



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

Organización SCA Ltda

SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

CD

21. EXPEDIENTE No.

00-9306

54. **TITULO** Acuíferos artificiales en celdas hidrológicas para
recuperación primaria e intensiva de petróleo, para explota-
ción de petróleo pesado, arenas bituminosas e hidrato de
gas

51. **CLASIFICACION INTERNACIONAL** E 21 B 43 / 26

71. **SOLICITANTE** Kenneth J. Hsu

DOMICILIO Zürich, Suiza

74. **APODERADO** Dilia María Rodríguez D' Aleman

22. **SANTAFE DE BOGOTA, D.C.** Febrero 10, 2000

690202

7852
42

REPUBLICA DE COLOMBIA

SIC SUPERINTENDENCIA
DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES



D DI
E DE
ION

DATOS DEL SOLICITANTE

(71) Nombre y Apellidos o Razón Social

KENNETH J. HSU

Nº de Identificación

Representante Legal (Persona Jurídica)

País de Domicilio

SUIZA

Departamento o Estado

Ciudad

ZÜRICH

Dirección

Seestrasse 561 CH, 8038 Zürich, Suiza

(74) DATOS DEL APODERADO

Nombre

DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN

Dirección

Carrera 11 numero 93-43 oficina 404, Santafe de Bogotá, S.A.

DATOS DEL INVENTOR Son (1) Inventores
Nacionalidad

(72) Nombre del Inventor (es)

1) HSU, Kenneth J.- Suizo

Dirección y Domicilio

1) Seestrase 561 CH-8038 Zürich, Suiza

Identificación

DATOS DE LA PATENTE DE INVENCION

(54) Título de la Invención **ACUÍFEROS ARTIFICIALES EN CELDAS HIDROLÓGICAS PARA RECUPERACIÓN PRIMARIA E INTENSIVA DE PETRÓLEO, PARA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO PESADO, ARENAS BITUMINOSAS E HIDRATO DE GAS**

PRIORIDAD REIVINDICADA

Sí ☐

No ☒

(33) _____

(32) _____

(31) Nº Solicitud

Fuente Normativa: Convenio de París Art.4º

CLASIFICACION INTERNACIONAL

E 210 43 /26

SOLPA296

Gms/ SRR



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

NIT : 000170001 2

RECIBO OFICIAL DE CASA : 7,370
FECHA : FEBRERO 11 DE 2000

*** CONSIGNACION ***

DEBITANTE	TIPO FASE	DANDO	CUSUAL	CUENTA	NO. FASE	VALOR
CLARKE ROGER Y CO. COLOMBIA	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	BOGOTA	080-00014-7	000000	7,370,000.00

*** D E B I T O ***

CONCEPTO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1. 00000-01-01 SOLICITUDES	2. TRANSITO DE COL. DE PATENTE DE IN	400,000.00
	TOTAL :	400,000.00

SEN. DEPARTAMENTO DE PATENTES

RESPONSABLE :

RECIBO DE CASA APLICADO AL EXPEDIENTE No.



Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5 y 10
Conmutador: 334 12 21
Fax: 281 31 25
Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia

RESUMEN CON EL OBJETO Y LA FINALIDAD DE LA INVENCION

ACUÍFEROS ARTIFICIALES EN CELDAS HIDROLÓGICAS PARA RECUPERACIÓN PRIMARIA E INTENSIVA DE PETRÓLEO, PARA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO PESADO, ARENAS BITUMINOSAS E HIDRATO DE GAS

Se usan acuíferos artificiales de celdas hidrológicas para recuperar hidrocarburos de formaciones que contienen carbono. Los acuíferos artificiales para una celda hidrológica destinada a la recuperación primaria o intensiva de petróleo se construyen usando una técnica convencional de hidrofracturación para hacer un par de fracturas extensionales verticales atravesando dos pozos de sondeo horizontales, paralelos. Los hidrocarburos se desplazan por acción de una gradiente de presión, desde un acuífero-fuente a un acuífero colector. En otra disposición, los acuíferos artificiales para la explotación de arenas e hidratos de gas se construyen removiendo los hidrocarburos que taponen los poros de la piedra huésped. Los hidrocarburos son inducidos a desplazarse verticalmente atravesando un área de sección transversal muy grande, desde el acuífero-fuente a un acuífero colector.

ANEXOS DE LA SOLICITUD

- Certificado de Existencia y Representación Legal cuando el solicitante sea Persona Jurídica ☐
- Poderes debidamente otorgados, o mención de su protocolización ante la S.I.C. ☐
- Recibo de la tasa respectiva ☒
- Si se reivindica prioridad, el certificado respectivo (copia legalizada) ☐
- Traducción oficial ☐
- Capítulo descriptivo ☒
- Dibujos, planos necesarios ☒
- Capítulo reivindicatorio ☒
- Tarjeta archivo propietario según formato ☒
- Tarjeta archivo temático según formato ☒
- Extracto para resumen o para publicación según formato ☒
- Arte final 12 x 12 cms ☐

SOLICITO LA CONCESION DE LA PATENTE DE INVENCION Y DECLARO QUE LA INVENCION ES NUEVA Y DE MI PROPIEDAD


FIRMA DEL APODERADO

C.C. 41.654.882 TP N° 20824 CSJ

2
44

ACUÍFEROS ARTIFICIALES EN CELDAS HIDROLÓGICAS PARA RECUPERACIÓN PRIMARIA E INTENSIVA DE PETRÓLEO, PARA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO PESADO, ARENAS BITUMINOSAS E HIDRATO DE GAS

Antecedentes de la invención

La presente solicitud es una continuación de parte de las solicitudes Serie Nro. 08/852.327, presentada el 07 de mayo de 1997 y 09/041.503 presentada el 12 de marzo de 1998.

Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a la recuperación de hidrocarburos de formaciones geológicas subterráneas y se refiere particularmente a la extracción secuencial de hidrocarburos de tales formaciones usando una serie de acuíferos artificiales.

Descripción del arte anterior

En las solicitudes de patentes EEUU Nros. 08/852.327 y 09/041.503 se describen celdas hidrológicas para recuperación de hidrocarburos y energía térmica de formaciones de carbono. Tales celdas aumentan la eficiencia de barrido para la recuperación de petróleo por inyección de fluido y son capaces de recuperar hidrocarburos de depósitos de petróleo pesado, arenas bituminosas e hidrato de gas inundándolos con vapor por medio de la instalación de acuíferos artificiales, de manera que un fluido inyectado a una presión diferencial, pueda ser dirigido desde un acuífero-fuente o pozo de inyección a un acuífero colector o pozo productor. Los acuíferos-fuente y colector se forman por hidrofracturación entre dos pozos. Esta invención propone un enfoque diferente del problema que significa hacer una superficie de fractura larga y continua combinando las técnicas de perforación e hidrofracturación disponibles.

