

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 749**

51 Int. Cl.:

**E21B 37/08** (2006.01)

**E21B 43/16** (2006.01)

**E03B 3/15** (2006.01)

**E21B 37/00** (2006.01)

**C09K 8/52** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2017 PCT/US2017/062110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.05.2018 WO18094119**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2017 E 17870735 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2025 EP 3541541**

54 Título: **Método de mantenimiento de pozos de agua: Enfoque basado en el tiempo**

30 Prioridad:

**16.11.2016 US 201662422787 P**

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

**07.05.2025**

73 Titular/es:

**SUBSURFACE TECHNOLOGIES, INC. (100.00%)  
40 Stone Castle Road  
Rock Tavern, NY 12575, US**

72 Inventor/es:

**MANSUY, NEIL;  
CATANIA, STEVEN y  
ORLANDO, JOSEPH**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 3 015 749 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**

Método de mantenimiento de pozos de agua: Enfoque basado en el tiempo

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una mejora en un método de mantenimiento preventivo de pozos con equipo de bombeo en el pozo.

**10 Antecedentes de la invención**

Aqua Gard® es un proceso innovador de limpieza de pozos que se aleja del enfoque tradicional en la industria de pozos de agua subterránea de hacer funcionar un pozo hasta que falle.

15 El objetivo de alejarse de la mentalidad de funcionamiento hasta su fallo es dirigirse a los materiales que se acumulan en el entorno cercano al pozo (que es una incidencia natural en casi todos los pozos) cuando son blandos y fáciles de eliminar. La mayor parte del material depositado es blando hasta que se produce la mineralización completa con el tiempo. Al programar los eventos de limpieza en un enfoque de intervalo temporal, los materiales que eventualmente se volverían difíciles de mover se eliminan fácilmente del pozo, del paquete filtrante circundante y del acuífero cercano.

20 Con la instalación del equipo permanente Aqua Gard® en un pozo, los eventos de limpieza pueden tener lugar sin la necesidad de retirar el equipo de bombeo o inyección. La retirada y el reemplazo del equipo de bombeo durante los eventos de limpieza suman mucho tiempo de inactividad y costes a los eventos típicos de limpieza de pozos. La mentalidad de minimizar el tiempo de inactividad mientras se mantiene la cantidad y calidad del agua bombeada de un pozo es fundamental para el modelo de protección de un pozo que Aqua Gard® tipifica.

30 Aqua Gard® es un proceso de limpieza de pozos que utiliza dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) natural, lo que permite un cumplimiento más fácil con la descarga reguladora, así como una mejor distribución de la energía de limpieza en todo el pozo, el paquete filtrante y el acuífero circundante. La limpieza de un pozo requiere energía. Puede requerirse una combinación de energías para limpiar toda la estructura del pozo de manera eficaz. La mayor parte de la energía utilizada en el proceso Aqua Gard® se proporciona por las diversas fases del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La fase en la que se produce el CO<sub>2</sub> va en función de la temperatura y la presión, y en entornos de pozos, pueden tener lugar las tres fases principales del CO<sub>2</sub> (sólido, líquido y vapor). Aqua Gard® implica la inyección controlada de fases líquidas y vapor de dióxido de carbono. A medida que se inyecta CO<sub>2</sub> líquido en el pozo, la presión y la temperatura que se encuentran en el punto de inyección no proporcionan inicialmente un entorno estable para la existencia de CO<sub>2</sub> líquido. Por lo tanto, el CO<sub>2</sub> experimenta un cambio de fase a vapor. El cambio de fase del CO<sub>2</sub> de líquido a vapor puede provocar una expansión de volumen de hasta 570 veces. Esta expansión de volumen es una de las fuentes de energía que proporciona la acción de limpieza y la agitación dentro del pozo y el entorno cercano al pozo.

40 Otra fuente de energía es el enfriamiento termodinámico del agua en el pozo debido a la inyección controlada de CO<sub>2</sub> líquido (el CO<sub>2</sub> líquido y sólido pueden ser muy fríos). Cuando el agua se enfría lo suficiente, puede congelarse. El agua sólida (hielo) tiene un volumen mayor que el agua líquida, y la formación de hielo puede romper y aflojar los materiales que están obstruyendo el volumen de los poros en un pozo.

45 Existen muchos aspectos diferentes de la energía suministrada a un pozo con el proceso Aqua Gard® que pueden utilizarse. Puede tener lugar el suministro de energía al pozo en forma de CO<sub>2</sub> líquido y vapor produce cambios de fase de líquido a vapor, de líquido a sólido y de sólido a vapor (sublimación). Se ha demostrado que esta es la forma más eficaz de suministrar energía que afloja los materiales de obstrucción. El proceso Aqua Gard® es económico y restaura la capacidad de bombeo de un pozo, y elimina la necesidad de neutralizar y desechar los productos químicos que pueden ser peligrosos.

