

FLUIDO PARA USAR EN AMBIENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se relaciona con fluidos para producción de energía en una gama de ambientes geotérmicos y de pozos y más especialmente, la presente invención se relaciona con el uso de clases de fluidos que se usan en métodos para generar energía.

ANTECEDENTES

[0002] Los beneficios de la energía geotérmica son bien conocidos y han sido objeto de numerosas publicaciones y patentes. El concepto general es perforar dentro de una formación para extraer calor de esta y devolver el vapor y el agua generados a la superficie en donde el vapor impulsa, por ejemplo, un dispositivo generador de electricidad. La tecnología geotérmica industrial tradicional requiere condiciones geológicas raras que hacen que la tecnología siga siendo de nicho en una escala global.

[0003] En el terreno del estado de la técnica se han hecho propuestas para solucionar el problema. Se han considerado sistemas geotérmicos de asa cerrada que se caracterizan porque no se extrae salmuera de la roca y se han probado sistemas para valorar la factibilidad de explotar el gradiente geotérmico. Se ha discutido el uso de una serie de tubos para insertarlos en el terreno para que el agua en el interior de los tubos absorba el calor y lo recircule a la superficie y posteriormente dentro de un dispositivo de recuperación para usar el calor.

[0004] El gradiente geotérmico generalmente se define como la tasa de aumento de la temperatura relativa a la profundidad creciente en el interior de la Tierra. Cuantitativamente, esto representa aproximadamente 25° C por cada kilómetro. En este sentido, esta cantidad de energía es demasiado sustancial para desperdiciarla.

[0005] Roussy, en la patente estadounidense No. 8.132.631, expedida el 13 de marzo de 2012, enseña una instalación de asa geotérmica en donde se proporciona un taladro sónico para hacer girar y vibrar una sarta de perforación dentro del terreno. El fluido es proporcionado dentro del volumen interno de la sarta. Un asa de transferencia geotérmica se dispone dentro del volumen interno de la sarta de perforación y la sarta de perforación es extraída del terreno.

[0006] Si bien resulta de utilidad en ciertos escenarios, la limitación de este arreglo es que apenas un área reducida del asa se expone a una zona geotérmica. Esto de forma inherente limita la transferencia eficiente del calor.

[0007] La interconexión de pozos es reconocida por Henderson, en la patente estadounidense No. 3.941.422, expedida el 2 de marzo de 1976. En las enseñanzas, dos pozos se perforan dentro del lecho salino, uno de los cuales en esencia está dispuesto verticalmente y el perforado distalmente del primer pozo y desviado hacia el primer pozo de tal manera que el fondo del pozo desviado se aproxima dentro de una distancia seleccionada del fondo del primer pozo. A continuación, la sal es fracturada con el uso de la técnica de fracturamiento con líquido en uno u otro o ambos pozos, para permitir que el fluido fluya entre los dos pozos. La sal se extrae por inyección de agua dulce con recuperación de solución saturada de sal del otro pozo.

[0008] Está claro que Henderson enseña pozos pareados generalmente conectados, pero las enseñanzas no contemplan un sistema de recuperación de energía o intercambio de calor impulsado por energía geotérmica.

[0009] WellStar Energy, en un comunicado de prensa del 1 de diciembre de 2016 toca brevemente la posibilidad de incorporar pozos no utilizados con un asa geotérmica para recuperación de energía; sin embargo, no se dan detalles específicos a este respecto o para la interconexión de pozos para manejo térmico.

[0010] Chevron, en una revelación en video sin fechar, enseñó la interconexión de pozos de gas el proyecto del gasoducto que cruza el cañón del Río Congo. Se tendió una tubería de interconexión de una orilla a la otra del río para suministrar gas. De nuevo, se trató de un uso específico para interconexión de pozos. El reciclaje y la interconexión de pozos en un asa geotérmica no se examinó.

[0011] GreenFire Energy, en un artículo de 2017, examina un sistema de recuperación de energía geotérmica con asa. En lugar de usar pozos preexistentes de gas/petróleo para readaptación, se perforan nuevos pozos. Esto no hace nada para controlar los pozos no utilizados inadecuadamente mantenidos y en efecto puede contribuir a crear nuevos problemas. La revelación guarda silencio sobre las técnicas empleadas para realizar el asa y tampoco contempla la aglomeración y consolidación necesarias para lograr la máxima eficiencia. Además, los fluidos de trabajo contemplados consisten en CO₂ y otros refrigerantes, ninguno de los cuales muestra una relación temperatura-entalpía

sustancialmente no lineal a presiones y temperaturas de relevancia para producción de energía a partir del gradiente geotérmico.

[0012] Halff, en la patente estadounidense No.6.301.894, expedida el 16 de octubre de 2001 enseña una planta geotérmica de centelleo general. La patente se centra en los beneficios relacionados con la localización del generador, la conservación y la pureza del agua y la eficiencia con múltiples asas. La patente indica:

“La presente invención supera estas dificultades y tiene entre sus objetos proporcionar un sistema mejorado de generación de energía geotérmica en el cual el agua que obtiene calor del estrato de roca caliente no se contamina, de modo que puede ser reciclada, no requiere tratamiento químico más allá del que se usa en un tratamiento estándar de agua con caldera, y es económico en la cantidad de agua que se utiliza. Otro objeto de la presente invención es la provisión de un sistema mejorado de generación de energía geotérmica en el cual la turbina que hace girar un generador u otro mecanismo que va a ser impulsado por el vapor no tiene que estar situada cerca del pozo de entrada que se usa para recibir el agua dentro del terreno y puede estar en una ubicación remota con respecto a ese pozo. Otro objeto de la presente invención es la provisión de un sistema mejorado de generación de energía geotérmica en el cual el sistema es más eficiente. Otro objeto de la presente invención es la provisión de un sistema mejorado de generación de energía geotérmica en el cual el sistema es fácil de instalar porque los pozos pueden ser perforados usando técnicas de perforación de pozos horizontales de uso común en la industria del petróleo. El sistema mejorado de generación de energía geotérmica es simple a usar. Otro objeto de la presente invención es que el sistema se mantiene sin extraer agua de los estratos de manera que la presión en los estratos se mantiene”.