Resumen de la invención

La presente invención ha sido desarrollada para aumentar de manera económica la eficiencia de la extracción de hidrocarburos desde formaciones huésped subterráneas usando una combinación de hidrofracturación e inundación con fluido, para formar una serie de pequeños acuíferos artificiales en la formación que contiene carbono subterránea. Los acuíferos artificiales que se extienden verticalmente se forman adyacentes o a través de la formación huésped, a lo largo de un par de pozos o perforaciones. Las perforaciones o pozos pueden extenderse horizontalmente a lo largo de las formaciones subterráneas y una serie de franjas de las formaciones pueden ser inundadas individual o secuencialmente para empujar hacia fuera o extraer, en etapas, los hidrocarburos.

La invención también incluye la remoción de hidrocarburos de entre un par de acuíferos artificiales que se extienden horizontalmente, formados por hidrofracturación o por remoción de hidrocarburos de una formación huésped, de manera de "destapar" una capa de la formación rocosa huésped, creando así un acuífero artificial poroso. En este caso un acuífero puede estar superpuesto a otro y la presión de fluido puede dirigirse verticalmente hacia arriba para formar una celda hidrológica vertical.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en sección que muestra una franja de una celda hidrológica para aumentar la recuperación de petróleo y muestra la posición de un pozo horizontal con respecto a la posición de acuíferos artificiales formados a partir de una superficie hidrofracturada.

La Figura 2 es una vista en planta desde arriba de la celda hidrológica de la Fig. 1, que muestra el movimiento de fluido atravesando pares de acuíferos artificiales de

orientación vertical, de 13 a 14, 17 a 19, 20 a 22, 23 a 25,... en sucesivos intervalos de tiempo.

La Figura 3 es una vista en sección que muestra una franja de una celda hidrológica para la explotación de arena bituminosa y muestra las posiciones de los acuíferos de fuente y colector y el movimiento vertical de los hidrocarburos entre los acuíferos.

La Figura 4 es una vista en planta desde arriba, de una acuífero artificial de la celda hidrológica de la Fig. 3 que muestra las posiciones de los cinturones lineales de zonas porosas y permeables situados entre dos pozos y el movimiento de los hidrocarburos de un cinturón lineal 31 a otro cinturón lineal 35, creando así un acuífero artificial 38.

En las diferentes figuras de los dibujos, los mismos números de referencia designan partes similares.

Descripción detallada de formas de realización preferidas para aumentar la eficiencia de barrido de la inyección de fluido

Aplicando métodos convencionales de hidrofracturación se forma una fractura extensional con una orientación perpendicular a la dirección del último esfuerzo principal. Se forma una fractura extensional después que una formación de un yacimiento está suficientemente debilitada por el aumento de la presión en los poros de la formación como consecuencia del bombeo de fluido al interior de la formación. Las dimensiones de la superficie de fractura es limitada por la posibilidad de formar la presión de fluido en las formaciones porosas y permeables. En los yacimientos de petróleo donde la permeabilidad de la arena del yacimiento es de pocos cientos de milidarcies, una superficie de fractura normalmente puede tener un ancho medio de sólo 10 o 20 metros desde la perforación, pues no puede formarse presión en los poros

del yacimiento para formar una hidrofractura larga, continua, entre dos pozos de separación normal en un campo petrolífero.

La práctica corriente de inundación con agua para aumentar la recuperación de petróleo se sirve de una celda hidrológica que dirige el fluido desde un pozo hidrofracturado a otro. El fluido inyectado en el pozo hidrofracturado puede barrer una trayectoria mayor entre el pozo de inyección y el pozo de producción, aunque el fluido inyectado puede no barrer toda el área situada entre un par de pozos de inyección y un par de pozos de producción. Una gran parte del petróleo situado entre los pozos queda atrapado entre las trayectorias del fluido inyectado y no puede ser recuperado, a pesar de la hidrofracturación de las formaciones que contienen petróleo cercanas a las perforaciones.

Para obtener una eficiencia de barrido de casi el 100% de la inundación con fluido se requiere la formación de un acuífero-fuente y/o un acuífero colector. Una superficie hidrofracturada situada entre dos pozos puede ser excavada y apuntalada para mantenerla abierta introduciendo agentes de soporte en cada pozo hasta que las superficies de la hidrofracturación de los dos pozos formen un acuífero artificial como se describe en la solicitud de patente EEUU Nro. 08/852.327 mencionada más arriba. Este mecanismo, también conocido como propagación de fracturas Griffith produce una deformación natural de la roca bajo el efecto de una tensión diferencial inducida. Actualmente el costo de inducir una diferencial de tensión para provocar la propagación de fractura Griffith entre dos pozos es demasiado elevado para ser práctico.

Una alternativa es usar técnicas convencionales para formar una fractura extensional continua por hidrofracturación, perforando numerosos pozos, muy cerca uno de otro. Las fracturas extensionales de un ancho medio de unas pocas decenas de metros alrededor de cada perforación pueden aglutinarse para formar una superficie de

fractura continua donde puede inyectarse los agentes de soporte para formar un gran acuífero artificial de una celda hidrológica.

Sin embargo el elevado costo de perforar tales pozos dispuestos tan densamente hace que dicho método sea poco atractivo.

La presente invención usa una combinación de las técnicas existentes, incluyendo la perforación, la hidrofracturación y la inundación con fluido para construir celdas hidrológicas de gran eficiencia de barrido. Específicamente, la invención descansa sobre la combinación de la hidrofracturación y la inundación con fluido convencionales, llevadas a cabo en etapas sucesivas. En vez de hacer fracturas extensionales en las formaciones que circundan pozos perforados verticalmente, se perforan pares de pozos, normalmente horizontales, situados más o menos paralelos entre sí, como se observa en las Figs. 1 y 2. Luego, la invención lleva a cabo la hidrofracturación y la inyección de fluido en etapas sucesivas de un intervalo a un intervalo adyacente, a lo largo del par de pozos perforados más o menos paralelos, normalmente horizontales. Cuando la geometría del yacimiento de petróleo permite economizar es posible usar un acuífero artificial, ya sea como acuífero-fuente o como acuífero colector, y un pozo, ya sea como pozo de inyección o como pozo productor. En ese caso, el acuífero artificial puede ser construido como se describe en la presente.