50 Los documentos EP 1 339 937 A2 y WO 01/98628 A1 describen el uso de múltiples tuberías dentro de un pozo con el fin de inyectar energía y activar las líneas de inyección mediante inyección en diversas secuencias para movilizar los sedimentos del fondo del pozo.

55 El documento DE 100 23 454 A1 describe el uso de dióxido de carbono para limpiar un pozo que tiene un tubo de filtro con un lecho de grava vertical. Se introducen ondas de presión neumáticas en la zona del tubo de filtro y en el lecho de grava desde el exterior, a intervalos de tiempo determinados o seleccionados, en donde las ondas de presión se generan mediante el uso de dióxido de carbono. El aparato tiene un recipiente de presión conectado a través de una válvula controlada a un tubo de alimentación, que se coloca en el suelo fuera del tubo de filtro, en donde el tubo está conectado a boquillas de descarga neumáticas para las ondas de presión ubicadas en un anillo alrededor del tubo de filtro y la válvula está conectada a un temporizador.

**65 Sumario de la invención**

Un objeto de la presente invención es mejorar el proceso Aqua Gard® proporcionando una mejor distribución de

energía eficaz en todas las partes de un intervalo de producción de un pozo que tiene un intervalo de producción prolongado.

5 También es un objeto de la presente invención proporcionar un desafío para distribuir energía sobre toda la estructura del pozo. La distribución de energía en todas las partes del pozo incluye la cubierta superior, el intervalo de producción de un filtro de pozo o un pozo de roca abierto, el paquete filtrante y hasta la formación circundante.

10 La presente invención se refiere a un método de mantenimiento preventivo de pozos con equipo de bombeo en el pozo usando CO<sub>2</sub>, en donde el pozo está sellado, en donde se proporciona una distribución de energías que comprende la combinación de energía mecánica, energía química y energía térmica a lo largo de toda la estructura del pozo, incluyendo todas las partes del intervalo de producción del pozo y la formación circundante, y distribuyendo dichas energías a lo largo de toda la estructura del pozo controlando los cambios de fase de CO<sub>2</sub> durante la inyección de CO<sub>2</sub> para provocar una agitación de surgencia dentro del pozo y la formación circundante y permitiendo que dichas energías alcancen sustancialmente todas las áreas del pozo, en donde el método comprende además colocar una tubería de desplazamiento de volumen en el pozo antes de la inyección de dióxido de carbono, en donde la tubería de desplazamiento de volumen tiene un diámetro menor que un filtro de pozo o pared de pozo para desplazar el agua en el pozo y dirigir las energías de manera más eficaz al filtro de pozo o fracturas de un pozo de roca, caracterizado por que una boquilla de inyección para dióxido de carbono se dirige en un ángulo deseado para lograr un vórtice en un espacio anular entre la tubería de desplazamiento de volumen (VDP, por sus siglas en inglés) y el filtro de pozo o pared de pozo, y en donde el vórtice distribuye dichas energías de manera más eficiente a lo largo del pozo y el acuífero circundante.

25 Preferentemente, se selecciona un volumen de energía de dióxido de carbono que dé como resultado una menor penetración de dióxido de carbono solubilizado en las formaciones circundantes, lo que da como resultado un menor tiempo de desarrollo de la bomba antes de devolver el pozo a las condiciones ambientales o de pretratamiento, en donde, además de una porosidad de un acuífero, se selecciona el volumen de dichas energías evaluando una capacidad de tamponamiento del acuífero, en donde la capacidad de tamponamiento se puede determinar mediante la evaluación de una cantidad de carbonatos en el acuífero y una alcalinidad total del agua.

30 Además, se inyecta dióxido de carbono en un pozo sellado para crear surgencia en el pozo alternando entre ciclos de inyección de CO<sub>2</sub> líquido e inyección de CO<sub>2</sub> en vapor, en donde la duración de los ciclos se calcula basándose en la duración de un intervalo de producción y un caudal de dióxido de carbono.

35 La distribución de energía se puede lograr con energías combinadas que incluyen productos químicos respetuosos con el medio ambiente que se pueden transportar y distribuir con el uso de energía de dióxido de carbono en un pozo sellado. Los cambios de fase del dióxido de carbono crean agitación de los productos químicos, lo que les permite llegar a todas las áreas del pozo. Las energías combinadas son necesarias cuando los pozos tienen intervalos de producción prolongados.

