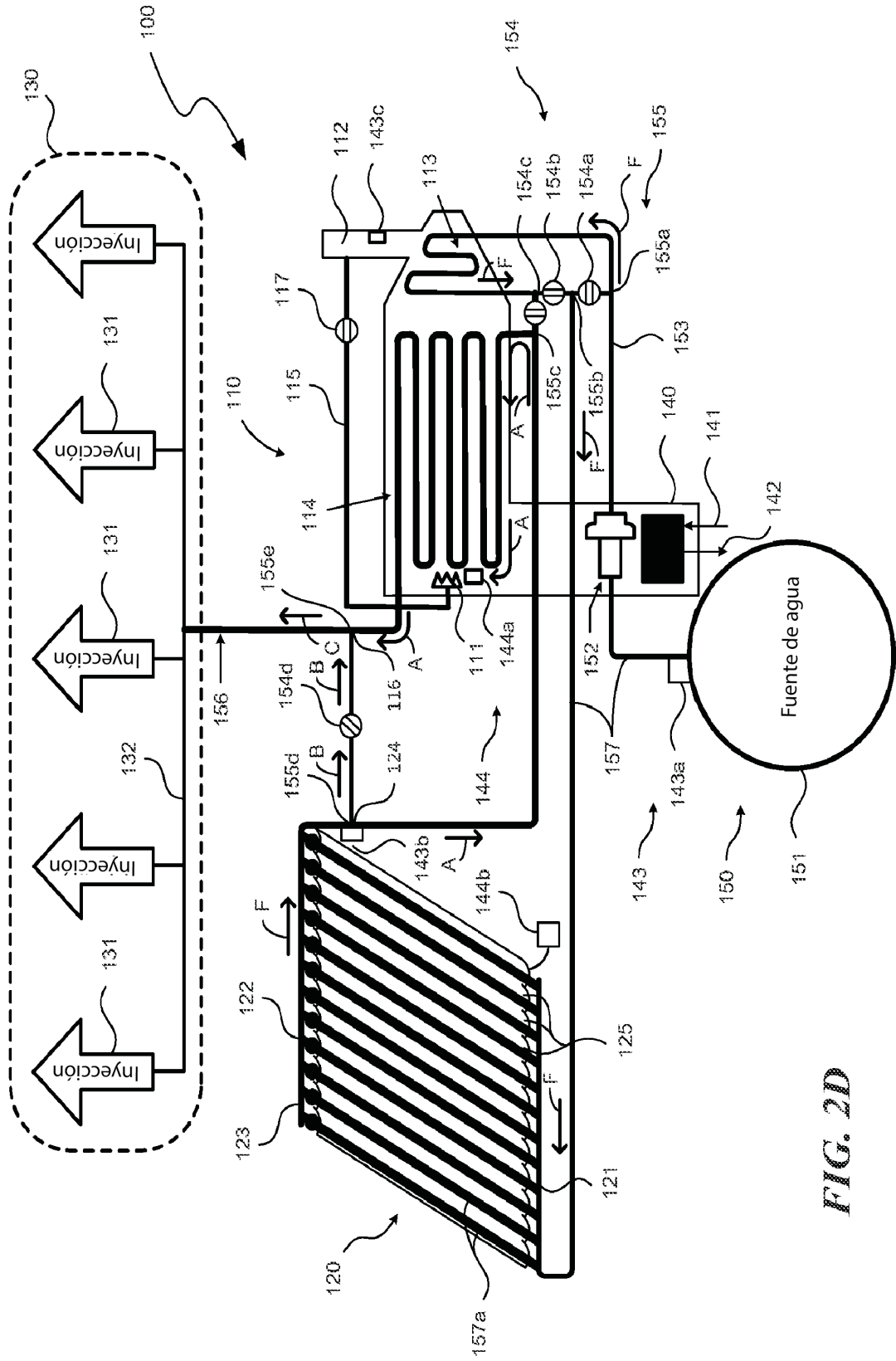


FIG. 2D

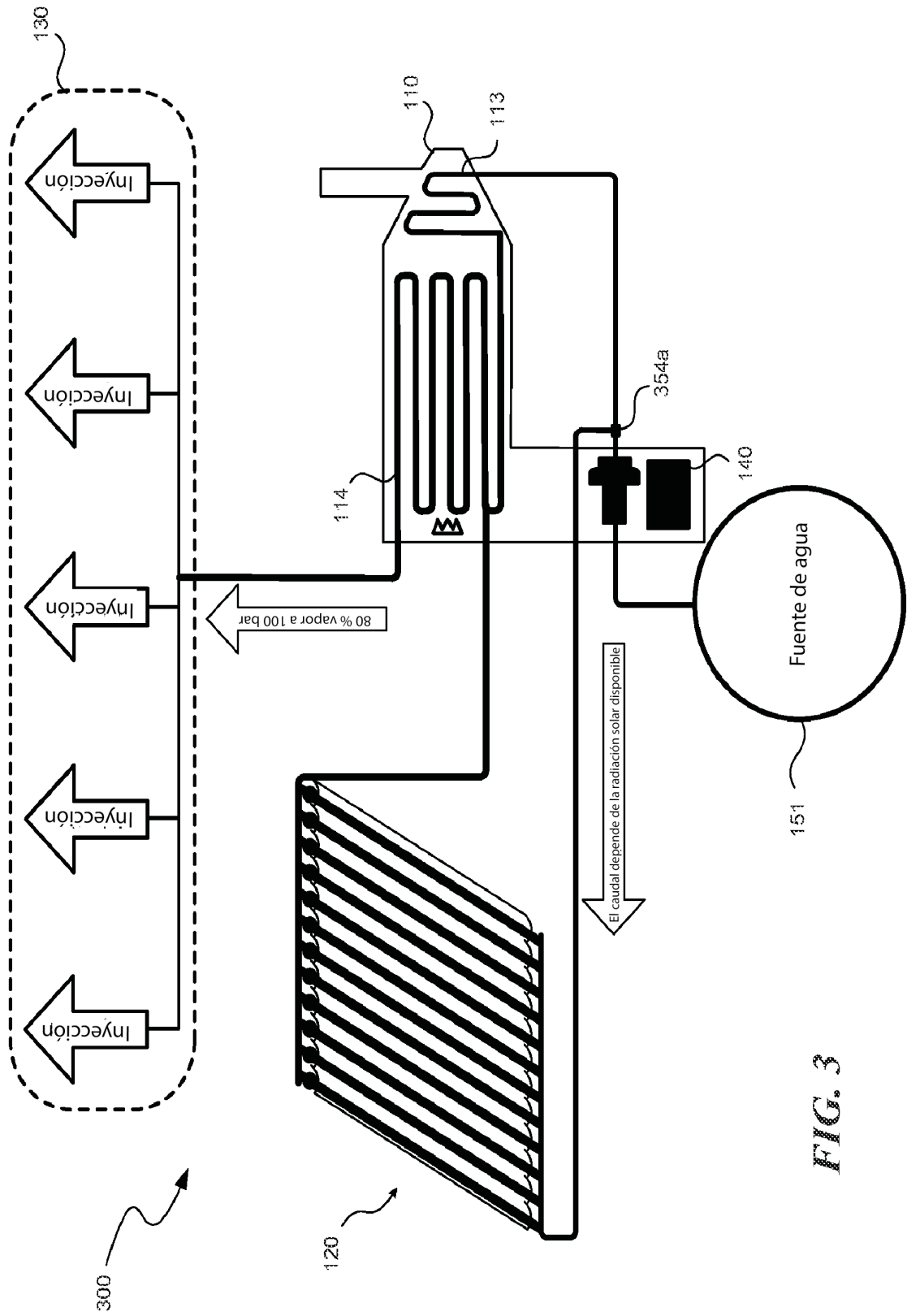


