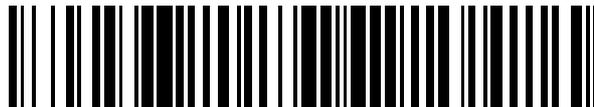


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 778**

51 Int. Cl.:

**E21B 43/25** (2006.01)

**E21B 43/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2004 E 04779653 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015 EP 1704300**

54 Título: **Método para estimular pozos largos horizontales para aumentar la productividad de los mismos**

30 Prioridad:

**30.07.2003 US 491059 P**

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

**24.07.2015**

73 Titular/es:

**SAUDI ARABIAN OIL COMPANY (50.0%)  
1 Eastern Avenue  
Dhahran 31311, SA y  
ARAMCO SERVICES COMPANY (50.0%)**

72 Inventor/es:

**AL-MURAIKHI, AHMED J.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 541 778 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 para estimular pozos largos horizontales para aumentar la productividad de los mismos

**Campo técnico de la invención**

5 [0002] Esta invención se refiere, en general, al campo del tratamiento de formaciones subterráneas para aumentar la producción de petróleo y/o gas de las mismas. En particular, la invención se refiere a un nuevo proceso para estimular la zona de producción de hidrocarburos de un largo pozo horizontal de hidrocarburos de uno o múltiples laterales mediante un tratamiento ácido.

**Descripción del estado de la técnica**

10 [0003] Los hidrocarburos (petróleo, gas natural, etc.) se obtienen de una formación geológica subterránea (es decir, un "yacimientos") a base de perforar un pozo que penetra en la formación con hidrocarburos. De este modo se crea una trayectoria de flujo parcial para que el petróleo alcance la superficie. Para poder "producir" petróleo, es decir, que viaje desde la formación hasta el agujero del pozo (y en última instancia hasta la superficie) debe de haber una trayectoria de flujo lo suficientemente libre desde la formación hasta el agujero del pozo. Esta trayectoria de flujo pasa a través de la roca de la formación - por ej., arenisca, carbonatos - que tiene poros de un tamaño y en un número suficientes como para permitir que un conducto para el petróleo pase a través de la formación.

15 [0004] Una de las razones más comunes por las que disminuye la producción de petróleo es el "daño" causado a la formación que tapa los poros de la roca y, por lo tanto, impide el flujo del petróleo. Este daño normalmente se debe a la presencia de otro fluido que se inyecta intencionadamente en el agujero del pozo, por ejemplo, un fluido de perforación. Incluso después de la perforación, queda algo de fluido de perforación en la región de la formación cercana al agujero del pozo, que puede deshidratarse y formar un revestimiento sobre el agujero del pozo. El efecto natural de este revestimiento es reducir la permeabilidad al petróleo que pasa por la formación en dirección al agujero del pozo.

20 [0005] Otra razón para que la producción sea menor a la esperada es que la formación sea de naturaleza "compacta" (formaciones de baja permeabilidad), es decir, los poros son lo suficientemente pequeños como para que el petróleo solo migre hacia el agujero del pozo muy lentamente. El denominador común en ambos casos (daños y yacimientos de naturaleza compacta) es la baja permeabilidad. Las técnicas llevadas a cabo por los productores de hidrocarburos para aumentar la permeabilidad neta del yacimiento se conocen como "estimulación". Esencialmente, la técnica de estimulación puede realizarse: (1) inyectando sustancias químicas en el agujero del pozo para que reaccionen y disuelvan el daño (por ej., revestimiento del agujero del pozo); (2) inyectando sustancias químicas a través del agujero del pozo y en la formación para que reaccionen y disuelvan pequeñas porciones de la formación para crear trayectorias de flujo alternativas para el hidrocarburo (para así, en lugar de eliminar el daño, redirigir el petróleo migrante alrededor del daño); o (3) inyectando sustancias químicas a través del agujero del pozo y en la formación a presión suficiente para fracturar efectivamente la formación (fractura hidráulica o fracking), creando así un gran canal de flujo a través del cual el hidrocarburo puede pasar más fácilmente desde la formación y hasta del agujero del pozo.