[0013] Halff, generalmente examina múltiples aspectos del sistema, pero no da detalles sobre esta área compleja. El texto indica que:

“Una variación del sistema arriba descrito se muestra en la Figura. Todos los elementos del sistema que se muestra en la FIG. 1 se encuentran presentes. Los mismos resultados se logran con un único pozo vertical y uno o más pozos horizontales. El agua es devuelta a la parte horizontal del pozo con una tubería que se extiende hacia abajo del revestimiento y se descarga al final del revestimiento. El agua es convertida en vapor a medida que fluye de regreso saliendo del pozo único y de allí a la turbina.

En cualquier modalidad, el agua tratada puede estar en cualquier extremo del tramo de agua caliente o distribuirse a lo largo de todo o parte del tramo de agua caliente.

En el dibujo puede entenderse que puede haber uno o más tramos. Todos los tramos calientes pueden operar al mismo tiempo o ser utilizados en secuencia en donde un tramo caliente se encuentra en operación mientras que los otros tramos se están calentando hasta cuando los otros tramos están preparados y se ponen en servicio secuencialmente”.

[0014] Esta sobresimplificación no considera el hecho de que se requieren varios pozos nuevos que suman costos y no dan instrucción sobre la conexión o el manejo térmico de las múltiples corrientes de alimentación. Además, Halff solo hace referencia al agua como un fluido de trabajo y se refiere a la transición del agua en vapor, la cual requiere temperaturas mucho más altas que las buscadas en la presente invención.

[0015] La publicación de patente estadounidense, 20110048005, McHargue, publicada el 3 de marzo de 2001, ofrece una variación de la selección de fluido de producción para solucionar la fluctuación de temperatura dentro de la formación. El texto sostiene:

“Un aspecto de esta modalidad es la oportunidad que ofrece de usar una amplia gama de fluidos potenciales como fluido de producción, así como la capacidad de cambiar de forma rápida y fácil los fluidos de producción a medida que las temperaturas subterráneas cambian o a medida que las condiciones en la planta de energía cambian. El usuario tiene la opción de usar fluidos o gases diferentes del agua como fluidos de producción con el fin de optimizar las propiedades térmicas del fluido de producción a las condiciones térmicas locales del subsuelo, y los requerimientos térmicos de la planta de energía. Por ejemplo, se puede optar por utilizar fluidos supercríticos (patente estadounidense No. 6.668.554 de D. W. Brown, 2003) o cualquier hidrocarburo o refrigerante como fluido de producción para alimentar una planta de energía. La posibilidad de usar fluidos o gases diferentes del agua como fluido de producción ahorra dinero porque ofrece la posibilidad de perforar rocas subterráneas más frías a menores profundidades en las cuales la porosidad y la permeabilidad son más altas, y al reducir la necesidad de fracturar artificialmente las formaciones de roca subterráneas”.

Si bien la publicación alude a técnicas que se usan en la industria del petróleo, no hay discusión con respecto a la readaptación de yacimientos petrolíferos existentes o al uso de pozos existentes. La referencia examina fluidos simples no reactivos para usar en un ambiente geotérmico de manera amplia. Las enseñanzas sobre aumento de la eficiencia fundamentalmente mediante incremento de la transferencia de calor desde la roca están ausentes, así como detalles avanzados con respecto a la creación un perfil de temperatura sustancialmente no lineal dentro de la porción lateral de un pozo.

[0016] Mickelson, en la publicación de patente estadounidense 20070245729, publicada el 25 de octubre de 2007, enseña un sistema de recuperación geotérmica de múltiples tramos. La publicación expresa una preocupación por la pérdida de geo-fluido y por ende la pérdida de temperatura y no ofrece ninguna enseñanza que mitigue los problemas oriente-occidente asociados con la perforación direccional, es decir, interferencia magnética, peces, concentración alta de hierro en la formación entre otros.

[0017] En la publicación de patente estadounidense No. 2013021304, publicada el 22 de agosto de 2013 por Goswami et al., se proporcionan un método y un sistema para generar energía a partir de fuentes de calor de baja y media temperatura.

[0018] El autor enseña una mezcla zeotrópica como fluido de trabajo calentado hasta un estado supercrítico mediante el intercambio de calor desde una fuente de calor sensible. Las enseñanzas combinan un ciclo Rankine supercrítico y una mezcla zeotrópica. El fluido de trabajo es calentado directamente desde un estado líquido hasta un estado supercrítico, lo cual mejora el emparejamiento térmico entre la fuente sensible de calor y el fluido de trabajo. Usando una mezcla zeotrópica como fluido de trabajo, se crea un mejor emparejamiento térmico entre el fluido de trabajo y el agente de enfriamiento. La presente invención toma el abordaje opuesto, que se caracteriza porque la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el fluido se maximiza en lugar de emparejarse.

[0019] GreenFire Energy Inc., en WO 2015/134974, publicada el 11 de septiembre de 2015, enseña un proceso y un método para producir energía geotérmica.

[0020] Los autores enseñan un sistema geotérmico de asa cerrada en el cual:

“El fluido de transferencia de calor que circula a través del sistema puede incluir uno o más de entre bióxido de carbono, nitrógeno, amoníaco y/o aminas con número de carbonos C1 a C6, hidrocarburos con número de carbonos C1 a C8, hidrocarburos con número de carbonos C1 a C10 en donde uno o más hidrógenos son reemplazados por cloro o flúor. En algunas modalidades, el fluido circulante es bióxido de carbono supercrítico”.

Las enseñanzas con respecto al aumento de la eficiencia fundamentalmente mediante el aumento de la transferencia de calor desde la roca están ausentes. Además, ninguno de los fluidos contemplados muestra una relación temperatura-entalpía no lineal a presiones y temperaturas relevantes para la producción de energía a partir del gradiente geotérmico, mayores de 10 MPa y menores de 180° C respectivamente.

[0021] Representativa como apenas una muestra del volumen altamente significativo de antecedentes del estado de la técnica en el área geotérmica, queda claro que sigue

existiendo la necesidad de fluidos con termodinámica favorable en gran variedad de ambientes geotérmicos y pozos diferentes.

La tecnología que se va a esbozar aquí toma en consideración esta necesidad.

[0022] La presente invención proporciona clases de fluidos en novedosas aplicaciones para producir energía con un ciclo integrado y ciclo segregado por una clara comprensión de la termodinámica involucrada en una gama de ambientes geotérmicos y de pozos.