FIG. 3

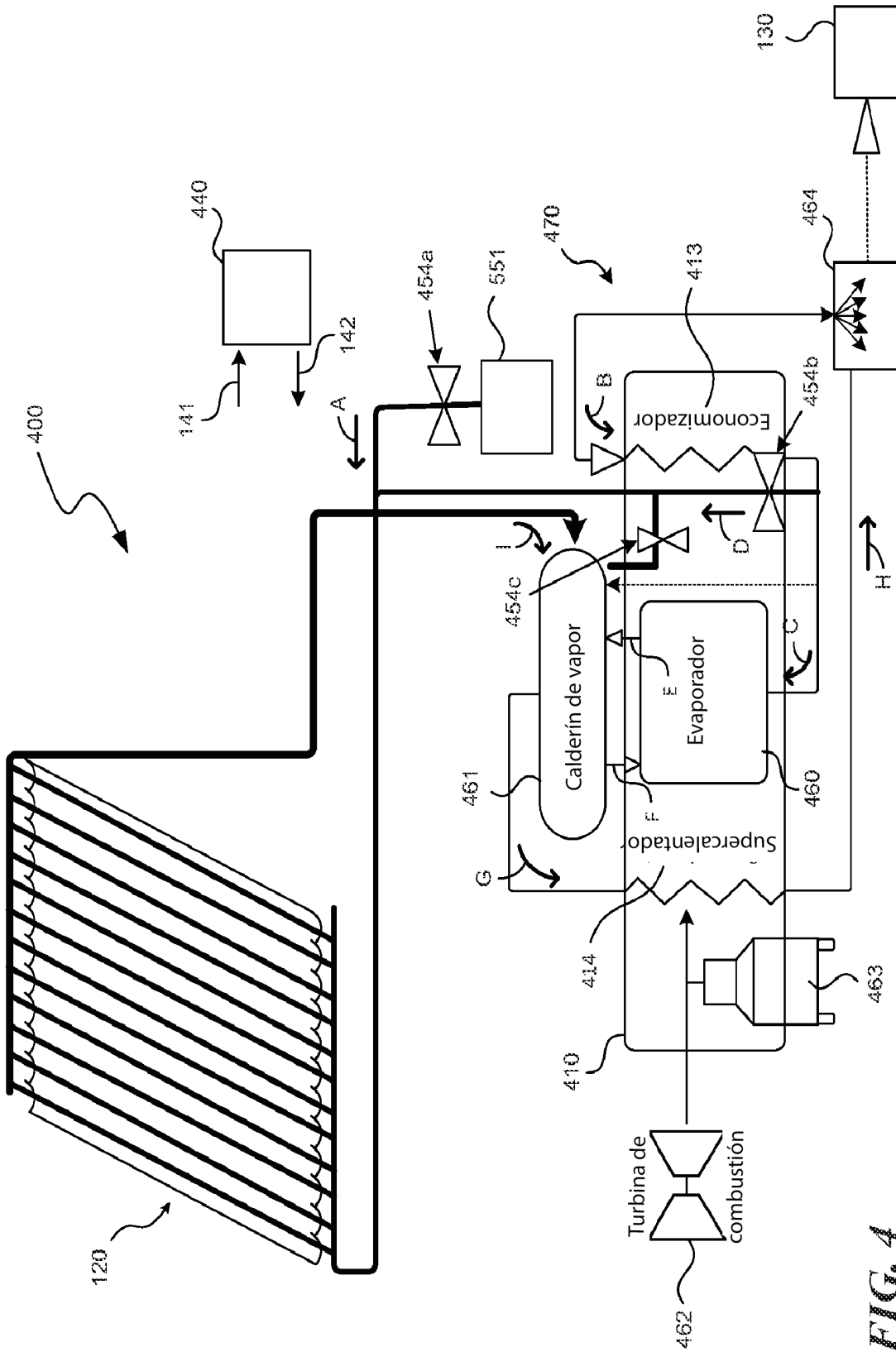


FIG. 4

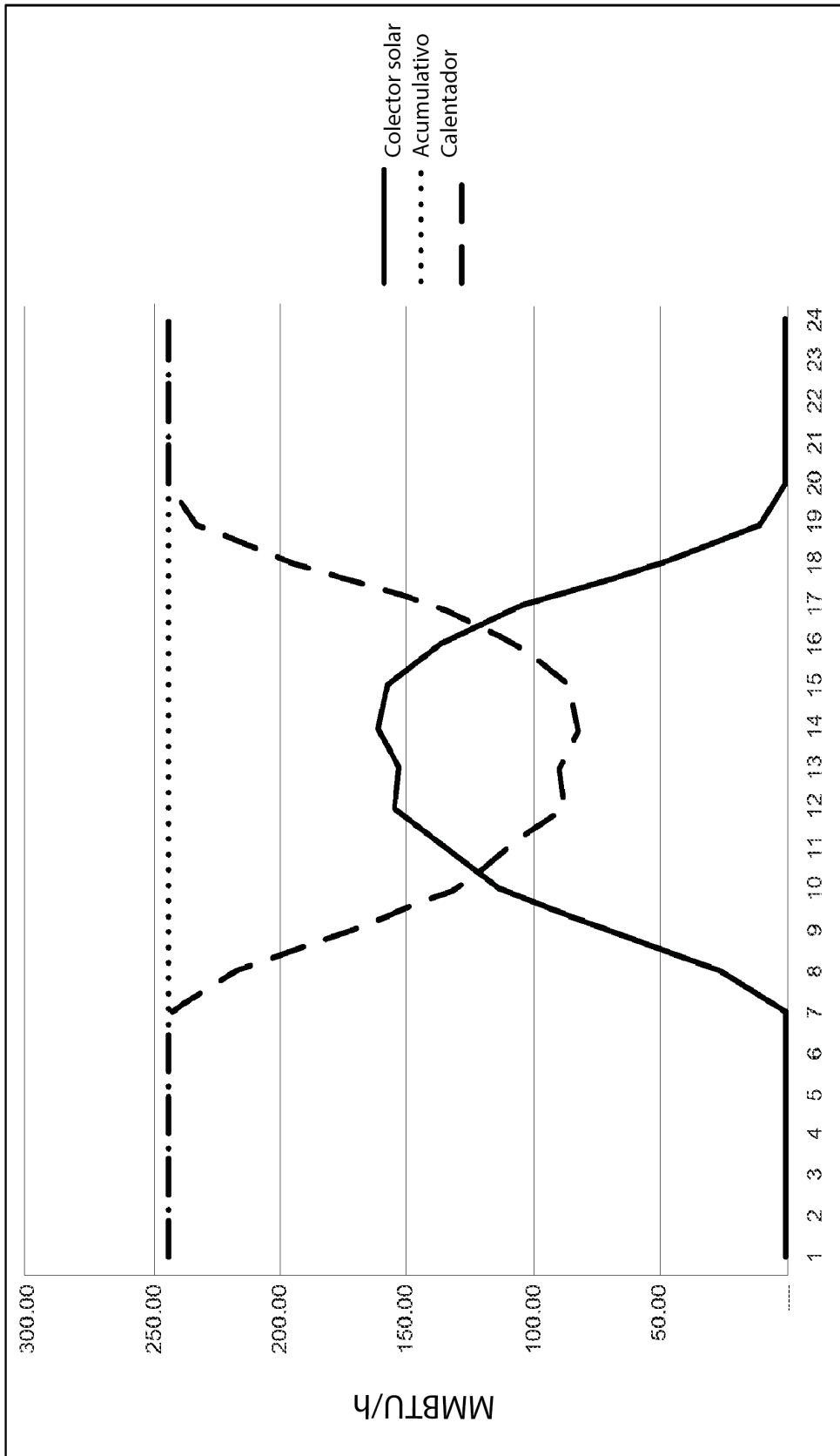