25 [0006] Cuando la formación de un yacimiento subterráneo con hidrocarburos no posee una permeabilidad o capacidad de flujo suficiente para que los hidrocarburos fluyan hasta la superficie en cantidades económicas o a velocidades óptimas, el fracking o la estimulación química (normalmente ácida) a menudo se utiliza para aumentar la capacidad de flujo tal como se ha descrito anteriormente. Un agujero del pozo que penetra en una formación subterránea normalmente consiste en una tubería metálica (entubado) cementada en el agujero del pozo original. Los agujeros laterales (perforaciones) se disparan a través del entubado y del recubrimiento de cemento que rodea al entubado para permitir el flujo del hidrocarburo al interior del agujero del pozo y, si es necesario, permitir que los fluidos de tratamiento fluyan desde el agujero del pozo hasta el interior de la formación.

30 [0007] Normalmente hay dos tipos de tratamiento ácido: acidificación de fractura (inyección de ácido a velocidades superiores a la presión de fractura para decapar las caras de las fracturas resultantes) y acidificación matricial (inyección de ácido a velocidades inferiores a la presión de fractura para disolver los canales de flujo en la roca o eliminar las incrustaciones o los daños causados por la perforación). Los tratamientos ácidos se emplean en todo tipo de pozos de petróleo y, algunas veces, en pozos de agua: pueden utilizarse para abrir fracturas o eliminar daños en pozos recién perforados o para rehabilitar pozos antiguos en los que ha disminuido la producción.

35 [0008] El fracking consiste en inyectar fluidos viscosos (normalmente geles o emulsiones pseudoplásticas no Newtonianas) en una formación a presiones y velocidades tan altas que la roca del yacimiento cae y forma una fractura plana, normalmente vertical (o redes de fracturas) muy parecida a la fractura que se extiende a través de un material como resultado de la introducción de una cuña en el mismo. El material de consolidación granular, tal como arena, perlas cerámicas, u otros materiales, normalmente se inyectan con la última porción del fluido de fracking para mantener la fractura(s) abierta una vez liberadas las presiones. La mayor capacidad de flujo del yacimiento es el resultado de la trayectoria de flujo más permeable que queda entre los granos del material de consolidación

dentro de la fractura(s). En los tratamientos de estimulación química, la capacidad de flujo se mejora disolviendo los materiales en la formación o, de lo contrario, cambiando las propiedades de la formación.

[0009] En el tratamiento de pozos de petróleo o de gas habitualmente se utilizan soluciones ácidas acuosas, fluidos tipo ácido o fluidos con una función similar. Por ejemplo, las formaciones de pozos subterráneos a menudo se ponen en contacto con soluciones ácidas acuosas para aumentar las permeabilidades de las formaciones y aumentar así la producción de petróleo y/o gas de las mismas. Las soluciones ácidas acuosas también se utilizan para decapar canales de flujo en las caras de las fracturas formadas en las formaciones y para limpiar las perforaciones y los materiales tubulares en los pozos.

[0010] La eliminación de los daños de las formaciones y la estimulación efectiva de los pozos horizontales son retos conocidos en la industria. También es conocida la estimulación de los pozos verticales usando un tratamiento ácido, también denominado estimulación ácida. Los pozos horizontales, además de tener una mayor longitud, experimentan mayores dificultades posibles durante el tratamiento ácido, entre ellas, las unidades de tubos flexibles o CTU. La selección del ácido apropiado se realiza aplicando los criterios conocidos en la técnica.

[0011] El tratamiento ácido se utiliza durante la limpieza de pozos largos horizontales de hidrocarburos nuevos o para aumentar la productividad de dichos pozos horizontales largos. El método convencional de tratamiento ácido consiste en la utilización de una Unidad de Tubo Flexible (CTU) de modo que los fluidos de tratamiento ácidos se bombean a través de la CTU que se extiende por el agujero del pozo de manera que los fluidos de tratamiento ácidos se introducen en la zona de producción de hidrocarburos para limpiarla y aumentar la permeabilidad. Esta técnica puede utilizarse en pozos de petróleo, gas y agua. Las limitaciones de este método están relacionadas con la longitud del pozo y las limitaciones mecánicas introducidas por la inserción de la CTU. Por ejemplo, al tratamiento ácido generalmente se considera ineficaz en el caso de pozos largos, tales como los que superan el kilómetro.

[0012] Los ácidos útiles en tales procesos de estimulación o tratamiento ácido normalmente son extremadamente activos, como el ácido fluorhídrico. Así, los métodos de tratamiento ácido normalmente han divergido enormemente de otros métodos de inyección dada la naturaleza del ácido.