[0023] Varias ventajas saltan a la vista en la tecnología, incluidas, por ejemplo:

A) La tecnología proporciona una alternativa viable para la producción de energía una vez que el uso de los combustibles sólidos se vuelva obsoleto;

B) El impulso geotérmico del método está disponible continuamente las 24 horas del día sin importar la velocidad del viento o si el cielo está nublado;

C) La tecnología obvia el suministro intermitente que se asocia con la producción de energía solar y eólica;

D) El gradiente geotérmico es sustancialmente uniforme dentro de extensas áreas y por ello permite la aplicación amplia de la tecnología a áreas en las cuales la geotermia tradicional no es posible;

E) un sistema de asa cerrada permite el uso de fluidos novedosos aquí descritos, los cuales pueden aumentar la eficiencia termodinámica. Estos fluidos novedosos fundamentalmente aumentan la energía que se recupera de la la formación geotérmica;

F) La tecnología evita completamente cualquier transgresión ambiental calculada;

G) Son posibles las configuraciones satélites de pozos consolidados con el fin de permitir el uso del más alto número de pozos en un área dada; y

H) Al incorporar pozos existentes o sitios de pozos que pueden estar dilapidados, con escapes o que de otra forma se hayan vuelto peligrosos, estos pueden ser modificados cuando se usan en la práctica del método.

[0024] Esta enumeración de ventajas es ilustrativa y no exhaustiva.

REVELACIÓN DE LA INVENCION

[0025] Un objeto global de la presente invención es proporcionar clases de fluidos para producción de calor y energía en una gama de pozos y ambientes geotérmicos para lograr la máxima recuperación de energía.

[0026] Otro objeto de una modalidad de la presente invención es proporcionar un fluido para recuperación de energía que se usa en un sistema de pozos que tiene un pozo de entrada, un pozo de salida e interconexión lateral entre ellos, el cual fluido tiene por lo menos una propiedad seleccionada de entre el grupo que comprende: a) una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la mencionada interconexión lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante; b) capaz de soportar una reacción reversible sensible a la presión, la cual es endotrómica a presión elevada y exotrómica a una presión menor que la presión elevada; c) una mezcla de fluidos que contiene una reacción de absorción química la cual es endotrómica dentro de la interconexión lateral; d) una solución acuosa de electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura y la presión, que da lugar a un efecto endotrómico dentro de la interconexión lateral; y utilizar la energía térmica del mencionado fluido directamente y/o convertir la energía del mencionado fluido en energía eléctrica.

[0027] Clases de compuestos que suscriben las propiedades arriba anotadas aumentan la diferencia de temperatura entre la temperatura del campo lejano y la temperatura del fluido circulante, impulsando de esta forma una mayor transferencia de calor desde la formación geológica.

[0028] A presiones más bajas (profundidades), un líquido que hierve dentro de un gas muestra una relación temperatura-entalpía no lineal. Sin embargo, los líquidos/gases simples no tienen esta propiedad a presiones y temperaturas relevantes para la producción de energía a partir del gradiente geotérmico, mayores de 10 MPa y menores de 180° C respectivamente.

[0029] En una forma, el fluido puede comprender una solución acuosa de sulfato de magnesio.

[0030] Todavía otro objeto de una modalidad de la presente invención es proporcionar un método para generar energía, que comprende: Proporcionar un circuito de pozos de asa cerrada que tiene una entrada y una salida conectadas con un conducto lateral dentro de una formación geológica; proporcionar un aparato de generación de energía en comunicación operativa con el asa de pozos; hacer circular un fluido que tiene una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro del mencionado conducto lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C a través del mencionado

circuito para recuperar energía térmica de la mencionada formación para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante; enfriar el fluido antes de la recirculación en la mencionada asa a la entrada; y convertir la energía del mencionado fluido en energía eléctrica.

[0031] Todavía otro objeto de una modalidad de la presente invención es proporcionar un método de readaptación de un yacimiento petrolífero que tiene pozos de producción y pozos de inyección preexistentes en relación espaciada en una formación para captar energía térmica, que comprende: Proporcionar un primer nodo que tiene un pozo de producción y un primer pozo de inyección en comunicación fluida con un aparato de generación de energía; proporcionar un segundo nodo que tiene un pozo de producción y un segundo pozo de inyección en comunicación fluida con un aparato de generación de energía en relación espaciada con el mencionado primer nodo; conectar el mencionado primer nodo y el mencionado segundo nodo en una conexión horizontal subterránea; fluido de salida calentado circulante del mencionado aparato de generación de energía del mencionado primer nodo a una entrada del mencionado aparato de generación de energía del mencionado segundo nodo con una conexión subterránea, el cual fluido tiene una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la mencionada conexión horizontal subterránea a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C para recuperar energía térmica de la mencionada formación para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el mencionado fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante; y utilizar la energía térmica del mencionado fluido directamente y/o convertir la energía del mencionado fluido en energía eléctrica.

[0032] Un objeto adicional de una modalidad de la presente invención es proporcionar un método de producción de energía que comprende: Proporcionar un yacimiento petrolífero suspendido que tiene pares de pozos de inyección y de producción; conectar un aparato de generación de energía entre el pozo de producción de un par de pozos y el pozo de inyección de un par de pozos adyacentes en un asa subterránea, la cual asa tiene por lo menos una interconexión lateral entre el mencionado pozo de producción y el mencionado pozo de inyección; hacer circular un fluido a través de la mencionada asa para recuperar energía térmica subterránea, el cual fluido tiene por lo menos una propiedad seleccionada de entre el grupo compuesto por: a) una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la mencionada interconexión lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C para maximizar la diferencia de temperaturas y la

transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante: b) capaz de soportar una reacción reversible sensible a la presión, la cual es endotrómica a presión elevada y exotrómica a una presión menor que la presión elevada; c) una mezcla de fluidos que contiene una reacción de absorción química la cual es endotrómica dentro de la interconexión lateral; d) una solución acuosa de electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura y la presión, que da lugar a un efecto endotrómico dentro de la interconexión lateral; y utilizar energía térmica del mencionado fluido directamente y/o convertir la energía del mencionado fluido en energía eléctrica.

[0033] De manera provechosa, el fluido se puede seleccionar con base en la configuración de los pozos, la calidad de la fuente de calor entre otras para maximizar la eficiencia.