40 Las mejoras al enfoque Aqua Gard® existente implican el uso de energías combinadas para lograr una distribución más equitativa de las energías. La combinación de energía química, energía térmica y energía mecánica se produce por los cambios de fase de líquido a vapor, líquido a sólido y sólido a vapor del dióxido de carbono.

45 La energía química proporcionada por los productos químicos patentados aprobados por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF, por sus siglas en inglés) es eficaz en la solubilidad de minerales y en la dispersión y desinfección biológica, la dispersión de metales y la dispersión de arcilla. La colocación de productos químicos en el pozo y la utilización de la agitación de los cambios de fase del dióxido de carbono proporcionan la energía química a todas las partes del pozo.

50 Los dispositivos de energía pulsante de liberación rápida se pueden colocar en el fondo del pozo. Estos dispositivos pueden almacenar energía que puede liberarse a alta presión, lo que permite liberar energía disruptiva que puede movilizar partículas finas en el paquete filtrante y la formación circundantes. Una vez que se libera la energía, la presión se reconstruye para otra liberación rápida y el ciclo se repite hasta que ya no se introduce energía en el dispositivo de liberación rápida. Si se selecciona una válvula de alivio de presión como mecanismo de suministro de energía, esta se selecciona en función de la presión hidrostática. La válvula de alivio de presión utilizaría fases líquidas y de vapor de dióxido de carbono y estaría diseñada para cerrarse después de la liberación para permitir que las presiones se acumulen de nuevo.

60 La suciedad biológica y los minerales asociados en las superficies dentro del entorno del pozo de agua se pueden medir con el uso de dispositivos resistivos de baja tensión que se pueden colocar permanentemente en el pozo. Esto permitiría que el ciclo de limpieza se inicie cuando las superficies estén sucias o tengan evidencia de material depositado.

65 Un revestimiento en un sensor en el dispositivo resistivo de baja tensión identificaría un cambio en la tensión eléctrica en los cables que están conectados a la resistencia. En muchos pozos donde no se podrán instalar dispositivos resistivos de baja tensión por diversas razones, es importante mantener el enfoque del intervalo temporal.

Actualmente, sin dispositivos resistivos, no hay un buen indicador de cuándo se debe limpiar un pozo.

5 El método para calcular la capacidad específica de un pozo es un estándar de la industria y todavía se usa hoy en día como un indicador de la capacidad productiva de un pozo. La capacidad específica se define como el volumen de agua extraído de un pozo por unidad de extracción (GPM/PIE). A medida que se hace funcionar el pozo a lo largo del tiempo y continúan los procesos naturales de obstrucción del pozo, la capacidad específica de un pozo disminuirá.

**Breve descripción del dibujo**

10 La figura 1 muestra un pozo cribado con un paquete filtrante con bomba en el pozo. La figura 2 es una figura que representa los diferentes regímenes de flujo.

**Descripción detallada de la invención**

15 La figura 1 representa la ventaja de un ciclo de inyección de intervalo variable. Cuando se inyecta CO<sub>2</sub> líquido en el pozo, el agua se sobresatura con dióxido de carbono. Cuando se produce una transición en la válvula de inyección de CO<sub>2</sub> líquido a vapor, el agua que estaba llena de CO<sub>2</sub> libera el CO<sub>2</sub> y el nivel del agua desciende rápidamente. El cambio de líquido a vapor da como resultado una surgencia repentina a medida que el agua fluye rápidamente de regreso al pozo. Esta surgencia repentina de regreso al pozo puede alterar aún más el material adherido y movilizar el material de obstrucción desprendido, además de traer partículas finas del acuífero circundante que han invadido los espacios porosos que rodean el pozo.

20 La manipulación de los intervalos de inyección de vapor y líquido mejora la eficiencia y la eficacia del proceso de limpieza, y la surgencia repentina creada por el cambio entre líquido y vapor se maximiza al alargar los intervalos de tiempo del líquido y acortar los intervalos de inyección del vapor.

30 El efecto de surgencia repentina se produce en el pozo por el cambio de concentración de las burbujas en el pozo. Cuando se inyecta CO<sub>2</sub> líquido en el pozo, la concentración de burbujas en el pozo es muy alta y la superficie del agua en el pozo está muy agitada. La alta concentración de burbujas en el pozo da como resultado el movimiento de una alta concentración de vapor hacia arriba en el pozo, creando un efecto de flotabilidad. Cuando se realiza una transición en la inyección controlada de CO<sub>2</sub> de la fase líquida a la fase de vapor, la alta concentración de burbujas se vuelve mucho menor y el nivel del agua en el pozo desciende rápidamente.