[0013] Se han descrito métodos para la inyección de sustancias distintas del ácido. Por ejemplo, en la Patente Estadounidense nº. 4.262.745 se muestra la inyección de vapor cuando dos pozos verticales están conectados en el subsuelo a través de un conducto u otro medio cerca de la superficie. El objetivo es estimular los pozos de producción de petróleo pesado utilizando vapor. Este conducto del subsuelo solo sirve para que el vapor pueda ser inyectado y, por lo demás, se trata de un agujero del pozo que no tiene ninguna otra utilidad. Tampoco está pensado para el transporte de fluidos erosivos o de fractura como los utilizados en la estimulación ácida. En la Patente Estadounidense nº. 5.016.710 se muestra una combinación de un pozo central y drenajes sub-horizontales. En la Patente Estadounidense nº. 2001/0045280 se presenta la perforación de un pozo secundario en una formación de fractura y en la Patente WO98/50679 se muestran pozos primarios y secundarios no entrecruzados.

[0014] Resultaría ventajoso proporcionar un método para la limpieza de pozos nuevos capaz de limpiar la longitud completa del agujero del pozo. Resultaría ventajoso proporcionar también un método para dicha limpieza que resulte eficaz en el caso de pozos largos horizontales. Resultaría especialmente ventajoso proporcionar un método en el que pueda utilizarse un tratamiento ácido.

[0015] Resultaría ventajoso proporcionar un método para estimular la producción de la formación. Resultaría ventajoso proporcionar también un método para dicha estimulación que sea efectivo en el caso de pozos largos horizontales.

### Resumen de la invención

[0016] El método de la presente invención resulta especialmente útil en el caso de pozos de hidrocarburos que sean largos, por ejemplo, de más de un kilómetro (3000 pies aproximadamente) de longitud, aunque puede utilizarse en pozos más cortos. El método consiste en perforar dos pozos que se entrecrucen el fondo del pozo para crear pozos conectados en el subsuelo. El método incluye un pozo horizontal con un agujero de pozo primario y un segundo pozo que define un segundo agujero de pozo que puede ser sustancialmente horizontal o convencional, por ejemplo, sustancialmente vertical, y en donde el agujero del pozo secundario entrecruza el agujero del pozo primario. La intersección entre el agujero del pozo primario y el agujero del pozo secundario crea una intersección. Lo más ventajoso es que esta intersección se forme en o cerca de la zona de producción de hidrocarburos. El tratamiento ácido se dirige a la intersección. Ventajosamente, los fluidos de tratamiento ácidos pueden circular entre los pozos de modo que los fluidos pueden entrar tanto por el agujero del pozo primario como por el secundario y salir por el agujero del pozo secundario. Alternativamente, los fluidos pueden salir por el agujero del pozo primario. El determinados casos, tales como en la acidificación matricial, el fluido de tratamiento no sale de la formación. Esto mejora sustancialmente la capacidad de realizar un tratamiento ácido en pozos largos. Esto también se realiza sin la utilización de la CTU.

[0017] El ácido demulsificado resulta útil en este método para fines de estimulación, ya que tiene la propiedad de activarse al alcanzar la zona apropiada del agujero del pozo en lugar de estimular otras partes de la formación. En este método pueden utilizarse varios tipos de fórmulas de ácidos conocidas en la técnica. En términos generales, los ácidos, o fluidos a base de ácidos, resultan útiles a este respecto dada su capacidad de disolver tanto los minerales como los contaminantes de la formación (por ejemplo, el fluido que reviste el agujero del pozo o que ha penetrado en la formación) que se introdujeron en el agujero del pozo/formación durante las operaciones de perforación o correctoras. Cada trabajo de estimulación requiere un determinado tipo de fórmula de ácido dependiendo del objetivo del trabajo de estimulación. Por ejemplo, las formaciones de arenisca normalmente se tratan con una mezcla de ácido fluorhídrico y ácido clorhídrico a velocidades de inyección muy bajas para evitar la fracturación de la formación. Esta mezcla de ácidos se selecciona a menudo pues disolverá las arcillas presentes en el lodo de perforación así como los constituyentes primarios de las areniscas de origen natural (por ej., sílice, feldespato y material calcáreo). La disolución es a menudo tan rápida que el ácido inyectado se agota esencialmente en el momento que alcanza unos pocos centímetros más allá del agujero del pozo. El método de la presente invención resulta útil en cada caso. Por ejemplo, cuando la estimulación se lleva a cabo para limpiar los fluidos de perforación del agujero del pozo una vez finalizada la perforación, esto puede llevarse a cabo bombeando el ácido desde la boca del pozo primaria del pozo primario y recibiendo el lavado ácido de la boca de pozo secundaria del pozo secundario.