[0034] Todavía otro objeto de una modalidad de la presente invención es proporcionar un método geotérmico que comprende: perforar un primer orificio generalmente en forma de U dentro de una formación terrestre y un segundo orificio generalmente en forma de U en relación espaciada con este; proporcionar un aparato de generación de energía; conectar en una posición subterránea el mencionado aparato a una salida del mencionado primer orificio en forma de U y una entrada del mencionado segundo orificio en forma de U; hacer circular un fluido a través de cada uno de los mencionados orificios, el cual fluido tiene por lo menos una propiedad seleccionada de entre el grupo compuesto por: a) una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la interconexión lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante; b) capaz de soportar una reacción reversible sensible a la presión, la cual es endotrómica a presión elevada y exotrómica a una presión menor que la presión elevada;

c) una mezcla de fluidos que contiene una reacción de absorción química la cual es endotrómica dentro de la interconexión lateral; d) una solución acuosa de electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura y la presión, que da lugar a un efecto endotrómico dentro de la interconexión lateral; y convertir la energía del mencionado fluido en energía eléctrica.

[0035] Dependiendo de los detalles específicos del ambiente en el cual el método se practica, un fluido adecuado se puede seleccionar de entre las clases anotadas previamente.

[0036] Otro objeto de una modalidad de la presente invención es proporcionar un método geotérmico, que comprende: Perforar un primer orificio generalmente en forma de U dentro de una formación terrestre y un segundo orificio generalmente en forma de U en relación espaciada con este; proporcionar un aparato de generación de energía; conectar en una posición subterránea el aparato a una salida del primer orificio en forma de U y una entrada del segundo orificio en forma de U; hacer circular un fluido a través de cada orificio; y convertir la energía del mencionado fluido en energía eléctrica.

[0037] Como un objeto adicional de una modalidad de la presente invención, se proporciona un método para formar un intercambiador geotérmico de calor, que comprende: Proporcionar un pozo perforado en desuso; perforar un segundo pozo en relación espaciada con el mencionado pozo en desuso; vincular el mencionado pozo perforado en desuso y el mencionado segundo pozo dentro de una zona geotérmica y una segunda zona espaciada de esta en un asa continua que tiene por lo menos una interconexión de vinculación lateral; hacer circular un líquido de trabajo a través de la mencionada asa para el intercambio de calor dentro de la mencionada asa, el cual fluido tiene por lo menos una propiedad seleccionada de entre el grupo compuesto por: a) una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la interconexión lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante; b) capaz de soportar una reacción reversible sensible a la presión, la cual es endotrómica a presión elevada y exotrómica a una presión menor que la presión elevada; c) una mezcla de fluidos que contiene una reacción de absorción química la cual es endotrómica dentro de la interconexión lateral; d) una solución acuosa de electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura y la presión, que da lugar a un efecto endotrómico dentro de la interconexión lateral; y utilizar energía térmica del mencionado fluido directamente y/o convertir la energía del mencionado fluido en energía eléctrica.

[0038] Todavía otro objeto de una modalidad de la presente invención es proporcionar un método para reciclar pozos perforados en desuso, que comprende: Designar un primer pozo en desuso como un eje de recepción; perforar un segundo nuevo pozo adyacente al mencionado eje; perforar por lo menos un tercer nuevo pozo espaciado del eje y el segundo nuevo pozo; conectar en comunicación fluida cada uno del segundo nuevo pozo y el tercer pozo con el mencionado eje en asas cerradas individuales, cada una de las cuales tiene por lo menos una interconexión lateral, una primera sección de cada asa se encuentra

dentro de una zona geotérmica y una segunda sección se encuentra por encima de la mencionada zona geotérmica; hacer circular un fluido de trabajo dentro de las asas, el cual fluido tiene por lo menos una propiedad seleccionada de entre el grupo compuesto por: a) una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la interconexión lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante; b) capaz de soportar una reacción reversible sensible a la presión, la cual es endotrómica a presión elevada y exotrómica a una presión menor que la presión elevada; c) una mezcla de fluidos que contiene una reacción de absorción química la cual es endotrómica dentro de la interconexión lateral; d) una solución acuosa de electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura y la presión, que da lugar a un efecto endotrómico dentro de la interconexión lateral; y captar energía térmica transferida desde la mencionada zona geotérmica.

[0039] Todavía otro objeto de una modalidad de la presente invención es proporcionar un método para generar energía, el cual método comprende: Proporcionar un circuito de pozos de asa cerrada que tiene una entrada y una salida conectada con un conducto lateral dentro de una formación geológica y un primer fluido de trabajo; proporcionar un circuito de generación de energía que tiene un segundo fluido de trabajo, el cual circuito se encuentra en comunicación de transferencia térmica con el asa del circuito de pozos; hacer circular el primer fluido de trabajo y el segundo fluido de trabajo dentro de los respectivos circuitos; transferir calor del primer fluido de trabajo al segundo fluido de trabajo; y generar energía a partir de la energía térmica recuperada.

[0040] Al apreciar las propiedades termodinámicas del fluido, la tecnología permite una amplia aplicabilidad en una generación de energía muy beneficiosa y ambientes de uso directo de calor.

[0041] Otro objetos y características de la tecnología resultarán evidentes de la lectura atenta del texto.

[0042] Habiendo de esta forma descrito de forma general la invención, ahora se hará referencia a los dibujos que la acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0043] La Figura 1 es una ilustración esquemática de un asa de pozos y ciclo de energía segregados en una modalidad;

[0044] La Figura 2 es una ilustración esquemática de un asa de pozos y ciclo de energía segregados con circuitos de energía en paralelo;

[0045] La Figura 3 es una ilustración esquemática de un asa de pozos y ciclo de energía segregados con circuitos de energía en serie;

[0046] La Figura 4 es una ilustración esquemática del sistema de conductos multilaterales;

[0047] La Figura 5 es una vista en corte transversal del asa de pozos y conductos multilaterales *in situ* dentro de una formación geológica;

[0048] La Figura 6 es una ilustración esquemática de un asa de pozos y ciclo de energía integrados en una modalidad;

[0049] La Figura 7 es una ilustración esquemática de un asa de pozos y ciclo de energía integrados en una segunda modalidad;