Como se muestra en la Fig. 1, en cada etapa de operación se inyecta fluido a través de un corto intervalo de producción, como p.ej. el intervalo s_1 de uno de los pozos paralelos, normalmente horizontales 11, 13. El intervalo de producción puede ser definido perforando las cañerías de la celda a lo largo de este intervalo de cañería de pozo. El fluido inyectado en este intervalo de unas pocas decenas de metros, puede levantar suficiente presión de fluido en una formación de un yacimiento que contiene petróleo 12 para provocar su fractura a lo largo de una superficie vertical 14. El ancho

medio de la fractura alrededor del pozo podrá ser de unas pocas decenas de metros. Luego, si fuera necesario, pueden inyectarse agentes de soporte para mantener abierta la fractura y formar un acuífero artificial en el intervalo de producción s_1 del pozo horizontal 11. El fluido inyectado en este acuífero-fuente levanta presión y se desplaza, por efecto de una gradiente de presión, al acuífero colector 16 de otro pozo horizontal 13, donde el hidrocarburo empujado hacia fuera por el fluido inyectado es retirado por bombeo. La velocidad del movimiento del fluido depende de la gradiente de presión, la que puede ser ajustada según la velocidad de inyección de fluido y la velocidad de bombeo.

Como se observa en la Fig. 2, en cada etapa de hidrofracturación e inundación con fluido, el fluido inyectado arrastra los hidrocarburos por una trayectoria o a través de una franja del yacimiento de petróleo 12, tal como ocurre p. ej. en el intervalo de producción s_1 , debajo del área 15, entre los acuíferos-fuente y colector 14,16. Después que se ha explotado los hidrocarburos de la franja del yacimiento de petróleo 12 en el intervalo s_1 , la longitud del intervalo de producción s_1 de ambos pozos 11, 13 se taponan.

La continuación del proceso en respectivas etapas fracturas/acuíferos 17/19, 20/22, 23/25, 26/28, ...sirve para explotar hidrocarburos de intervalos de franjas de producción del yacimiento $s_2, s_3, s_4, s_5, \dots$ como se observa en las Figs. 1 y 2. La inyección de fluido barre solamente una franja de producción a la vez, pero la aplicación continuada del proceso en etapas sucesivas alcanza el propósito de barrer secuencialmente el volumen de hidrocarburos que se encuentran debajo de las áreas del yacimiento $15+18+21+24+27\dots$ obteniendo así una elevada eficiencia de barrido ($>90\%$) con inundación con agua, inyección de vapor o con otras formas de tecnología de recuperación de petróleo impulsada por fluido.

Un aspecto importante de la invención es que solamente uno de los intervalos s_1 , s_2 , s_3 , s_4 , s_5 ... se perfora en algún momento a lo largo de las cañerías de los pozos 11, 13 para comprobar la formación de presión y la inundación de fluido. El ancho de la fractura 14, 17, 20, 23, 26, ... determina el espesor de la zona de una formación que contiene petróleo que debe ser tratada. Es posible que el espesor de la zona sea igual o ligeramente menor que el de la formación que contiene petróleo, como se observa en la Fig. 1.

Ejemplo: Recuperación aumentada de petróleo en la región de las Montañas Rocallosas

La región de las Montañas Rocallosas comprende numerosos campos petrolíferos pequeños y medianos. Los yacimientos de petróleo normalmente están intercalados en secuencias de piedra arenisca mesozoica plana y esquisto. La permeabilidad de los depósitos de petróleo puede variar hasta varios cientos de milidarcies. Aproximadamente 25 a 35% de los hidrocarburos de los yacimientos se extrae y produce en pozos verticales durante la recuperación primaria. La recuperación intensiva de petróleo por perforación horizontal puede recuperar más hidrocarburos, pero en la práctica no suele resultar económicamente conveniente. La recuperación intensiva de petróleo (EOR) de acuerdo con esta invención hace que dicha recuperación intensiva por perforación de pozos horizontales sea más económica, aún en tiempos de baja de precios del crudo. Esta misma práctica puede usarse para la recuperación primaria cuando la distribución del yacimiento de petróleo está bien definida.

En el caso de la recuperación intensiva de petróleo en campos petrolíferos de la región de las Montañas Rocallosas, la profundidad, espesor y otras características del yacimiento de una formación que contiene petróleo suelen ser conocidos a partir de los

datos de producción obtenidos durante la fase de recuperación primaria. Para aplicar el proceso de recuperación intensiva de la presente invención, deben llevarse a cabo mediciones de tensión pozo abajo, para determinar la dirección de las tensiones principales máximas y mínimas σ_1 y σ_3 . Si la recuperación intensiva se llevará a cabo en campos petrolíferos abandonados, debe perforarse un nuevo pozo vertical para efectuar la medición de tensión y para obtener otras informaciones.

Después que se ha determinado la orientación del campo de tensión residual, se perforan dos pozos horizontales paralelos, en dirección perpendicular a la dirección de la menor tensión principal, con una separación de 400 metros. Los pozos se perforan a una profundidad que penetre el medio del yacimiento que contiene petróleo que se desea explotar. Los pozos pueden perforarse a una distancia que llegue al límite lateral de la reserva de petróleo o a otra distancia apropiada. Después de colocar la cañería del pozo, se perfora en un intervalo de unas pocas decenas de metros, cerca de la terminación del pozo.

Se bombea fluido hacia el fondo del pozo, al interior de la formación que contiene petróleo y a través de las perforaciones. La presión de poro p_p de la formación se forma alrededor del intervalo perforado y se aumenta para acercarse a la presión litostática p_1 de la formación.

La relación de las dos presiones, designadas normalmente λ_1 , aumenta hacia la unidad. La resistencia de la formación rocosa se debilita según la relación:

$$\sigma_{\text{crítico}} = \sigma_0 + (1-\lambda)p_1$$

Cuando el valor de λ se hace muy grande, la resistencia crítica ($\sigma_{\text{crítico}}$) es tan pequeña que es menor que la diferencia de tensión residual ($\sigma_1 - \sigma_3$) en la corteza terrestre a esa profundidad, en esa región. En ese momento se formará una fractura extensional vertical en una dirección paralela a la orientación del pozo horizontal si el

pozo se perfora a una profundidad de más de 1000 o 1500 metros. El ancho medio de la fractura desde la perforación depende de numerosos factores, tales como la permeabilidad del yacimiento, la velocidad de formación de la presión, etc. El ancho medio es comúnmente de unas pocas decenas de metros. Los ingenieros de producción usarán estudios de simulación antes de la hidrofracturación, a fin de determinar la velocidad de formación de la presión, de manera que el ancho medio de la fractura sea igual, pero no mayor, que el espesor (o la altura) de la formación que contiene petróleo

Después que se ha formado la superficie de la fractura pueden inyectarse agentes de soporte en la fractura, de manera que se cree un acuífero-fuente, que sirva de fuente de fluido a inyectar durante la recuperación intensiva de petróleo (EOR). El mismo proceso de hidrofracturación se repite en el pozo horizontal paralelo, el que deberá ser seleccionado como pozo de producción o extracción. El acuífero artificial creado en ese pozo forma el acuífero colector, que sirve de colector de fluido producido durante la EOR.