[0018] Así pues, la manera en que las características, ventajas y objetivos de la invención, así como otros aspectos que quedarán de manifiesto, pueden entenderse más detalladamente, y con una descripción más particular de la invención resumida brevemente anteriormente haciendo referencia a la realización de la misma que se ilustra en los dibujos adjuntos que forman parte de esta especificación. No obstante, cabe señalar que los dibujos únicamente ilustran una realización preferente de la invención y, por lo tanto, no debe considerarse que limitan el alcance de la invención ya que puede admitir otras realizaciones igual de efectivas.

[0019] La Figura 1 representa una realización preferente de la invención que incluye un tratamiento ácido aplicado al pozo A y la retirada del ácido a través de la intersección con el pozo B.

[0020] La Figura 2 representa una realización preferente de la invención con un tratamiento ácido aplicado al pozo A y al pozo B.

[0021] Las Figuras 3-5 son diagramas esquemáticos que representan varias estrategias de ejecución que incluyen la presente invención.

[0022] Las Figuras 6-8 son diagramas esquemáticos que representan varias estrategias que incluyen la adición de un fluido de tratamiento desde ambos pozos.

### **Descripción detallada de la invención**

[0023] Ya que los pozos más largos son más difíciles de tratar, la presente invención proporciona ventajosamente un método para la limpieza de pozos largos. Para cada agujero del pozo primario de hidrocarburos largo horizontal 10, se perfora al menos un pozo secundario vertical u horizontal 12 de modo que entrecruce el pozo primario 10 en el fondo del pozo. Una vez establecida la intersección 14 entre los pozos primario y secundario, los fluidos de tratamiento ácido 16, u otros fluidos de estimulación útiles para estimular el agujero del pozo o limpiarlo tras las operaciones con fluidos de perforación y la finalización de las operaciones de perforación o acondicionamiento, se hacen circular a base de bombear los fluidos de estimulación 16 al interior y a través del pozo primario y los fluidos de estimulación se hacen volver a la superficie a través del pozo secundario. En la Figura 1 se muestra esta configuración en la que el ácido 16 es bombeado hacia abajo del agujero del pozo primario 10 y se le hace salir a través del agujero del pozo 12. Por ejemplo, cuando la estimulación se lleva a cabo para limpiar los fluidos de perforación del agujero del pozo una vez finalizada la perforación, esto puede llevarse a cabo bombeando el ácido desde la boca de pozo primaria 10 y recibiendo el lavado ácido desde la boca del pozo de la boca de pozo secundario 12 tal y como se muestra. Este lavado ácido elimina los daños de la zona dañada 104 de la formación 106 y estimula la producción.

[0024] En la Figura 2 se muestra un ácido que está siendo bombeado al interior tanto del agujero del pozo primario 10 como del agujero del pozo secundario 12 sin extracción del ácido. Esto muestra una acidificación matricial que puede penetrar varios pies en la formación. La eliminación de los daños de la formación es uno de los usos de la configuración mostrada en la Figura 2. La Figura 3 muestra una estrategia de ejecución para pozos conectados que incluye el uso de un manguito 102 o de cualquier otro dispositivo para permitir el flujo a través de una porción del agujero del pozo lateral primario 18 a tratar. En la Figura 4 se muestra una realización alternativa en donde la circulación está limitada a una porción del agujero del pozo lateral secundario 20 y en donde la porción del agujero del pozo lateral primario es omitida. En la Figura 5 se muestra un flujo de ácido a través de un agujero del pozo lateral terciario 22. Alternativamente, pueden tratarse simultáneamente múltiples secciones de un agujero del pozo lateral. En la Figura 6 se muestra una estrategia de acidificación matricial para pozos conectados que consiste en el uso de un manguito 102 o cualquier otro dispositivo para permitir el flujo a través de una porción del agujero del pozo lateral primario 18 a tratar mientras que una o más porciones del agujero del pozo lateral están cerradas. En la Figura 7 se muestra una realización alternativa de una acidificación matricial en donde la circulación está limitada a

una porción del agujero del pozo lateral secundario 20 y en donde al menos la porción del agujero del pozo lateral primario es omitida. En la Figura 8 se muestra la acidificación matricial a través de un agujero del pozo lateral terciario 22. Alternativamente, pueden tratarse simultáneamente múltiples secciones de un agujero del pozo lateral.