[0050] La Figura 8 es un esquema genérico de la temperatura del fluido dentro de la porción lateral de un asa de pozos, para los fluidos simples descritos en el estado de la técnica, y los fluidos novedosos descritos aquí que demuestran una relación temperatura-entalpía no lineal;

[0051] La Figura 9 es una vista superior de pozos encadenados en margarita en una primera modalidad;

[0052] La Figura 9A es una vista magnificada del arreglo de conductos multilaterales empleados en el arreglo;

[0053] La Figura 10 es una vista magnificada del aparato de generación de energía como está dispuesto entre la entrada de un pozo y la salida de un pozo adyacente;

[0054] La Figura 11 es una vista superior de dos asas de pozos integradas encadenadas en margarita;

[0055] La Figura 12 es una vista superior de otra modalidad de la presente invención;

[0056] La Figura 13 es una vista superior de todavía otra modalidad de la invención;

[0057] La Figura 14 es una ilustración esquemática de una serie de pozos no utilizados;

[0058] La Figura 15 es una vista similar a la de la Figura 14 que ilustra la colocación de nuevos pozos dispuestos dentro de los pozos no utilizados;

[0059] La Figura 16 es una primera representación esquemática de una modalidad de la presente invención en donde los nuevos pozos se agrupan con pozos no utilizados;

[0060] La Figura 17 es una representación esquemática de la invención en la cual los clústeres están consolidados;

[0061] La Figura 18 es un ejemplo gráfico de una relación temperatura-entalpía no lineal para una solución acuosa de electrolitos que contiene 20 % de sulfato de magnesio a una presión elevada de 40 MPa.

[0062] Los numerales similares empleados en las Figuras denotan elementos similares.

MEJORES MODOS DE REALIZAR LA INVENCION

[0063] En la Figura 1 se muestra una ilustración esquemática de la primera modalidad de la invención. Esto se denomina asa de pozos y ciclo de energía segregados. Un ciclo de energía 10 es integrado con un ciclo del asa de pozos 12. El ciclo de energía 10 puede seleccionarse de cualquiera de los adecuados y conocidos como un ciclo de Stirling, ciclo de portador de carbono, ciclo de Kalina, ciclo orgánico de Rankine, ciclo de energía transcrito de bióxido de carbono, entre otros.

[0063] En la Figura, el asa de pozos 12 comprende un sistema de asa cerrada que tiene un pozo de entrada 14 y un pozo de salida 16, normalmente dispuesto dentro de una formación geológica, la cual puede ser, por ejemplo, una formación geotérmica, formación de baja permeabilidad, formación sedimentaria, formación volcánica o formación de "sótano" la cual se describe más adecuadamente como roca cristalina presente por debajo de la cuenca sedimentaria (ninguna se muestra).

[0064] El asa de pozos 12 y el ciclo de energía 10 se encuentran en contacto térmico por intercambiador de calor 16 el cual recupera calor del fluido de trabajo que circula en el circuito del asa 20 en la formación y que se usa posteriormente para generar energía con el generador 22 en el ciclo 10. A manera de ejemplo, la temperatura de la formación puede estar en el intervalo de entre 80° C y 250° C.

[0065] En el arreglo que se ilustra se usan dos fluidos de trabajo distintos. Al modificar el fluido de trabajo empleado dentro del asa de pozos, la operación del sistema puede ser más eficiente.

[0066] Los ciclos de energía existentes arriba mencionados requieren un fluido simple a base de agua dentro del asa de pozos misma que absorba calor de la roca y luego transfiera este calor al fluido de trabajo del ciclo de energía secundario en un intercambiador de calor. En proyectos geotérmicos convencionales, la química del agua es establecida por las

condiciones del yacimiento. En la mayoría de los casos el agua es una salmuera pesada con alto contenido de sólidos totales disueltos (STD) por encima de 10.000 ppm que causa dos problemas, corrosión y formación de escamas. Los problemas de corrosión en los tubos en fondo de pozo, herramientas, y dentro de las instalaciones de la superficie y las vías de flujo de la superficie son comunes y su manejo es costoso. Además, suele haber una cantidad significativa de precipitados de silicio u otros en solución en las condiciones del yacimiento. Cuando la salmuera es traída a la superficie y enfriada en el intercambiador de calor primario (para transferir energía dentro del fluido de trabajo del ciclo de energía), el silicio u otros minerales se precipitan fuera de la solución y se adhieren a las superficies internas de tubos, válvulas, intercambiadores de calor, etc. El manejo de estas escamas es muy costoso y suele fijar un límite a la cantidad de calor que puede ser extraído del agua fuente.

[0067] En este sentido, módulos de generación de energía disponibles en la actualidad usualmente limitan la temperatura de entrada del fluido de trabajo del ciclo de energía a por encima de 0° C en el intercambiador de calor primario. Se permite un cociente de presión de turbina más alto si se deja caer la temperatura del fluido de trabajo por debajo de cero. Sin embargo, los proyectos geotérmicos convencionales resultan limitados por el posible congelamiento y formación de escamas del fluido geotérmico al otro lado del intercambiador de calor.

[0068] Estas limitaciones en la presente tecnología se solucionan poniendo en marcha un sistema segregado de ciclo de energía en combinación con un pozo de asa cerrada. El fluido de trabajo en el ciclo pozo-asa es formulado de tal manera que no se congele por debajo de 0 grados Celsius, y en la presente invención tiene por lo menos una propiedad seleccionada de entre el grupo compuesto por:

- a) una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la interconexión lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180°C para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante;
- b) capaz de soportar una reacción reversible sensible a la presión, la cual es endotérmica a presión elevada y exotérmica a una presión menor que la presión elevada;
- c) una mezcla de fluidos que contiene una reacción de absorción química la cual es endotérmica dentro de la interconexión lateral;

d) una solución acuosa de electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura y la presión, que da lugar a un efecto endotrómico dentro de la interconexión lateral

[0069] Los fluidos pueden ser modificados con aditivos para aumentar la eficiencia y confiabilidad. Los aditivos adecuados incluyen, agentes contra la formación de escamas, agentes anticorrosión, reductores de fricción, y químicos anticongelantes, refrigerantes, biocidas, hidrocarburos, alcoholes, fluidos orgánicos y combinaciones de estos.

[0070] En las Figuras 2 y 3 se ilustran arreglos opcionales con el circuito segregado.