Después que se han instalado ambos acuíferos artificiales formados por hidrofracturación, se bombea fluido como agua, vapor o gas inerte dentro del intervalo perforado de la cañería del pozo de inyección. Al mismo tiempo, se bombea fluido fuera del intervalo perforado de la cañería del pozo de producción. Por lo tanto, se establece un gradiente de presión, de manera que el fluido inyectado se desplazará en una dirección perpendicular a la superficie hidrofracturada desde el acuífero-fuente hacia el acuífero colector, como se observa por la dirección de las flechas en la Fig. 2.

Teóricamente, el agua inyectada en el intervalo de producción s_2 , se desplazará en una dirección desde el acuífero-fuente 17 hacia el acuífero colector 19, barriendo el petróleo que se encuentra bajo el área 18 del intervalo s_2 , entre los acuíferos. Las

imperfecciones locales pueden haber producido pérdidas de fluido inyectado hacia la roca del yacimiento bajo el área 15 del intervalo s_1 que ha sido explotado previamente, pero que ahora está llena de agua. Para impedir tal pérdida lateral de fluido inyectado, pueden dejarse sin explotar delgadas franjas 10 del yacimiento de petróleo 12, bajo el área situada entre las áreas 15 y 18 y bajo el área situada entre 18 y 21.

Un campo petrolífero puede ser dividido en diferentes celdas unitarias de explotación, estando ubicada cada celda entre dos pozos horizontales. Usando estas técnicas, la eficiencia de barrido de la EOR es muy elevada.

Explotación de arenas bituminosas

En las Solicitudes Nros. 08/852.327 y 09/042.503, mencionadas más arriba, el petróleo pesado, las arenas bituminosas y los hidratos de gas se extraen de entre dos acuíferos horizontales o de entre un acuífero artificial horizontal y un pozo. Dado que tales depósitos se presentan comúnmente a poca profundidad, la última tensión principal de la corteza terrestre se encuentra en dirección vertical. Las superficies hidrofracturadas a una profundidad de unos pocos cientos de metros se extienden perpendiculares a la última tensión principal. Son, por lo tanto, fracturas horizontales, dentro de las cuales pueden inyectarse agentes de soporte para obtener acuíferos artificiales que se extienden horizontalmente.

Una práctica habitual de la explotación in situ de hidrocarburos a partir de arena es el método denominado de inyección de vapor-gravedad-drenaje (SIGD). Se perfora un par de pozos horizontales, uno sobre el otro. Se inyecta vapor desde el pozo superior, haciendo que el bitúmen del hidrocarburo pierda viscosidad, de manera que los hidrocarburos drenen por gravedad hacia el pozo inferior, desde donde se los extrae. La desventaja de este método es su elevado costo. La temperatura sólo aumenta en la inmediata vecindad del pozo de sondeo para reducir la viscosidad del

bitúmen y el ritmo de producción de hidrocarburo inducido por la inyección pozo-a-pozo es muy lento. Requiere mucho vapor y muchos años para drenar el bitúmen en forma de hidrocarburos entre un par de pozos. El proceso descrito en las Solicitudes mencionadas más arriba se sirve del hecho que una gran cantidad de caudal de fluido puede hacerse fluir verticalmente, atravesando un área de sección transversal muy grande. Cuando todos los otros factores son iguales, el fluido que se desplaza a través de un área de p.ej. 400 m X 400 m (160.000 m²) es mucho mayor que el que atraviesa un área de sección transversal pequeña de un desplazamiento de fluido de un pozo a otro.

La hidrofracturación de petróleo pesado y arenas bituminosas tiene la ventaja de que la permeabilidad del yacimiento es baja, de manera que puede formarse considerable presión de fluido lo que favorece la hidrofracturación. Las desventajas son, sin embargo, la muy escasa magnitud de tensión residual en la corteza terrestre a poca profundidad y la ductilidad de las arenas bituminosas. No es posible una hidrofracturación extensiva.

La presente invención crea por lo menos una y habitualmente dos delgadas zonas permeables horizontales en depósitos de petróleo pesado, arenas bituminosas o de hidratos de gas. Estas delgadas zonas se crean, ya sea por hidrofracturación o inyectando una delgada corriente de vapor para remover los hidrocarburos que están taponando los poros de la roca huesped. Después de crear las zonas permeables, estas sirven como acuíferos artificiales. Entonces puede inyectarse vapor en tales zonas permeables horizontales, lo que las convierte en acuíferos-fuente y lo induce a desplazarse gracias a una gradiente de presión hacia otra zona permeable horizontal que sirve de acuífero colector. La cantidad de hidrocarburos desplazada por unidad de tiempo es mucho mayor que en el método SIGD habitual y el costo de explotación es

mucho menor. En los casos factibles, es posible construir sólo un acuífero artificial, ya sea como acuífero-fuente o acuífero colector y un pozo, ya sea de producción o de inyección, a fin de mayor ahorro de costos.

Ejemplo: Explotación de arenas bituminosas en Alberta

Las arenas bituminosas de Alberta se explotan, ya sea por procesamiento fabril o se hacen menos viscosas por inyección de vapor y se obtienen y extraen por el método SIGD. De acuerdo con la invención, una celda hidrológica con dos acuíferos artificiales horizontales formados para inyección de vapor produce hidrocarburos a partir de arenas bituminosas.

La hidrofracturación puede llevarse a cabo durante el invierno, cuando las arenas bituminosas tienden a ponerse quebradizas y más propensas a la fractura. La última tensión principal a una escasa profundidad de unos pocos cientos de metros o menos es siempre vertical. La fractura extensional formada por la tensión residual dentro de la corteza terrestre a esa profundidad es por lo tanto, siempre horizontal. La hidrofracturación puede no ser efectiva porque la tensión residual en una región puede ser insuficiente para provocar la hidrofracturación de las arenas bituminosas. Otra posibilidad de hacer acuíferos artificiales en arenas bituminosas es aceptar el hecho que la arena bituminosa se convierte en piedra arenisca muy porosa y permeable después de retirar el bitumen de los poros de la piedra arenisca. De allí que de acuerdo con la invención se prefiera una explotación en dos etapas de tales arenas bituminosas, que comprende: (a) la construcción de acuíferos artificiales y (b) la inyección de vapor dentro del acuífero para recuperar hidrocarburos.