FIG. 5

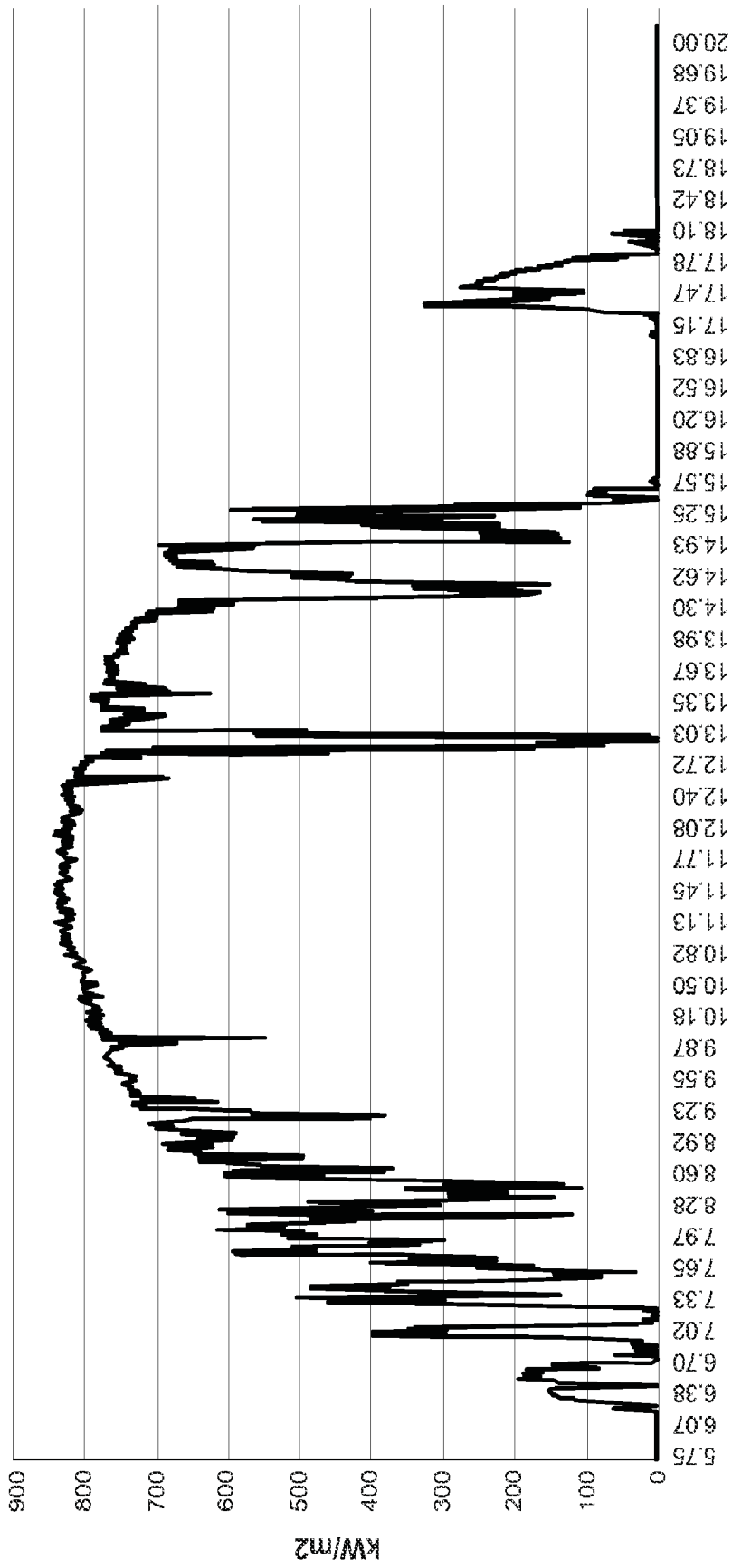


FIG. 6

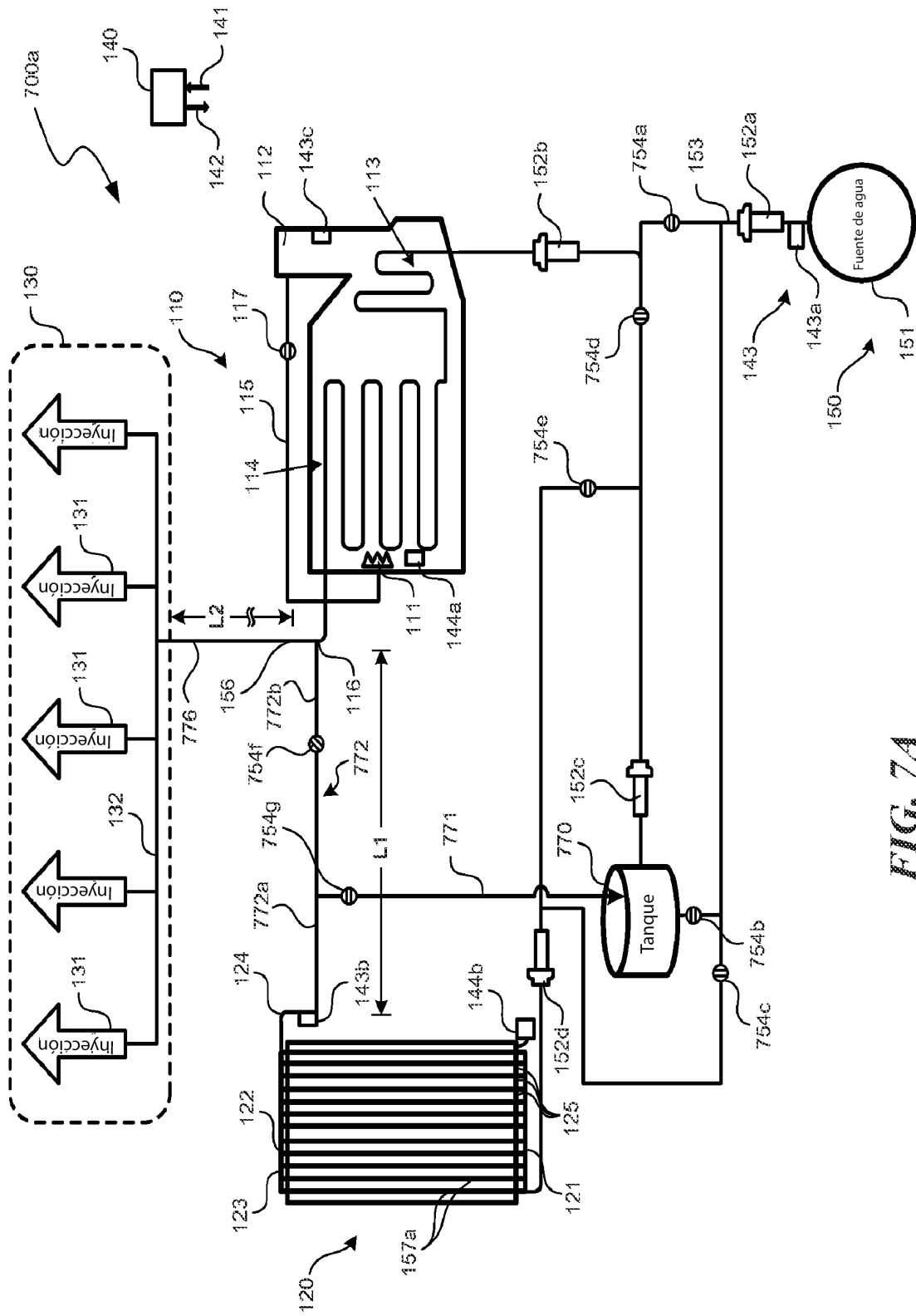