[0071] La Figura 2 ilustra un circuito segregado que incorpora un asa de pozos 12 en contacto térmico con dos intercambiadores de calor 18 distintos, cada uno de los cuales tiene su propio generador de energía 22 formando un arreglo paralelo. De manera parecida, la Figura 3, ilustra un arreglo en serie.

[0072] En referencia inicialmente a la Figura 4, se ilustra esquemáticamente una vista de corte parcial de un sistema multilateral de asa de pozos, globalmente denotado por el numeral 24. En este arreglo, una pluralidad de segmentos horizontales del asa de pozos 20 está dispuesta dentro de la formación (no se muestra) en relación espaciada generalmente paralela. Cada uno de los segmentos 20 está comúnmente conectado a un pozo de entrada 14 y un pozo de salida 16 en un asa cerrada.

[0073] La formación geológica, puede ser, por ejemplo, una formación geotérmica, formación de baja permeabilidad, formación sedimentaria, formación volcánica o formación de "sótano", que se describe más adecuadamente como roca cristalina presente por debajo de la cuenca sedimentaria (ninguna se muestra).

[0074] La Figura 5 ilustra esquemáticamente la disposición de los elementos dentro de una formación geológica 26.

[0075] A manera de ejemplo, los segmentos horizontales 20 pueden tener en cualquier punto de 2000 metros a 8000 metros o más de longitud y de 1000 metros a 6000 metros de profundidad desde la superficie 28. Un circuito de generación de energía 22 en la superficie 28 está dispuesto entre el pozo de entrada 14 y el pozo de salida 16 para completar el sistema de asa cerrada.

[0076] La persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente apreciará que las dimensiones solo son ejemplos y que variarán dependiendo de las propiedades de la formación, el área, el gradiente geotérmico, anomalías de superficie, tectónica, etc.

[0077] Como resultará evidente, debido a avances en la ingeniería, la invasividad para establecer el arreglo multilateral es mínima y simplifica proporcionar un aumento sustancial

del área de superficie para que las asas se pongan en contacto con la formación. Además, las aplicaciones de adecuación son posibles para pozos de petróleo en desuso o suspendidos para readaptarlos con impacto ambiental insignificante.

[0078] El ciclo de energía de asa de pozos integrada es un sistema de asa cerrada en el cual el fluido de trabajo seleccionado se hace circular dentro del asa de pozos y luego fluye dentro de una turbina en superficie como se muestra en la Figura 6. El numeral 30 denota el proceso general esquemático. En este proceso, se usa un fluido único en lugar de uno que tenga un fluido separado de asa de pozos y un fluido de trabajo del ciclo de energía secundario. El fluido de trabajo en este ciclo de asa cerrada puede operar bien sea como un ciclo transcrítico, en donde el fluido es supercrítico a la presión de trabajo superior y subcrítico a la presión de trabajo inferior, o como un ciclo completamente supercrítico en donde el fluido sigue siendo supercrítico a la presión de trabajo inferior.

[0079] Como se sabe, un ciclo transcrítico es un ciclo termodinámico en el cual el fluido de trabajo pasa a través de los dos estados, subcrítico y supercrítico.

[0080] El aparato además incluye un dispositivo de enfriamiento, que se muestra en el ejemplo como un enfriador aéreo 32 y turbina 34 con generador 36. El enfriador aéreo 32 se usa para enfriar el fluido de trabajo a una temperatura de entre 1° C y 15° C por encima de la temperatura ambiente. También cabe anotar que el fluido de trabajo puede ser enfriado a una temperatura subcero en ° C .

[0081] Además, los fluidos adecuados para usar en la tecnología que aquí se describe son capaces de hacer la transición desde un estado supercrítico en el pozo de salida a un estado transcrítico después de expandirse y enfriarse, que se caracteriza porque el fluido que sale del pozo de salida tiene una entropía suficientemente alta para expandirse a un estado de vapor supercalentado a la derecha de la región de dos fases en una gráfica de temperatura-entropía y luego de enfriarse está sustancialmente por debajo de su punto crítico.

[0082] El mecanismo impulsor en este ciclo integrado es un termosifón muy poderoso que surge a causa de la diferencia de densidad entre el pozo vertical de entrada 14 y el pozo vertical de salida 16. El fluido se encuentra en un estado líquido supercrítico en el pozo de entrada 14, se calienta a medida que se desplaza a lo largo de las secciones laterales 12 y sale en un estado supercrítico en el pozo de salida 16, lo cual crea una presión significativa.

[0083] La Figura 7 es una variación del diagrama de flujo ilustrado en la Figura 6, en donde una pluralidad de turbinas 34 y generadores 36 se encuentra dispuesta en relación en

paralelo. Otras variaciones que incluyen combinaciones de serie y paralelo serán apreciadas por la persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente.

[0084] La Figura 8 es un esquema ilustrativo de la temperatura del fluido dentro de la porción lateral de un asa de pozos, para los fluidos simples descritos en el estado de la técnica, y los fluidos novedosos descritos aquí que demuestra una relación temperatura-entalpía no lineal. El calor transferido de la roca es proporcional al área acumulativa entre la temperatura de la roca y la temperatura del fluido. La Tabla 1 presenta los datos.

TABLA 1. DATOS DEL FLUIDO DATA PARA LA DISTANCIA CRECIENTE DEL POZO

DISTANCIA (m)	TEMPERATURA DE LA ROCA (° C)	FLUIDO SIMPLE RELACIÓN TEMP.- ENTALPÍA CASI LINEAL (° C)	CLASES DE FLUIDO CON RELACIÓN TEMP. ENTALPÍA SUSTANCIALM. NO LINEAL (° C)
0	125	29	28
500	125	49	33
1000	125	65	37
1500	125	78	42
2000	125	88	47
2500	125	95	51
3000	125	102	56
3500	125	106	61
4000	125	110	65
4500	125	113	70
5000	125	116	115

[0085] El efecto de termosifón puede eliminar completamente la necesidad de una bomba de superficie en condiciones operativas normales excepto durante el arranque. De manera provechosa, esto elimina la energía requerida para operar la bomba y aumenta la salida neta de energía eléctrica.