35 Básicamente, el volumen en la columna de agua que se llenó con la alta concentración de vapor colapsa a medida que cesa la alta concentración de CO<sub>2</sub> (inyección de líquido). Además del efecto de flotabilidad durante la inyección de CO<sub>2</sub> líquido, el nivel del agua en el pozo se ve obligado a descender con los gases que salen de la solución, y al volver a convertirse en vapor, el agua vuelve a entrar en el pozo, lo que crea un efecto de surgencia. Se puede maximizar la surgencia causada por la transición de líquido a vapor calculando el volumen de líquido necesario para crear el efecto de "flotabilidad".

40 Cuando se alcanza el efecto de flotabilidad deseado, se puede cambiar a la inyección de vapor. Conociendo la presión de suministro y el flujo de CO<sub>2</sub> en el pozo, se puede usar un mecanismo de sincronización para suministrar las fases líquida y de vapor de CO<sub>2</sub>.

45 El control del suministro con un mecanismo de sincronización maximizará este efecto de surgencia, lo que garantizará que el suministro de las diferentes fases genere la mayor cantidad de movimiento de agua en el pozo.

50 Además de maximizar el efecto de surgencia que tiene la transición de CO<sub>2</sub> líquido a CO<sub>2</sub> en vapor en la columna de agua, un mayor control del suministro de CO<sub>2</sub> al pozo puede maximizar otra forma de suministro de energía en el pozo durante la inyección. El flujo multifásico demuestra que existen dos formas de flujo multifásico que implican el proceso Aqua Gard®.

55 La primera forma de flujo multifásico es el suministro directo de CO<sub>2</sub> al pozo. El CO<sub>2</sub> recorrerá el equipo de suministro en tres formas diferentes, solo vapor, solo líquido o mezcla de vapor y líquido, dependiendo de cómo controle el operador la inyección. Existe una multitud de regímenes de flujo en los que un fluido bifásico fluirá en una columna de agua vertical, burbujeante, bala, revuelto, anular y anular disperso. El régimen de flujo en el que fluirá el fluido se basa en la concentración de vapor frente a líquido, así como en la velocidad del líquido en la tubería. Se determinará la mejor manera de suministrar la mezcla de CO<sub>2</sub>, y el flujo a través de la tubería de suministro se puede controlar con un dispositivo de control de flujo para suministrar el CO<sub>2</sub> en el método determinado. La determinación de la mejor manera de suministrar el CO<sub>2</sub> se realizará en función de qué régimen de flujo de fluido proporcione la manera más eficaz de crear 1) el efecto de surgencia causado por la transición de líquido a vapor en el proceso de inyección y 2) el efecto de vórtice. El régimen de flujo de suministro de CO<sub>2</sub> se dirigirá según el efecto que el régimen elegido tenga sobre el proceso Aqua Gard®.

65 El segundo aspecto es el flujo multifásico más allá del punto de inyección. A medida que las fases líquida y de vapor ingresan al pozo y la fase líquida cambia a vapor, se encuentra un nuevo régimen multifásico donde la fase líquida es

el agua en el pozo y la fase de vapor es el vapor de CO<sub>2</sub> ascendente. El objetivo de este segundo régimen de flujo es eliminar la mayor cantidad de material de obstrucción. Una inspección de la figura 2 muestra que determinados regímenes de flujo parecen más disruptivos que otros regímenes de flujo. Particularmente, los regímenes burbujeante y anular no parecen ser tan disruptivos como los regímenes de bala o revuelto. La inyección se controlaría de acuerdo con el régimen multifásico, que perturbaría más el entorno cercano al pozo.

La figura 1 muestra un pozo cribado con un paquete filtrante con equipo de bombeo en el pozo.

Los diferentes tipos de pozos de agua pueden incluir, por ejemplo, pozos de abastecimiento de agua, pozos de inyección, pozos de almacenamiento y recuperación de acuíferos (ASR), pozos de recuperación, pozos de monitorización, pozos colectores, pozos inclinados, pozos horizontales, pozos direccionales, etc.

La figura 1 representa un tipo muy común de pozo de agua, pero muchos tipos diferentes de pozos requieren una limpieza basada en el tiempo, según lo determinado por la aplicación del "Principio de Mansuy".

El "Principio de Mansuy" se estableció con el reconocimiento de que la pérdida de capacidad específica (tasa de descarga/extracción) de un pozo de bombeo no tiene lugar hasta que se haya producido una obstrucción significativa del espacio poroso del filtro de pozo 10, el paquete filtrante 11 y la formación circundante, y el espacio poroso restante de un pozo comience a pasar de flujo laminar a turbulento. La pérdida de capacidad específica en cualquier pozo tendrá lugar en un momento preciso.