Como se muestra esquemáticamente en las Figs. 3 y 4, la primera etapa incluye la construcción de un par de acuíferos artificiales 31, 35, ya sea por hidrofracturación o por remoción de los hidrocarburos de la piedra huésped, de manera de formar una

celda hidrológica. Se seleccionan dos horizontes o planos horizontales como horizontes del acuífero-fuente y del acuífero colector. Se perforan los pozos verticales 33, 34 hasta una profundidad de z-metros, estando dichos pozos separados por x metros. Para los depósitos de arena bituminosas de Alberta, los pozos pueden perforarse hasta una profundidad de una o varias docenas de metros y pueden estar separados por varias docenas de metros. A fin de concentrar energía térmica para remover bitumen de la arena huésped, la perforación de la cañería de un pozo de sondeo para inyección de vapor se limitará a una delgada ranura, de manera que durante la segunda etapa el vapor sea inyectado en un área muy delgada para forzarlo al interior de una zona permeable, es decir, un acuífero artificial 31 para inyección de vapor. —

Se puede usar un par de pozos para formar una celda hidrológica destinada a remover los hidrocarburos de una zona muy delgada por medio de la primera etapa de inyección de vapor entre los pozos. El vapor se inyecta dentro de un intervalo perforado de un pozo de inyección 33 para convertir el bitumen de una zona muy delgada 31 en hidrocarburos menos viscosos que puedan desplazarse al pozo de producción 34, desde donde son bombeados al exterior. Si el bitumen es demasiado viscoso para desplazarse entre las dos celdas, se puede usar inicialmente el mismo pozo para inyección y para producción. Finalmente, todo el bitumen es removido del horizonte o capa situada entre los dos pozos.

Después que el bitumen de la piedra-huésped situada entre los dos pozos ha sido retirado, la piedra arenisca desprovista de su bitumen se convierte en franja porosa y permeable 31. Usando la misma técnica es posible hacer otra franja de arena porosa y permeable en el mismo horizonte 35, entre otro par de pozos verticales de poca profundidad 36, 37.

Para remover el bitumen de entre las dos franjas lineales 31, 35 de arena permeable, se inyecta vapor dentro de una franja lineal 31 de la arena porosa y permeable para dirigir el bitumen, que se ha convertido en hidrocarburos menos viscosos, fuera del área de intervención, al interior de otra franja 35 formada de arena porosa y permeable. El resultado es una delgada capa porosa y permeable 38 entre las dos franjas lineales 31, 35. Esta capa horizontal de arena que ha sido desprovista de su bitumen puede seleccionarse como acuífero-fuente. Usando la misma técnica, se forma otra capa porosa y permeable en otro horizonte 39 y dicho horizonte puede seleccionarse como acuífero colector. De esta manera se ha construido una celda hidrológica con dos acuíferos 38, 39.

La segunda etapa consiste en inyectar vapor dentro de la celda hidrológica para la recuperación de hidrocarburos a partir de arena. Todos los pozos de inyección 33, 34, 36, 37 se perforan hasta el horizonte de inyección más profundo 38. Los pozos de producción 41, 42 se perforan dentro del acuífero colector superior 39. Se inyecta vapor a través del intervalo perforado inferior 31, dentro del acuífero-fuente poroso y permeable 38. El bitumen de la arena bituminosa 40 situado entre el acuífero-fuente y el acuífero colector se hace menos viscoso y es inducido a desplazarse hacia el acuífero colector 39. Los hidrocarburos se bombean hacia el exterior a través de los pozos de producción 41, 42. La cantidad de hidrocarburos que se desplaza a través del área de sección transversal muy grande de la celda hidrológica es grande a pesar del movimiento lineal muy lento de los hidrocarburos desde el acuífero-fuente 38 al acuífero colector 39.

Se ha revelado la mejor forma de realización de la invención que se considera actualmente. Sin embargo, se comprenderá que pueden introducirse diferentes cambios y modificaciones a la misma sin apartarse del espíritu de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema subterráneo para explotación de hidrocarburos de una formación de piedra huésped, CARACTERIZADO PORQUE comprende una celda hidrológica ubicada dentro de dicha formación de piedra huésped, teniendo dicha celda hidrológica por lo menos un acuífero artificial conectado independientemente con la superficie del suelo por pozos de sondeo perforados en dicha formación de piedra huésped.
2. El sistema subterráneo de la cláusula 1, CARACTERIZADO PORQUE dicho acuífero se forma por hidrofracturación alrededor de pozos paralelos perforados horizontalmente en dicha formación de piedra huésped.
3. El sistema subterráneo de la cláusula 1, CARACTERIZADO PORQUE dicho por lo menos un acuífero comprende un acuífero-fuente y un acuífero colector y porque los hidrocarburos se desplazan gracias a una gradiente de presión de inundación de fluido desde el acuífero-fuente al acuífero colector.
4. El sistema subterráneo de la cláusula 3, CARACTERIZADO PORQUE dicha formación de piedra huésped está dividida en una serie de franjas de producción y porque dichas franjas de producción se explotan secuencialmente.
5. El sistema subterráneo de la cláusula 1, CARACTERIZADO PORQUE dicho por lo menos un acuífero tiene gran extensión horizontal, formada por la remoción de hidrocarburos en forma de petróleo pesado, bitumen e hidratos de gas, destapando así los poros de la piedra huésped.
6. El sistema subterráneo de la cláusula 1, CARACTERIZADO PORQUE dicho por lo menos un acuífero se forma entre pozos paralelos perforados en una formación, de manera que dichos pozos tengan una dirección diferente de la horizontal.

7. El sistema subterráneo de la cláusula 1, CARACTERIZADO PORQUE comprende también una fuente de fluido a presión que comunica con uno de dichos pozos de sondeo.

8. Un sistema subterráneo para explotar hidrocarburos de una formación subterránea, CARACTERIZADO PORQUE comprende:

- un primer pozo formado a lo largo de una primera porción de dicha formación y que define una serie de intervalos de producción;
- un segundo pozo formado a lo largo de una segunda porción de dicha formación y que defina una segunda serie de intervalos de producción;
- una serie de franjas de producción que se extienden entre dicho primer intervalo de producción y dicho segundo intervalo de producción de dichos pozos primero y segundo y a través de dicha formación; y
- comprendiendo cada una de dichas franjas de producción un acuífero-fuente formado por hidrofractura alrededor de dicho primer pozo y un acuífero colector formado por hidrofractura alrededor de dicho segundo pozo.