FIG. 7A

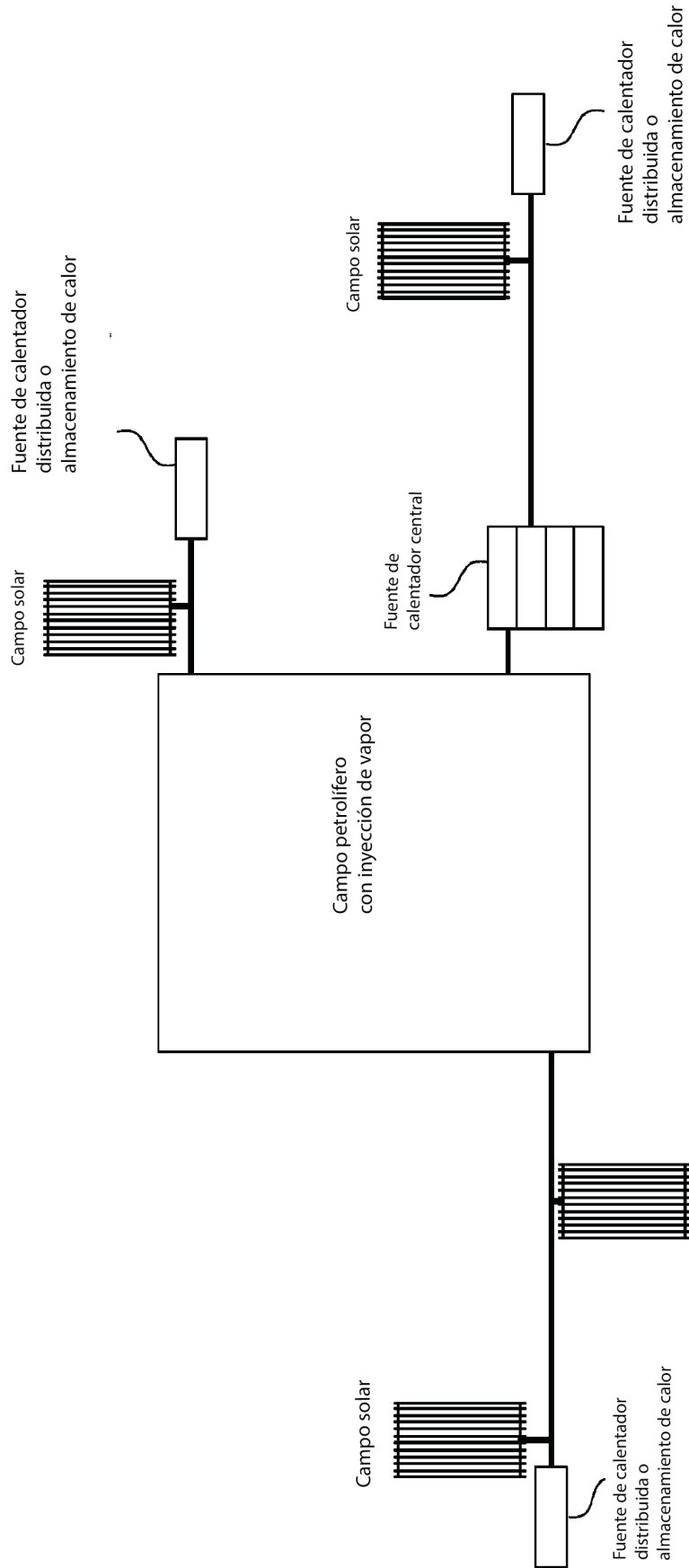


FIG. 7B

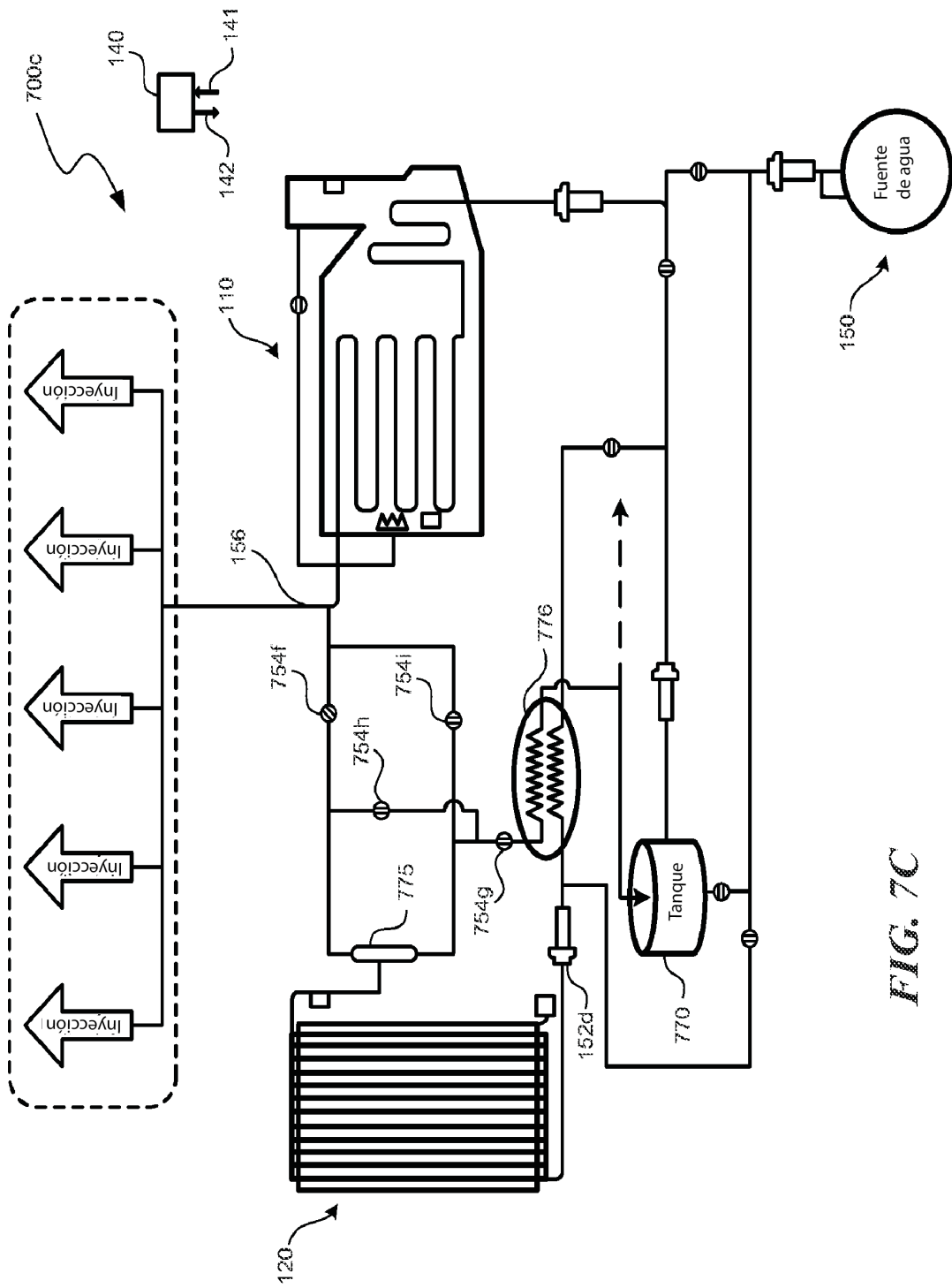