El "Principio de Mansuy" de limpieza basada en el tiempo se basa en no detectar el momento exacto de taponamiento del espacio poroso. El "Principio de Mansuy" establece la limpieza basada en el tiempo de un pozo cuando el material de taponamiento depositado suele ser blando y fácil de eliminar. La secuencia de limpieza se realiza con el equipo de bombeo o inyección en el pozo 2, y utilizando la bomba para bombear los depósitos desprendidos, minimizando así el equipo necesario para limpiar un pozo 2. Los pozos 2 tienen exceso de espacio poroso cuando se ponen en producción, y ese momento exacto de pérdida de capacidad específica es después de que se han establecido extensos depósitos de taponamiento y los depósitos de taponamiento se han mineralizado y endurecido, lo que dificulta su eliminación. Gran parte de ese exceso de espacio poroso se puede obstruir, pero no da como resultado la pérdida de capacidad específica porque existe espacio poroso adicional dentro de la profundidad de un pozo y existe espacio poroso adicional más allá de la formación circundante.

Cualquier otro tipo de pozo, incluyendo los pozos de roca abiertos, se limpiaría con la invención reivindicada. Los pozos de agua 2 se sellan con una brida o un obturador colocado dentro de la cubierta de pozo 14. El dióxido de carbono o los productos químicos seleccionados se introducen en el pozo de agua 2 a través de la línea de inyección 1, 3 con el equipo de bombeo en el pozo.

Los productos químicos, si se usan, deben estar aprobados para su colocación en un pozo de agua 2.

El dióxido de carbono en diversos intervalos se introduce en el pozo a través de la línea de inyección 1, 3 y se regula en función de la inyección de energía en un pozo sellado 2 a presiones seguras y se controla mediante un manómetro 5 a través de un puerto 15. El nivel de agua sin bombeo o el nivel de agua estático 8 se representa con 8 en la figura 1. La inyección de dióxido de carbono en un pozo sellado 2 requiere que el pozo 2 tenga algo de lechada 6 alrededor de la cubierta de pozo 14.

Los intervalos de dióxido de carbono tanto en fase gaseosa como líquida se introducen en función de la técnica del proceso de limpieza para lograr la máxima distribución de energía. En el caso de filtros muy largos o intervalos de pozos abiertos, la energía química y la energía del dióxido de carbono se pueden distribuir por todo el pozo 2 y hacer penetrar las energías combinadas en el paquete filtrante 11 y la formación circundante. La liberación de energía a partir de los cambios de fase del dióxido de carbono es necesaria para distribuir la energía por toda la estructura del pozo 2 y en la formación circundante en la zona de un pozo de agua que está obstruido con material mineral, biológico y fino del acuífero 13.

Con la tubería de desplazamiento de volumen 7 o el dispositivo de control de flujo de succión se utiliza una cantidad reducida de dióxido de carbono y/o energía química. La tubería de desplazamiento de volumen 7 o el dispositivo de control de flujo de succión también dirigen el dióxido de carbono o las energías combinadas hacia donde se producen los depósitos de taponamiento. El dióxido de carbono inyectado en un pozo sellado 2 a través de la tubería de inyección 1, 3 a través del codo de desviación 4 crea un vórtice 12 en el espacio anular reducido 9. El vórtice 12 permite que las energías combinadas se distribuyan desde el punto de inyección representado por el codo de desviación 4 y hacia arriba dentro del pozo 2, permitiendo que todo el pozo 2 y cerca del pozo 2 se limpien de manera más eficaz.

La tubería de desplazamiento de volumen 7 o el dispositivo de control de flujo de succión pueden reducir la cantidad de energía necesaria para limpiar todo el pozo 2, penetrando menos energía en la formación circundante. Al penetrar menos energía en la formación circundante, se requiere menos tiempo para devolver el pozo 2 a las condiciones ambientales o de pretratamiento.

## ES 3 015 749 T3

Después de la inyección de energía en el pozo sellado 2 con una bomba en el pozo 2, los gases de dióxido de carbono se disipan al permitir que la energía dentro del pozo 2 tenga tiempo de contacto, lo que permite una limpieza eficaz del pozo 2.