9. El sistema de la cláusula 8, CARACTERIZADO PORQUE dichos pozos primero y segundo comprenden, cada uno, cañerías de pozo perforadas.

10. El sistema de la cláusula 8, CARACTERIZADO PORQUE dichos pozos primero y segundo son sustancialmente paralelos.

11. El sistema de la cláusula 8, CARACTERIZADO PORQUE dichas franjas de producción se extienden sustancialmente horizontales a través de dicha formación.

12. Un método para explotar hidrocarburos de una formación subterránea, CARACTERIZADO PORQUE comprende:

- perforar un primer pozo a lo largo de una primera porción de dicha formación;

- perforar un segundo pozo formado a lo largo de una segunda porción de dicha formación
- formar un primer acuífero artificial alrededor de dicho primer pozo
- formar un segundo acuífero artificial alrededor de dicho segundo pozo;
- inyectar un fluido a presión dentro de dicho primer pozo, a través de dicha formación y hacia dicho segundo pozo, de manera de dirigir dichos hidrocarburos desde dicha formación y al interior de dicho segundo acuífero.

13. El método de la cláusula 12, CARACTERIZADO PORQUE comprende también, formar una serie de franjas de producción a través de dicha formación, entre dichos pozos primero y segundo e inyectar individual y secuencialmente dicho fluido a presión a través de dichas franjas de producción.

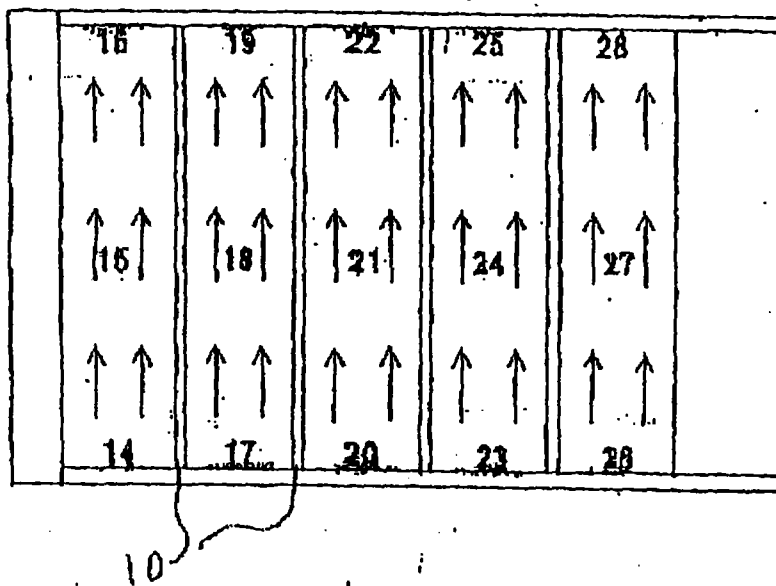
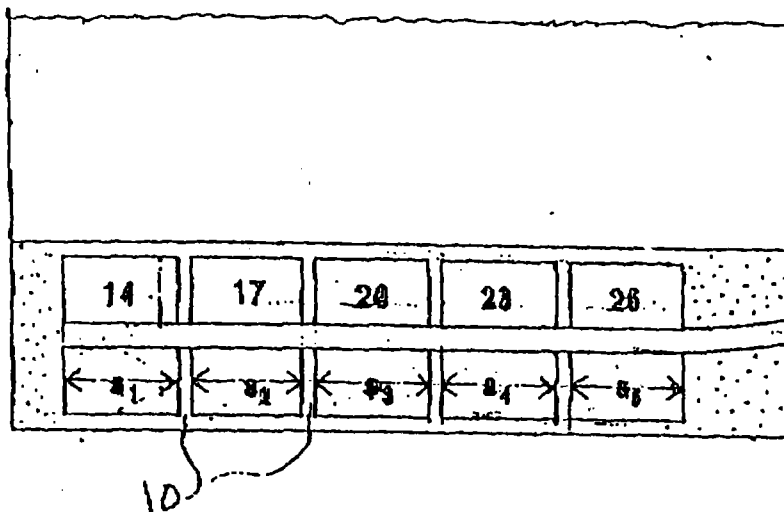
14. El método de la cláusula 12, CARACTERIZADO PORQUE dichos pozos primero y segundo se perforan a lo largo de un plano sustancialmente horizontal y porque dicho método también comprende inyectar dicho fluido a presión a lo largo de dicho plano horizontal.

15. El método de la cláusula 12, CARACTERIZADO PORQUE dicho segundo pozo se extiende encima de dicho primer pozo y porque dicho método también incluye inyectar dicho vapor hacia arriba desde dicho primer pozo, en dirección hacia dicho segundo pozo.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se usan acuíferos artificiales de celdas hidrológicas para recuperar hidrocarburos de formaciones que contienen carbono. Los acuíferos artificiales para una celda hidrológica destinada a la recuperación primaria o intensiva de petróleo se construyen usando una técnica convencional de hidrofracturación para hacer un par de fracturas extensionales verticales atravesando dos pozos de sondeo horizontales, paralelos. Los hidrocarburos se desplazan por acción de una gradiente de presión, desde un acuífero-fuente a un acuífero colector. En otra disposición, los acuíferos artificiales para la explotación de arenas e hidratos de gas se construyen removiendo los hidrocarburos que taponan los poros de la piedra huésped. Los hidrocarburos son inducidos a desplazarse verticalmente atravesando un área de sección transversal muy grande, desde el acuífero-fuente a un acuífero colector.