FIG. 7C

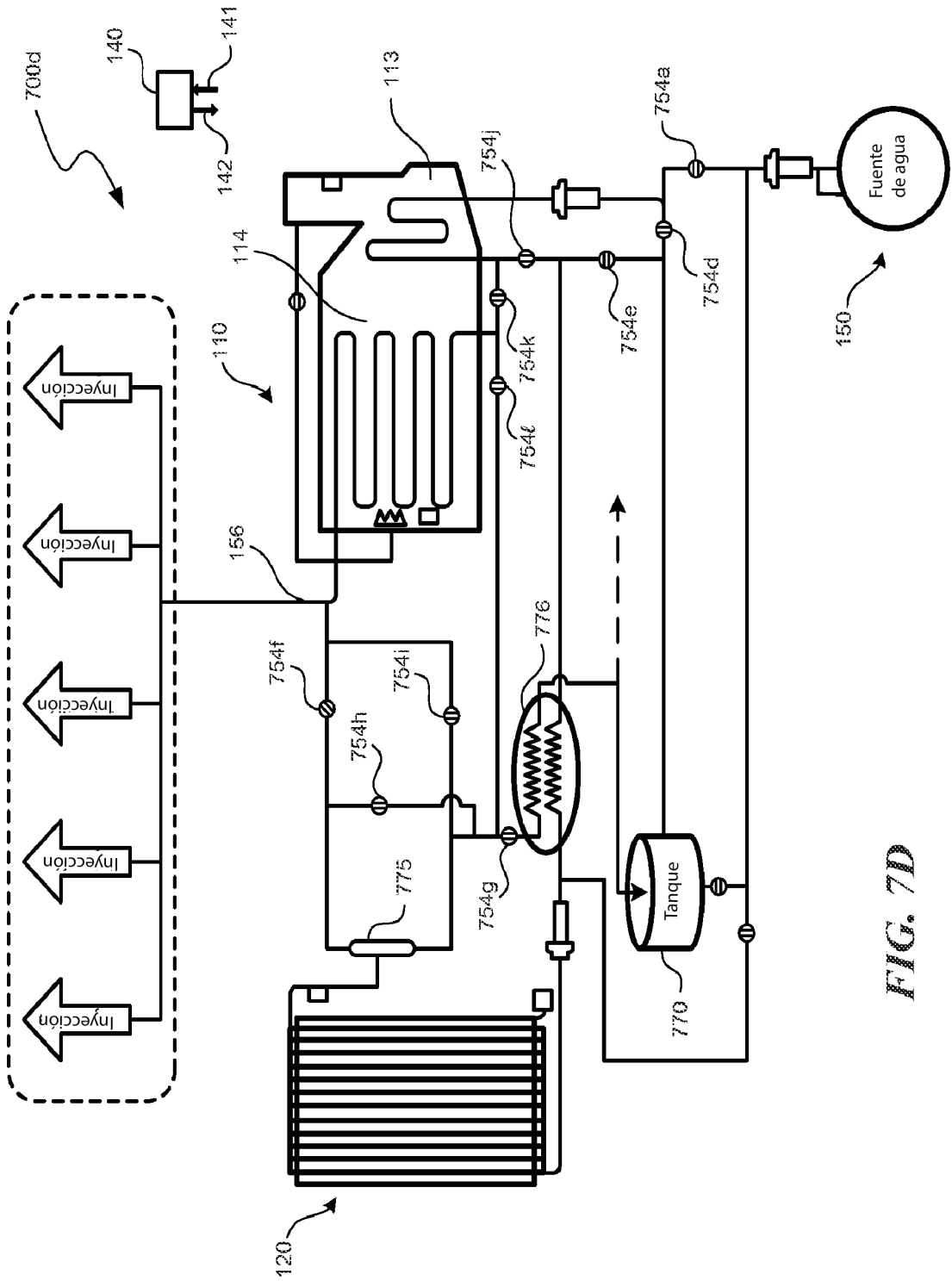


FIG. 7D

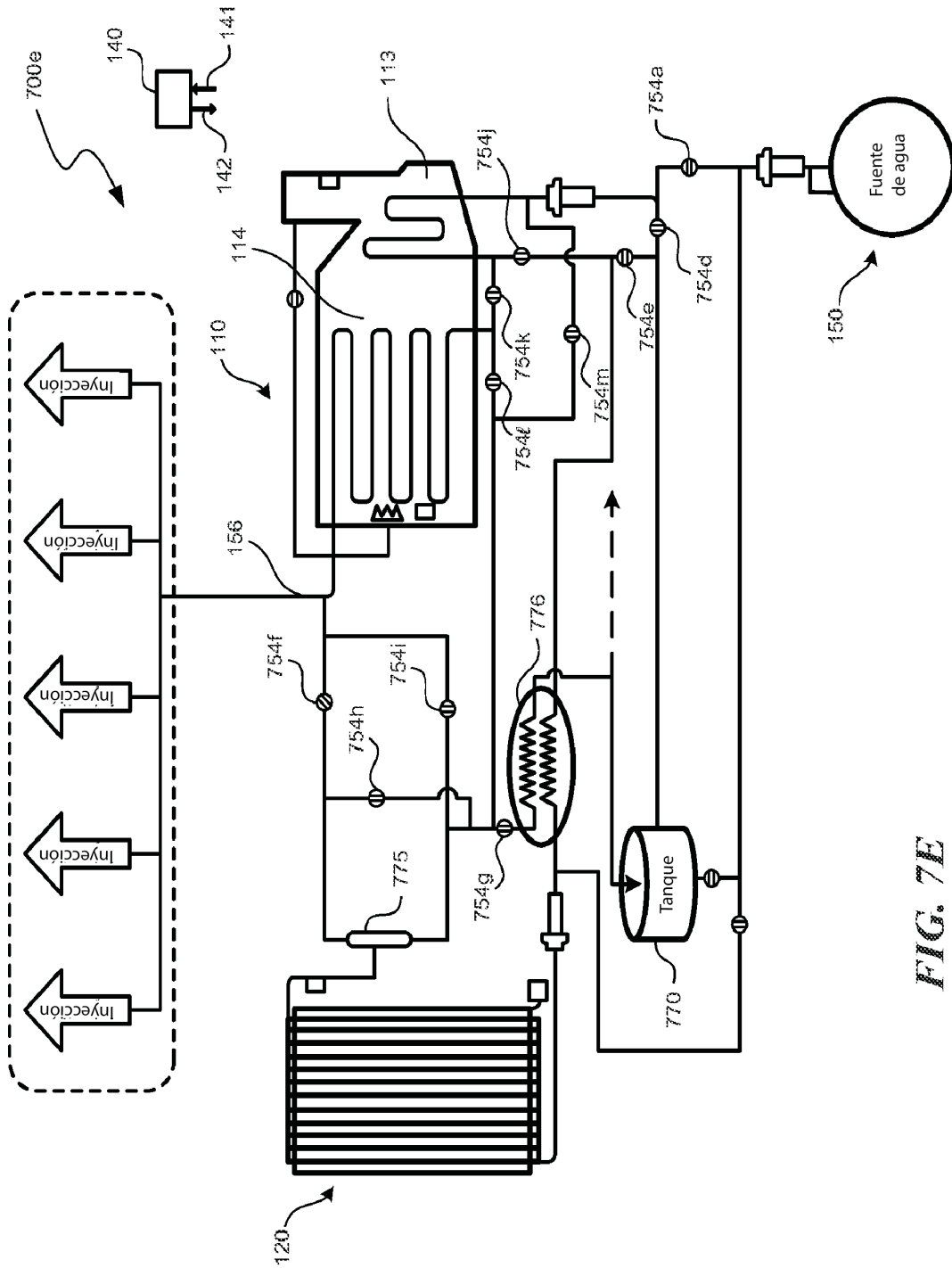