- 5 Por lo general, al día siguiente, se hace funcionar la bomba y se limpia el pozo 2 de todos los depósitos de taponamiento desprendidos y solubilizados. El manguito de flujo o el dispositivo de control de flujo de succión limpian las zonas inferiores del pozo induciendo el flujo a través de la succión extendida de la bomba. La tubería de desplazamiento de volumen 7 o el dispositivo de control de flujo de succión, además de reducir el volumen de energía requerido y dirigir la energía seleccionada al pozo y la formación, también cumple la función de un manguito de flujo para enfriar el motor de la bomba sumergible.
- 10

Además de enfriar el motor de la bomba sumergible, el manguito de flujo extendido cumple con mayor eficacia el propósito de limpiar el pozo 10, 11, 14 de manera más eficaz.

- 15 Un lavado más efectivo con el uso del manguito de flujo deja el pozo en una condición más limpia y limpia las bacterias planctónicas de manera más eficaz.

El vórtice inducido por dióxido de carbono 12 crea una acción de remolino en el pozo 2 que se puede maximizar. El vórtice 12 puede ser beneficioso en el suministro de la energía proporcionada por el dióxido de carbono y puede utilizar el flujo direccional en el equipo de inyección para dirigir el flujo en la dirección deseada. El uso de una tubería de caída o un dispositivo de control de flujo de succión (SFCD, por sus siglas en inglés) para ocupar el espacio en el centro del pozo enfocará la energía proporcionada por el cambio de fase de dióxido de carbono o las energías combinadas hacia las superficies del pozo 2 y el paquete filtrante 11 y el acuífero 13 circundantes. El vórtice 12 formará un remolino ascendente en el espacio anular 9 entre el SFCD y las superficies del pozo que se están limpiando. Este vórtice 12 se puede utilizar en la combinación de dióxido de carbono con energía química para mejorar aún más el suministro de energía química. El volumen más pequeño entre el SFCD o la succión de la bomba y la interfaz pozo 2/paquete filtrante 11, pozo 2/acuífero 13 permitiría utilizar menos dióxido de carbono y/o productos químicos a la vez que se logra el efecto de limpieza deseado. Esto dará como resultado un menor impacto en el acuífero circundante 13, requiriendo así menos tiempo para bombear y limpiar el pozo en la zona afectada.

20

25

30

La figura 1 muestra un pozo de agua cribado 2 con un paquete filtrante 11. Cualquier otro tipo de pozo 2, incluyendo los pozos de roca abiertos, se limpiaría con las mismas etapas. Los pozos de agua se sellan con una brida o un obturador colocado dentro de la cubierta de pozo 14. El dióxido de carbono o los productos químicos seleccionados se introducen en el pozo de agua a través de la línea de inyección 1, 3.

35

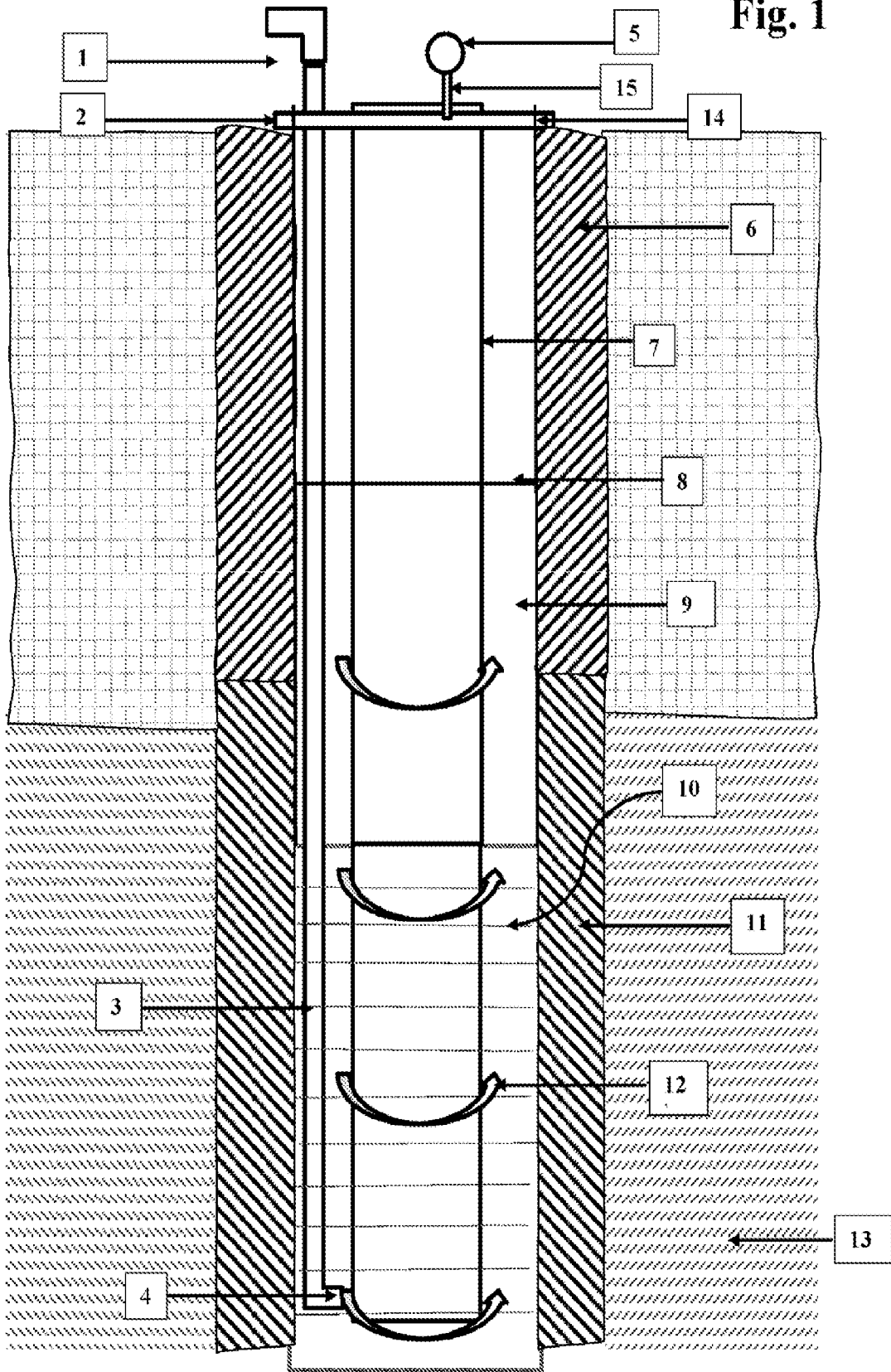
Lista de elementos del diagrama de distribución de energía mejorada (figura 1):