5 [0025] Ventajosamente, la presente invención elimina la necesidad de tener que incluir una costosa CTU y elimina la posibilidad de que se presenten dificultades como la pérdida o adhesión de la CTU en el fondo del pozo. Así, la invención no solo proporciona un método de lavado ácido para pozos que son demasiado largos para la CTU, sino también una alternativa a la CTU para pozos de menor longitud en los que podría utilizarse la CTU.

10 [0026] El uso del método de la invención evita la necesidad de tener que utilizar la CTU dado que los fluidos se pueden bombear utilizando, por ejemplo, una bomba de alta presión, en el pozo primario y ser recibidos fuera del pozo secundario. Esto evita muchas de las limitaciones de la CTU, incluyendo las limitaciones mecánicas que normalmente hacen que resulte difícil tratar pozos largos, por ejemplo, aquellos de más de un kilómetro. También, operaciones adicionales en los agujeros de pozos ya que la CTU aumenta los costes, los riegos mecánicos y los riesgos de dañar los intervalos fracturados. La presente invención puede utilizarse ventajosamente tanto en pozos cortos como largos, pero ofrece la ventaja añadida de promover la producción de pozos largos horizontales que de lo contrario no producirían a los niveles deseados. El presente método también permite ventajosamente que se pueda exponer toda la longitud del agujero del pozo al ácido para permitir la limpieza del fluido de perforación que queda tras la finalización de las operaciones de perforación y acondicionamiento de la formación, ya que el ácido disolverá los materiales del fluido de perforación que hayan entrado en la formación. También proporciona un aumento del volumen de la producción.

20 [0027] Esta técnica de acidificación permite la eliminación de los daños de la formación generados durante la perforación al tiempo que maximiza la estimulación de toda la sección horizontal, cuyo resultado será una mejora de la productividad y, por lo tanto, un mayor volumen de producción de hidrocarburos.

25 [0028] El método de la invención es útil para pozos largos horizontales de uno o múltiples laterales. En caso de haber dos pozos horizontales multilaterales conectados en el fondo del pozo, la estimulación ácida puede llevarse a cabo para todos los laterales de una vez o la estimulación ácida puede llevarse a cabo individualmente al tiempo que se eliminan los otros laterales a través de intersecciones de manguitos tal como se muestra en las Figuras 3, 4 y 5. El método de la invención puede utilizarse con técnicas convencionales de desvío o espuma.

30 [0029] Otro ejemplo de estimulación consiste en aumentar la permeabilidad del agujero del pozo para aumentar la productividad del pozo, a lo cual se le denomina acidificación matricial. La acidificación matricial se lleva a cabo bombeando ácido a través de las dos bocas de pozo primaria y secundaria hasta el interior de los agujeros del pozo y permitiendo que el ácido penetre a través de la formación del agujero del pozo una distancia predeterminada o durante un período de tiempo definido. Un ejemplo sería dejar que el ácido penetre unos pocos pies a través de la formación. A esto le sigue un lavado del ácido produciendo así hidrocarburos de los pozos primario y secundario. El ácido se despliega a través de medios conocidos en la técnica.

35 [0030] Aunque la invención solo ha sido mostrada o descrita en alguna de sus formas, debe ser evidente para aquellos versados en la materia que no queda limitada a ellas, sino que es susceptible de varias modificaciones sin que por ello se salga del ámbito de la invención.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un proceso para aumentar la producción de un pozo, en donde el pozo incluye un pozo primario (10) definido por una longitud superior a un kilómetro de longitud y en donde el pozo primario es un pozo horizontal, (18), el pozo primario tiene un agujero del pozo primario (10) y una zona primaria de producción, cuyo proceso consiste en los pasos de:
- 10 perforar un pozo secundario con un agujero del pozo secundario (12) de modo que el agujero del pozo secundario (12) entrecruce el agujero del pozo primario (10) para crear una intersección (14), en donde la intersección (14) queda ubicada relativamente cerca de la zona de producción primaria, e introducir un fluido de tratamiento (16) en el pozo,
- 15 y se caracteriza porque el fluido de tratamiento (16) se introduce tanto en el pozo primario como en el secundario (10, 12) de modo que el aumento de producción se estimula desde la zona de producción del pozo primario (10) y el fluido de tratamiento es un fluido de tratamiento ácido (16) y el fluido de tratamiento ácido (16) no pasa a través de ninguna unidad de tubo flexible.
2. El proceso de la reivindicación 1, que además consiste en el paso de lavar el ácido que produce el hidrocarburo del pozo.
3. El proceso de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, en donde el fluido de tratamiento se introduce en los pozos primario y secundario (10, 12) usando una bomba de alta presión.
4. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el fluido de tratamiento se recupera del pozo secundario (12).
- 20 5. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el fluido de tratamiento se recupera del pozo primario (10).
6. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones precedentes que también consiste en los pasos de:
- 25 seguir perforando el pozo secundario (12) de modo que el agujero del pozo secundario entrecruce un tercer agujero del pozo (22) para crear una segunda intersección, en donde la intersección se encuentra ubicada relativamente cerca de una zona de producción secundaria, e
- introducir el fluido de tratamiento en los pozos primario y secundario (10, 12) de modo que el aumento de producción se vea estimulado desde la zona de producción secundaria.
7. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el fluido de tratamiento ácido es un ácido demulsificado.