t

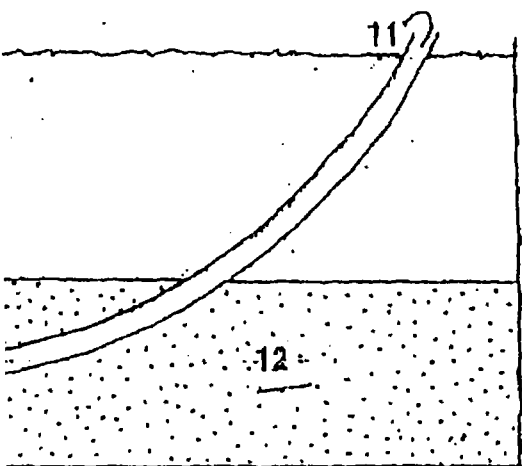


FIGURA 1: Perfil

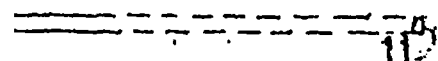
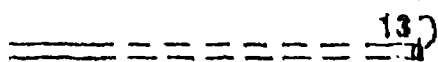
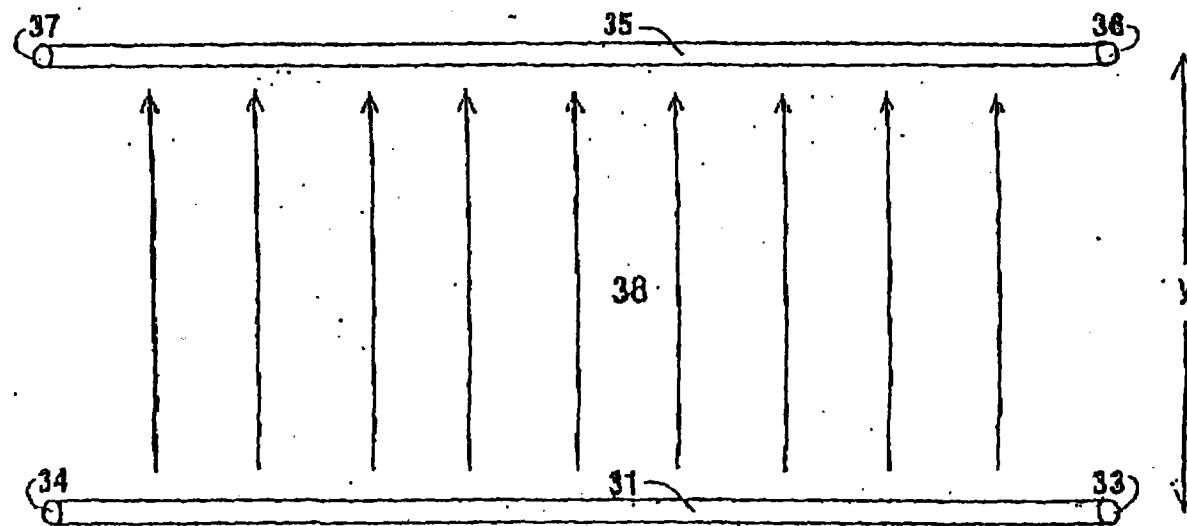
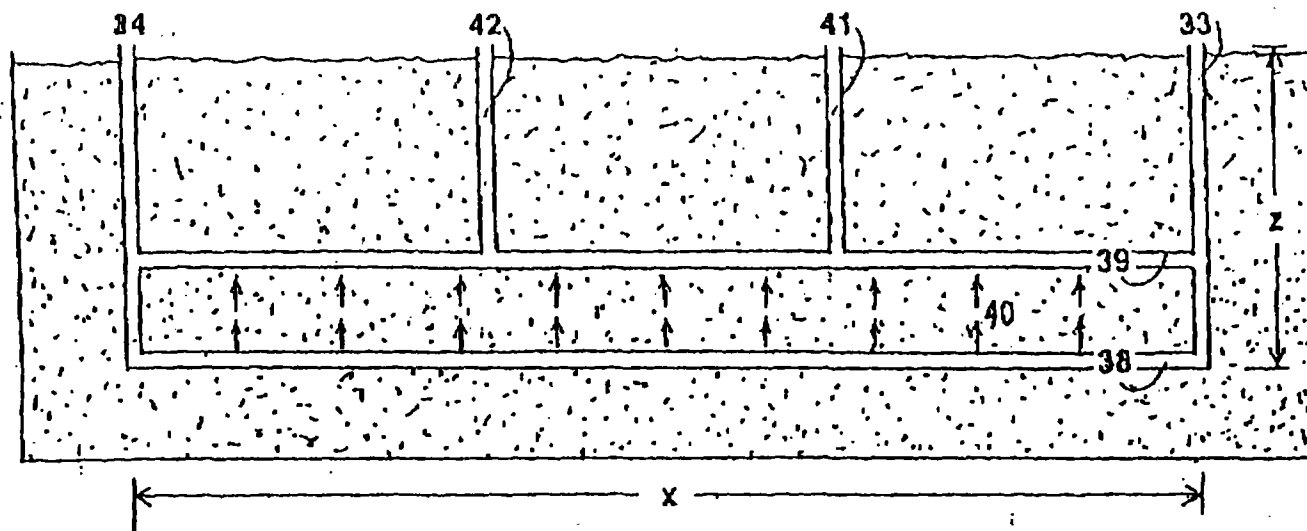


FIGURA 2; Vista desde arriba



EXTRACTO PARA PUBLICACION SOLICITUD DE PATENTE	
DELEGATURA PROPIEDAD INDUSTRIAL	
(21) No. Solicitud	(51) Int. Cl
(22) Fecha de presentación	(71) Solicitante: KENNETH J. HSU
(30) Prioridad NO	(72) Inventor (es) :
(31) No. de solicitud:	1) KENNETH J. HSU
(32) Fecha de presentación:	(74) Apoderado:
(33) País:	DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN
(54) Título:ACUÍFEROS ARTIFICIALES EN CELDAS HIDROLÓGICAS PARA RECUPERACIÓN PRIMARIA E INTENSIVA DE PETRÓLEO, PARA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO PESADO, ARENAS BITUMINOSAS E HIDRATO DE GAS	

(57)

ACUÍFEROS ARTIFICIALES EN CELDAS HIDROLÓGICAS PARA RECUPERACIÓN PRIMARIA E INTENSIVA DE PETRÓLEO, PARA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO PESADO, ARENAS BITUMINOSAS E HIDRATO DE GAS

Se usan acuíferos artificilaes de celdas hidrológicas para recuperar hidrocarburos de formaciones que contienen carbono. Los acuíferos artificiales para una celda hidrológica destinada a la recuperación primaria o intensiva de petróleo se construyen usando una técnica convencional de hidrofracturación para hacer un par de fracturas extensionales verticales atravesando dos pozos de sondeo horizontales, paralelos. Los hidrocarburos se desplazan por acción de una gradiente de presión, desde un acuífero-fuente a un acuífero colector. En otra disposición, los acuíferos artificiales para la explotación de arenas e hidratos de gas se construyen removiendo los hidrocarburos que taponen los poros de la piedra huésped. Los hidrocarburos son inducidos a desplazarse verticalmente atravesando un área de sección transversal muy grande, desde el acuífero-fuente a un acuífero colector.

id: extpa296

25
27

REQUISITOS MÍNIMOS PARA ADMISIÓN/TRÁMITE

Patente de Invención

☐

Modelo de Utilidad

- ☒ Nombre e identificación del solicitante
- ☒ Nombre e identificación del inventor
- ☒ Título o nombre de la invención
- ☒ Descripción
- ☒ Relvindicaciones
- ☒ Resumen
- ☒ Comprobante de pago

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

COMPLETA

INCOMPLETA

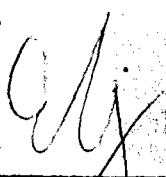
Diseño Industrial

☐

- ☐ Nombre e identificación del solicitante
- ☐ Nombre e identificación del inventor o diseñador
- ☐ Indicación del género de productos para los cuales debe utilizarse
- ☐ Representación gráfica
- ☐ Comprobante de pago

COMPLETA

INCOMPLETA


FIRMA RESPONSABLE.