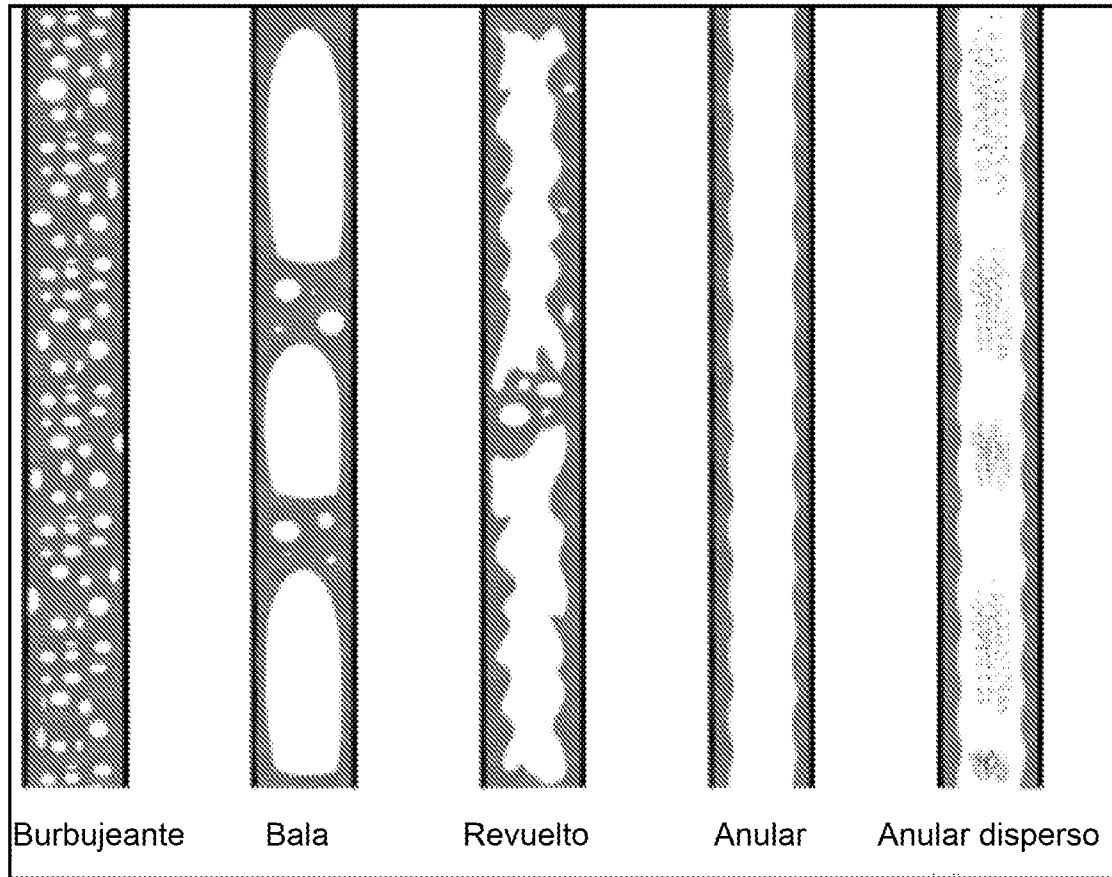
- 1: Puerto de inyección de energía  
2: Pozo sellado con brida - También se puede utilizar un obturador  
3: Línea de inyección en la parte inferior del pozo  
5: Manómetro para medir la presión interna del pozo  
6: Sello de lechada  
7: Tubería de desplazamiento de volumen  
8: Nivel de agua estático  
9: Espacio anular reducido entre la cubierta del pozo y el filtro u orificio abierto y tubería de desplazamiento de volumen o tubería de control de flujo de succión  
10: Filtro de pozo o cara del pozo de roca  
11: Paquete filtrante o paquete natural  
12: Vórtice creado por inyección de dióxido de carbono y válvula direccional  
13: Acuífero consolidado o no consolidado  
14: Cubierta de pozo  
15: Puerto a través del pozo sellado  
18: Tubería de caída o tubería de columna
- 40
- 45
- 50