[0086] Trabajando en concierto con el asa del circuito de pozos es el uso de fluidos personalizados y mezclas preparadas a la medida del trazado de la perforación, la profundidad, la longitud, y la temperatura ambiente. El estado de la técnica relevante a las altas presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C solo discute el uso de fluidos con una relación temperatura-entalpía lineal, es decir, fluidos como agua, bióxido de carbono, refrigerantes, o hidrocarburos. Con un sistema de asa cerrada como el que se examina aquí, el costo inicial y la complejidad de las mezclas de fluidos es apenas un factor

menor en la economía general. De manera que se pueden usar otros fluidos como un fluido que tenga por lo menos una propiedad seleccionada de entre el grupo compuesto por:

- a) una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la interconexión lateral a presiones mayores de 10 MPa y temperaturas menores de 180° C para maximizar la diferencia de temperaturas y la transferencia de calor entre el fluido y la fuente de calor del fondo de pozo circundante;
- b) capaz de soportar una reacción reversible sensible a la presión, la cual es endotrómica a presión elevada y exotrómica a una presión menor que la presión elevada;
- c) una mezcla de fluidos que contiene una reacción de absorción química la cual es endotrómica dentro de la interconexión lateral;
- d) una solución acuosa de electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura y la presión, que da lugar a un efecto endotrómico dentro de la interconexión lateral

[0087] Se ha encontrado que los fluidos que exhiben una relación temperatura-entalpía sustancialmente no lineal dentro de la porción lateral del asa de pozos y/o que exhiben un efecto reversible sensible a la presión, el cual es endotrómico a presión elevada y exotrómico a una presión menor que la presión elevada pueden aumentar la generación de energía considerablemente. Esto se desarrolla porque el diferencial de temperatura promedio entre la temperatura del campo lejano y la temperatura del fluido circulante se aumenta, impulsando un aumento de la transferencia de calor desde la formación geológica.

[0088] Un ejemplo de este tipo de fluido es una solución acuosa de precipitados/electrolitos con solubilidad dependiente de la temperatura, que se caracteriza porque el agua es supersaturada en la parte superior del pozo de entrada. Las partículas sólidas se retienen en suspensión con un agente contra la formación de escamas (agente antifloculante) y con flujo turbulento (similar a un lodo de perforación). En las secciones laterales, la temperatura está aumentando, de aquí que la solubilidad de los sólidos retenidos en suspensión también está aumentando. Esto permite que la solución absorba calor de la roca endotrómicamente (básicamente aumenta la capacidad de calor efectivo del fluido) a medida que las partículas sólidas se disuelven dentro del agua. En el intercambiador de calor a el ciclo de calor a energía segregado, la temperatura está disminuyendo, de manera que la sustancia sólida se está precipitando exotrómicamente. El intercambiador de calor puede ser tratado para evitar que los precipitados se adhieran a las superficies internas.

[0089] Los fluidos para aplicar en un sistema geotérmico de asa cerrada incluyen soluciones acuosas con los siguientes solutos a manera de ejemplo: bromuro de potasio, sulfato de magnesio.

[0090] Usar una única turbina y tener eficiencia adecuada a lo largo del intervalo completo de condiciones ambientales resulta problemático. Se ha encontrado que usar dos o más turbinas en serie o en paralelo que son optimizadas para diferentes condiciones ambientales soluciona el problema. Durante periodos de temperaturas más frías, la lógica de control (que no se muestra) automáticamente desplaza el fluido de trabajo a la turbina adecuada para mantener alta eficiencia durante todo el año.

[0091] En referencia ahora colectivamente a las Figuras 9, 9A y 10, se muestra una ilustración esquemática de una cadena de pozos en margarita, globalmente denotada por el numeral 44. En esta modalidad, cada ubicación de superficie, generalmente denotada por el numeral 46, incluye un pozo de inyección 48 conectado a un conducto de pozo lateral 50 y a un pozo de producción 52. De esta manera, la estructura continua del pozo adquiere una estructura generalmente en forma de U.

[0092] Como se ilustra en la Figura 9, cada localización 46 es separada y está vinculada a localizaciones proximales en una forma elegante y ventajosa. A manera de ejemplo, la distancia entre localizaciones puede ser de 5000 metros. Esto, por supuesto, puede variar de una situación a otra.

[0093] En la Figura 10, el numeral 54 es representativo del aparato de generación de energía. Las selecciones para el aparato 54 serán examinadas aquí más adelante, pero para efectos de la discusión, el aparato 54 es responsable de convertir vapor en energía eléctrica. En cada localización 46, existen el pozo de inyección 48 y el pozo de producción 52. Los conductos multilaterales 38 son así mismo subterráneos, pero también dentro de una zona geotérmica 46 de la formación 48.

[0094] Para la operación, también puede hacerse referencia a la Figura 10. Un fluido con una capacidad calórica adecuada se hace circular en el pozo de inyección 48 de una localización 46, se procesa a través del aparato de generación de energía 54 para recuperar la energía térmica y luego pasa como un vapor de salida a ser una corriente de alimentación de entrada para un pozo de inyección 48 de una localización próxima 46. La línea eslabonada 62 ilustra este relevo o secuenciación de cadena en margarita. Dado que no todo el calor se recupera, la corriente de alimentación de entrada del pozo 48 de una localización próxima es precalentada para ser inyectada dentro del conducto lateral 50. El

proceso entonces se pone en ceros para repetirlo en la siguiente localización 46. Para la comodidad de las reparaciones, análisis, etc., el aparato de generación de energía incluye un asa de derivación 64 para no pasar por el aparato 54.

[0095] Con el fin de dar cabida a condiciones variables como geológicas, ambientales, térmicas, etc., se puede emplear una serie de conductos 50 como se ilustra en Figura 9A. Se hará referencia a los conjuntos de elementos como conjuntos multilaterales de elementos 66 y están organizados en un patrón anular en relación espaciada desde los conductos próximos 50. Se pueden emplear otros patrones dependiendo de los detalles específicos de la situación. La conexión entre los conductos individuales 50 de una serie 66 sencillamente se integrará en una fusión que obra de manera similar a un conducto único 50. Todas o parte de las localizaciones 46 pueden ser fabricadas de esta forma, dependiendo de las condiciones de los ejemplos que han sido referenciad arriba. También se contempla que arreglos de conductos singulares pueden alternarse con conjuntos de elementos 66. Los conjuntos de elementos 66 aumentan la velocidad de flujo global y la producción de energía. En situaciones en las cuales algunas localizaciones 46 están juntas más cerca, se puede usar un mayor número de conjuntos de elementos 66 para mantener el balance de recuperación de calor. El arreglo que se muestra en la Figura 9 es un ejemplo de un sistema de 12.000 kW a 20.000 kW.