FIG. 7E

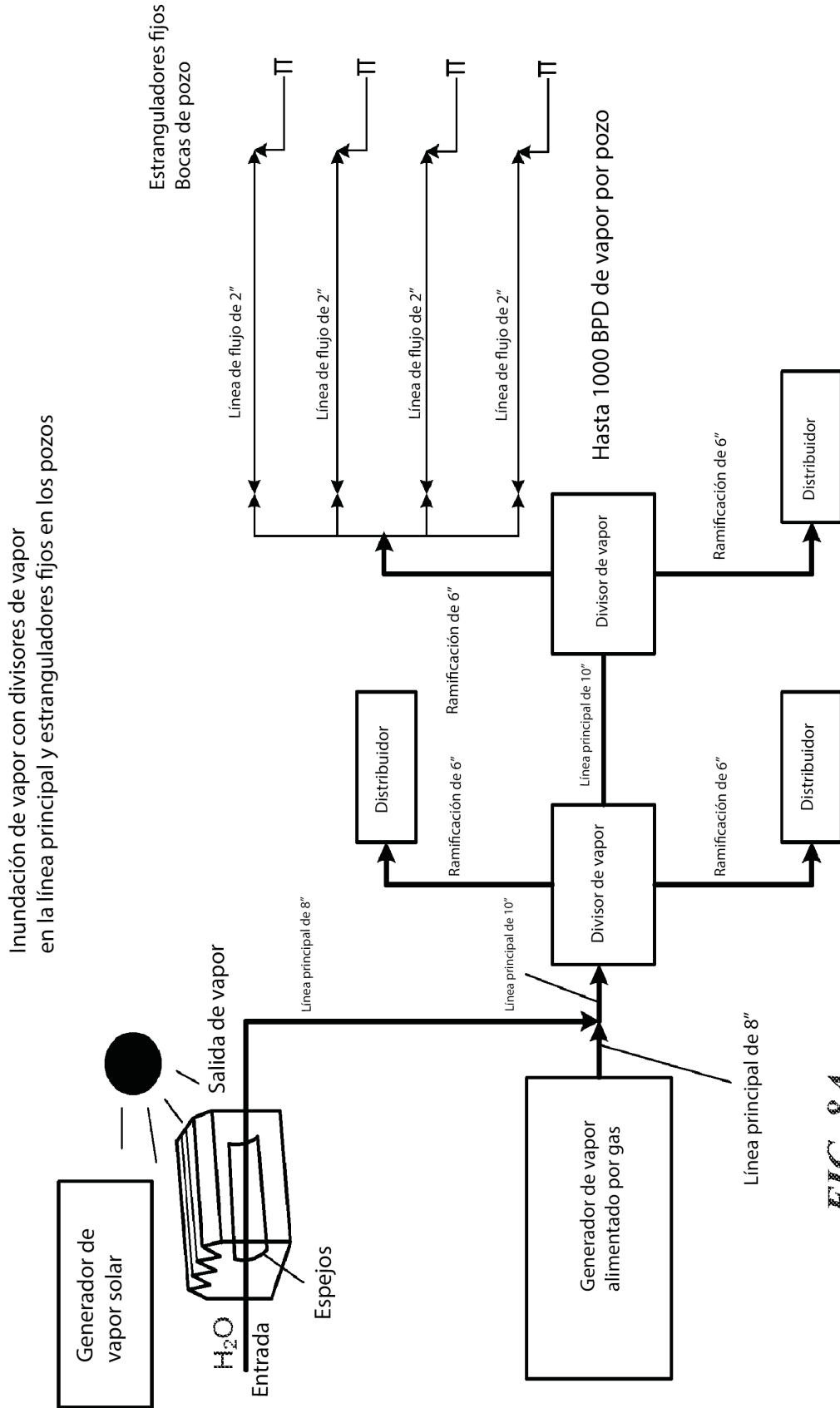


FIG. 8A

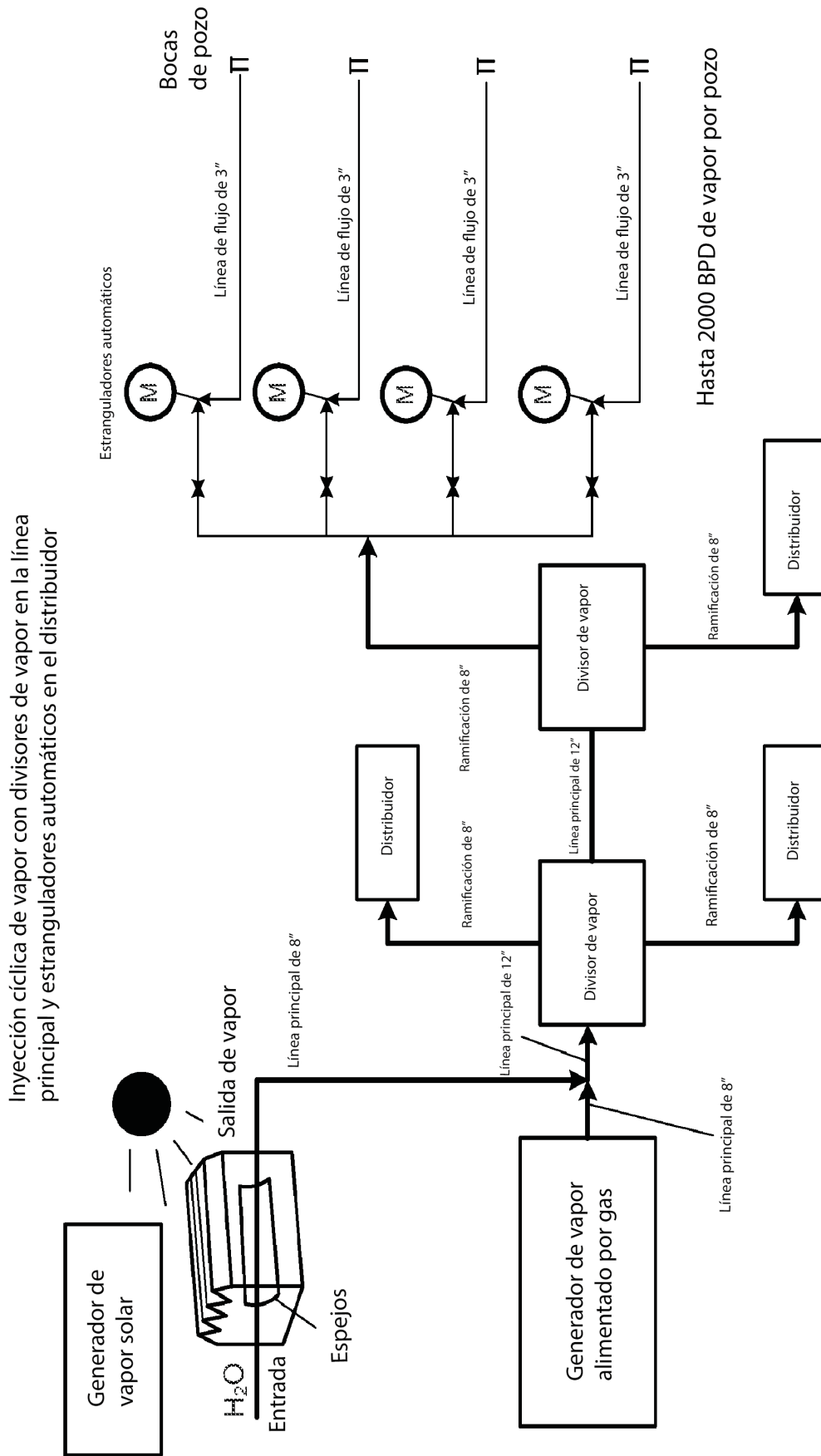