REIVINDICACIONES

1. Un método de mantenimiento preventivo de pozos con equipo de bombeo en el pozo (2) usando CO<sub>2</sub>, en donde el pozo está sellado, en donde se proporciona una distribución de energías que comprende la combinación de energía mecánica, energía química y energía térmica a lo largo de toda la estructura del pozo (2), incluyendo todas las partes del intervalo de producción del pozo (2) y la formación circundante, y distribuyendo dichas energías a lo largo de toda la estructura del pozo (2) controlando los cambios de fase de CO<sub>2</sub> durante la inyección de CO<sub>2</sub> para provocar una agitación de surgencia dentro del pozo (2) y la formación circundante y permitiendo que dichas energías alcancen sustancialmente todas las áreas del pozo, en donde el método comprende además colocar una tubería de desplazamiento de volumen (7) en el pozo (2) antes de la inyección de dióxido de carbono, en donde la tubería de desplazamiento de volumen (7) tiene un diámetro menor que un filtro de pozo (10) o pared de pozo (10) para desplazar el agua en el pozo y dirigir las energías de manera más eficaz al filtro de pozo (10) o fracturas de un pozo de roca, caracterizado por que una boquilla de inyección (3) para dióxido de carbono se dirige en un ángulo deseado para lograr un vórtice (12) en un espacio anular (9) entre la tubería de desplazamiento de volumen (VDP) (7) y el filtro de pozo (10) o pared de pozo (10), y en donde el vórtice (12) distribuye dichas energías de manera más eficiente a lo largo del pozo (2) y el acuífero circundante (13).
2. El método de la reivindicación 1, caracterizado por que se utilizan cambios de fase de CO<sub>2</sub> para distribuir productos químicos ambientalmente seguros por toda la estructura del pozo (2).
3. El método de la reivindicación 1, caracterizado porque se selecciona un volumen de energía de dióxido de carbono que dé como resultado una menor penetración de dióxido de carbono solubilizado en las formaciones circundantes, lo que da como resultado un menor tiempo de desarrollo de la bomba antes de devolver el pozo (2) a las condiciones ambientales o de pretratamiento.
4. El método de la reivindicación 3, caracterizado por que, además de la porosidad de un acuífero (13), se selecciona el volumen de dichas energías evaluando la capacidad de tamponamiento del acuífero (13), en donde la capacidad de tamponamiento se puede determinar evaluando la cantidad de carbonatos en el acuífero (13) y la alcalinidad total del agua.
5. El método de la reivindicación 1, caracterizado por que se inyecta dióxido de carbono en el pozo sellado para crear surgencia en el pozo alternando entre ciclos de inyección de CO<sub>2</sub> líquido e inyección de CO<sub>2</sub> en vapor, en donde la duración de los ciclos se calcula basándose en la duración de un intervalo de producción y un caudal de dióxido de carbono.
6. El método de la reivindicación 1, caracterizado por que se acorta un ciclo de inyección de CO<sub>2</sub> en vapor y se usan ciclos más frecuentes de intervalos de CO<sub>2</sub> líquido, creando la surgencia de una columna de agua, aumentando así la frecuencia de los intervalos entre el CO<sub>2</sub> líquido y en vapor y maximizando el efecto de surgencia.

Fig. 1





**Fig. 2**