[0096] Regresando ahora a la Figura 11, se muestra una modalidad adicional de la invención, por ejemplo, un sistema de 8.000 kW a 12.000 kW. En este ejemplo, se pueden unir asas individuales a una localización centralizada 68 con el fin de centralizar el aparato de generación de energía (que no se muestra) para lograr aumentos de la energía y la eficiencia.

[0097] La Figuras 12 y 13 ilustran operaciones a escala más pequeña, 4.000 kW - 6.000 kW

(Figura 12) y 2.000 kW-3.000 kW (Figura 13).

[0098] Una de las características importantes de usar la aplicación de cadena en margarita implementación es la ausencia de un requerimiento de un conducto de retorno cerca a la superficie. Cuando se requiere, como en los arreglos convencionales de asa de pozos, los costos de capital superan el 10% del capital total del proyecto, puede existir la necesidad de negociar derechos de vía y las resultantes pérdida de calor de 3-5 ° C y pérdida de presión causan una menor eficiencia.

[0099] En contraposición, el encadenamiento en margarita, dado las que asas de pozos se encadenan de adelante a atrás, elimina la necesidad de un conducto de retorno cerca de la superficie. Además, las asas emparejadas actúan como conducto de retorno entre ellas en donde el par usa calor de desecho como una entrada para crear la corriente precalentada que se describió arriba.

[0100] Otras ventajas incluyen un aumento de la producción de energía sin interrupción de la superficie (huella) dado que todo está por debajo de la superficie y la distancia reducida entre localizaciones 46. Esto reduce de forma proporcional el costo si se pueden usar conductos más cortos 50 debido a la temperatura aumentada del diseño de corriente de alimentación precalentada.

[0101] En referencia ahora a la Figura 14, se muestra una ilustración esquemática de un área perforada generalmente denotada por el numeral 70 con una pluralidad de pozos dispersos no utilizados 72.

[0102] En referencia ahora a la Figura 15, se muestra una ilustración similar a la Figura 14, pero se ha perforado una pluralidad de nuevos pozos 74 a 88 próximos a un respectivo pozo en desuso 72.

[0103] Volviendo a la Figura 16, se proporciona un eje principal 90. Si bien no se muestra específicamente, el eje 90 efectivamente es un arreglo de distribución en el cual cada uno de los nuevos pozos, por ejemplo, 74, 76, 78 y 80, están en comunicación fluida que se examina en mayor detalle más adelante. Desde el eje 90, cada uno de los nuevos pozos 74, 76 y 78 están espaciados entre sí y con el pozo en desuso 72 asociado con el eje 90. Cada nuevo pozo 74, 76 y 78 se encuentra en comunicación fluida con un único pozo en desuso 72 próximo. La comunicación fluida se logra mediante una tubería 92 y 94. La tubería 92 está dispuesta por debajo de la superficie 96 y más específicamente dentro de una zona geotérmica, generalmente denotada por el numeral 98. Como se ilustra, la tubería 92 está dispuesta por encima de la superficie 96 en el ejemplo, pero puede estar dispuesta por debajo de la superficie 96, como se mostrará en otras Figuras más adelante.

[0104] De forma conveniente, el eje 90 con los nuevos pozos 74, 76 y 78 del ejemplo están conectados a un pozo en desuso 72 respectivo formando clústeres de pozos no utilizados reciclados.

[0105] En aras de la claridad, las Figuras 16 y 17 pueden verse en conjunto y las asas 92 y 94 están ausentes en la Figura 17 para dar claridad. Un clúster se puede ver en la Figura 16 denotado por el numeral 100. La agrupación vincula efectivamente clústeres 100

adicionales como se muestra en la Figura 17. Los nuevos pozos 74, 76 y 78 asociados con un eje dado 90 vinculan a otras clústeres 100 por la vía de un pozo en desuso 72 desde un clúster adyacente 100. Dicho vínculo se menciona como 102 para efectos de la explicación. De esta manera, los clústeres 100 se consolidan como un sistema colector de energía en oposición a un conjunto de elementos improductivos al azar de pozos no utilizados 72 que se muestra en la Figura 15. Esto ofrece un arreglo de alta eficiencia para recolectar energía geotérmica en un diseño de asa cerrada de superficie a superficie.

[0106] Las asas geotérmicas han sido propuestas de forma ostensible en el estado de la técnica que se examinó arriba, pero, en mosaico, el estado de la técnica no ha proporcionado orientación adecuada en términos de la recuperación de energía superficie a superficie, mínima invasividad geológica y ambiental aunada a reciclaje consolidado.

[0107] Volviendo ahora a Figura 18, se muestra la relación temperatura-entalpía no lineal de una solución acuosa de 20 % de masa de sulfato de magnesio a 40 MPa. Esto se muestra a manera de ejemplo del tipo de comportamiento termodinámico del fluido descrito en la actual invención. La química específica del fluido utilizado en la práctica depende de las condiciones específicas del proyecto como temperatura de la roca, aplicación directa de calor o electricidad, temperatura especificada de entrada/salida, longitud y configuración del pozo, entre otros factores.

[0108] En conclusión, se ha presentado una nueva tecnología para generar energía en un arreglo único de asa cerrada dentro de una gama de formaciones geológicas con el uso de fluidos de trabajo singulares.

[0109] Se han descrito asas integradas y segregadas con fluidos mejorados que dan lugar a una mejora de la captación de calor con respecto al estado de la técnica.

[0110] Los segmentos multilaterales en el asa comúnmente conectados a la entrada y a la salida del asa se han examinado en varios términos, el menor de los cuales no es la mejoría de los arreglos de asas existentes.

RESUMEN

Se revelan clases de fluidos para usar en recuperación de energía en pozos y ambientes geotérmicos para producción de energía. Los fluidos caen dentro de las clases de fluidos que son capaces de aumentar la eficiencia termodinámica de la generación de electricidad y/o calor de un sistema geotérmico de asa cerrada. Se revelan numerosos métodos que aprovechan la termodinámica de los fluidos para lograr una óptima recuperación de energía.