30

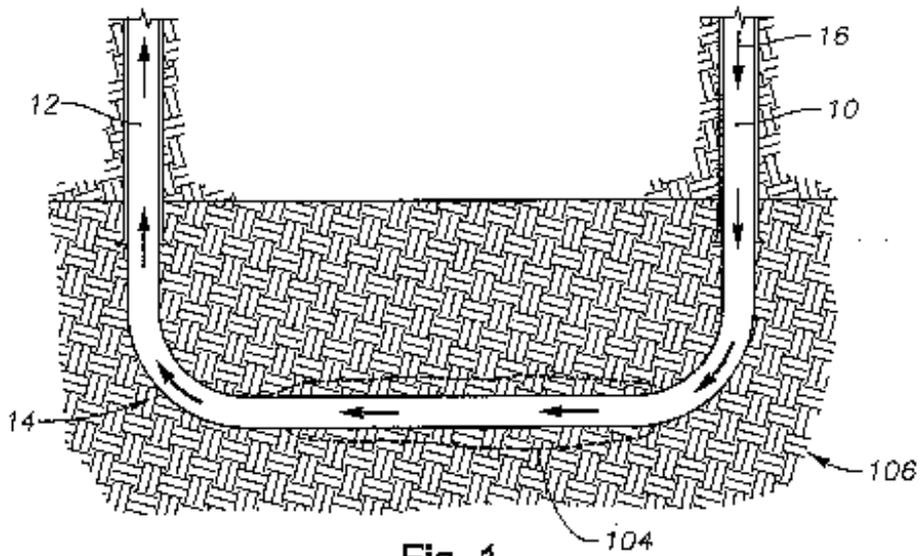


Fig. 1

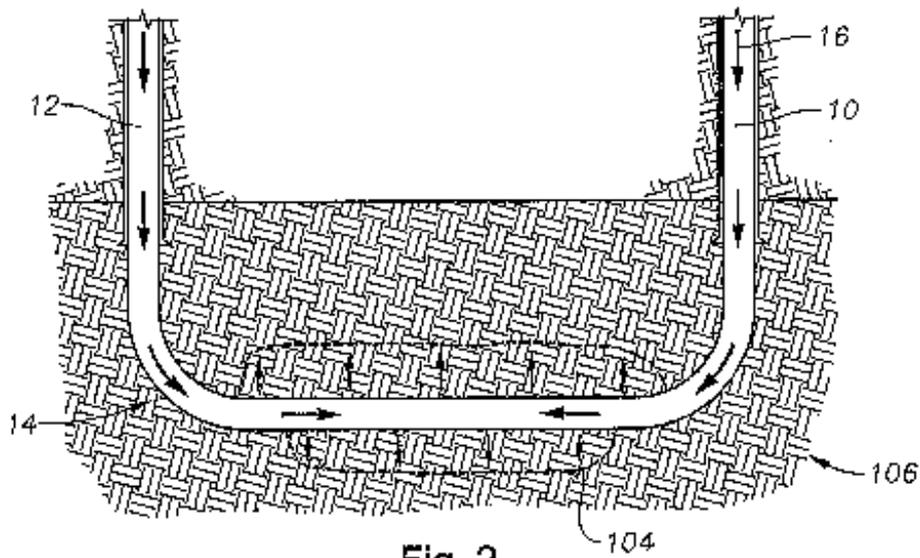


Fig. 2