FIG. 8B

Inyección de tasa variable con divisores de vapor en la línea principal y estranguladores automáticos en el distribuidor

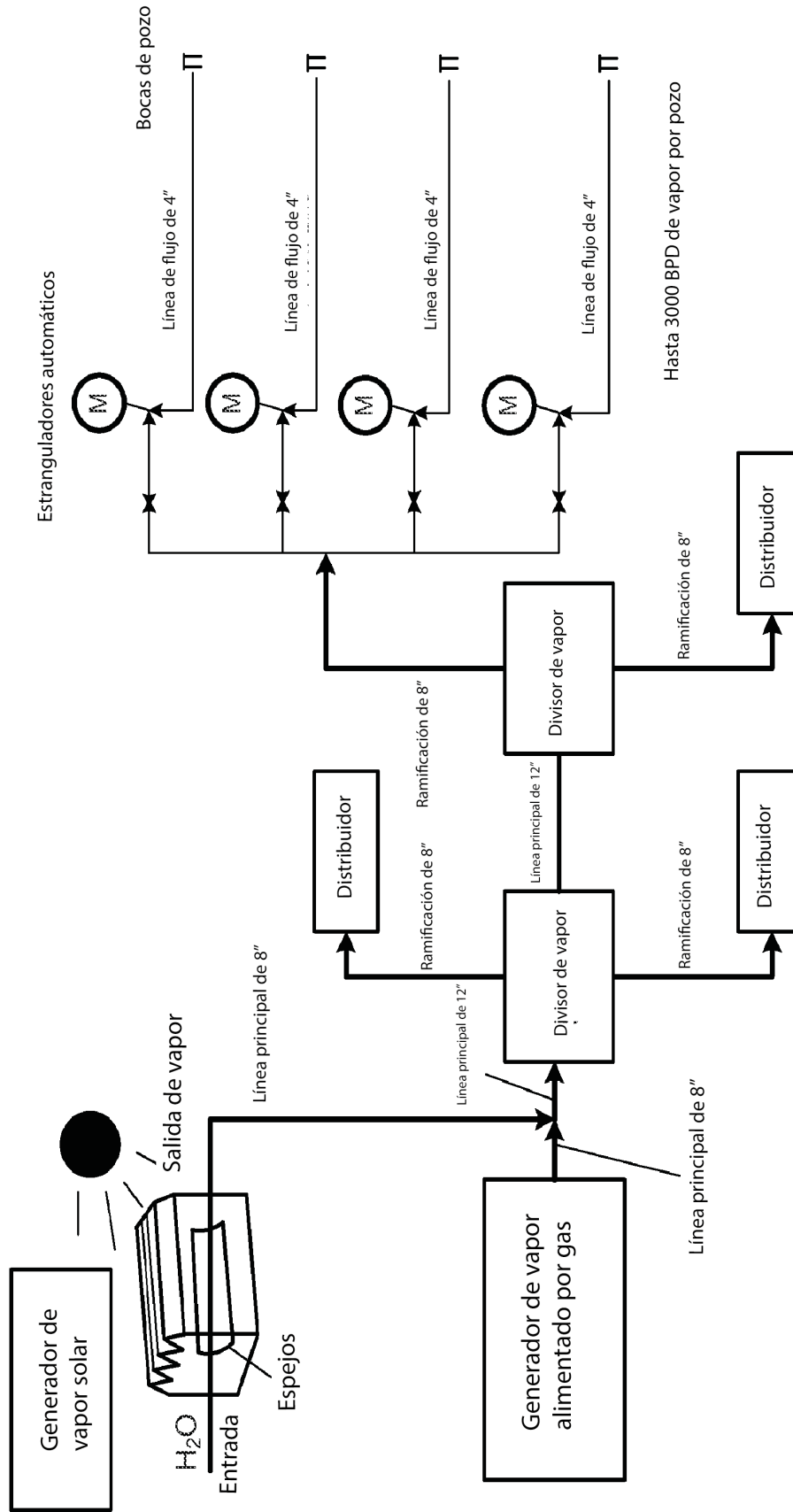


FIG. 8C