Fecha _____

**DIVISION DE NUEVAS CREACIONES
PRIMER EXAMEN DE FORMA**

EXPEDIENTE:00-09306

Practicado el examen jurídico de acuerdo con lo establecido en el art. 21 de la Decisión 344 se determinó que esta solicitud de **Patente de Invención**:

SI [] **NO** [x] **NO APLICABLE** [] Presentó los poderes necesarios en forma correcta (Decisión 344, art. 14-a).

SI [] **NO** [x] **NO APLICABLE** [] Acreditó, en forma correcta, la existencia y representación de la persona jurídica solicitante (art. 14-c de la Decisión 344; literal g) del art. 4 del Decreto 117/94).

SI [x] **NO** [] **NO APLICABLE** [] Presentó, en forma correcta, el comprobante de pago por la tasa de presentación (art. 13-f de la Decisión 344 y el Decreto 298 del 17 de febrero de 1999)

SI [] **NO** [x] **EXTEMPORANEAMENTE** [] Reivindicó prioridad, de acuerdo con lo previsto en el art. 12 de la Decisión 344.

SI [] **NO** [] **NO APLICABLE** [x] Indicó fuente normativa de reciprocidad (Decisión 344, art. 12; Decreto 117/94, art. 4 literal f).

SI [] **NO** [] **NO APLICABLE** [x] Contiene la copia de la solicitud de la cual reclama prioridad (art. 14-b Decisión 344).

SI [] **NO** [] **NO APLICABLE** [x] Contiene la traducción oficial de las reivindicaciones de la primera solicitud de patente, avalada por el Ministerio de Relaciones Exteriores (arts. 14-c Decisión 344, 4-e) Decreto 117/94, Circular externa número 004 de 1997).

SI [x] **NO** [] **CUMPLE LOS REQUISITOS JURIDICOS**

OBSERVACIONES Y OTROS:

En consecuencia, se conceptúa que esta solicitud:

SI [] **NO** [x] Se ajusta a los aspectos **FORMALES** indicados en la Decisión 344 y por tanto,

SI [] **NO** [x] Se recomienda **PUBLICAR** el extracto correspondiente.

Santafé de Bogotá, D.C. 14 de febrero del 2000.

EXAMINADOR JURIDICO

DIVISIÓN NUEVAS CREACIONES

Primer EXAMEN DE FORMA2000-03-08
430RADICACIÓN N° 00 9306CONCEPTO TÉCNICO N° 392 CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE PATENTES F210 43/26

Practicado el examen de acuerdo a lo establecido en el Art. 21 de la Decisión 344 se determinó que esta solicitud de **Patente de Invención**:

- SI ☒ NO ☐ Contiene la identificación correcta del inventor (Art.8, Art.13-a).
- SI ☒ NO ☐ Contiene la identificación correcta del solicitante (Artículo 13-a).
- SI ☒ NO ☐ Contiene el resumen con el objeto y finalidad de la invención en forma correcta (Art.13-e).
- SI ☐ NO ☒ Contiene el título o nombre de la invención en forma correcta (Art.13-b).
- SI ☐ NO ☒ Contiene la descripción clara y completa de la invención (Art.13-c).
- SI ☐ NO ☒ Contiene los dibujos correctos (Art.14-c junto con el literal d) del Art. 4 del Dto. 117 del 94).
- SI ☐ NO ☐ Contiene las unidades de medida en el sistema exigido (Art.14-c junto con el Decreto 3464 del 26 de diciembre de 1980).
- SI ☐ NO ☒ Contiene una o más reivindicaciones, en forma correcta, que precisen la materia para la cual se solicita la protección mediante la patente (Art.13-d).
- SI ☒ NO ☐ Contiene el extracto de acuerdo con el literal c) del artículo 4 del Dto. 117 /94.
- SI ☐ NO ☐ Contiene el arte final del dibujo característico de acuerdo con el literal c) del artículo 4 y el artículo 27 del Dto. 117 /94.
- SI ☒ NO ☐ Contiene la tarjeta del Archivo Temático [formato P-104] en forma correcta (Art.14-c junto con el literal b) del artículo 4 del Dto. 117 /94).
- SI ☒ NO ☐ Contiene la tarjeta del Archivo de Propietarios [formato P-105] en forma correcta (Art.14-c junto con el literal b) del artículo 4 del Dto. 117 /94).
- SI ☐ NO ☒ CUMPLE LOS REQUISITOS TÉCNICOS

OBSERVACIONES Y OTROS: SI ☒ NO ☐ ver hoja(s) anexa(s)

Santa Fe de Bogotá, D.C.,

EXAMINADOR TÉCNICO

Código 202017

00 03 03

DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES
PRIMER EXAMEN DE FORMA

CONCEPTO TÉCNICO N° 392

EXPEDIENTE N° 00-9306

IPC: E21B 43/26

Las siguientes son las observaciones que se desprenden del primer examen de forma:

El título no está de acuerdo con lo que se pretende proteger, en otras palabras, deben referirse al sistema subterráneo para la explotación de hidrocarburos y a un método para explotar hidrocarburos de una formación subterránea.

Aclarar la expresión piedra huésped que aparece a lo largo de toda la solicitud

Los dibujos presentados presentan poca nitidez, incluirlos de nuevo con la claridad que amerita el caso.

Todos los documentos que involucren los cambios anteriormente mencionados deben ser incluidos de nuevo (Extracto, tarjeta de propietarios).

Examinador Técnico de Patentes

Código 202017

38
2000-03-
430

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

EXPEDIENTE 00-09306

AUTO 382

DISPONE

ARTICULO PRIMERO: Reconocer personería al doctor XXXXXXXXX como apoderado del solicitante, en los términos y para los efectos del poder conferido.

ARTICULO SEGUNDO: Conforme lo establece el artículo 22 de la Decisión 344 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena, requiérrese al solicitante, para que dentro del plazo de treinta (30) días hábiles siguientes a la fecha de notificación del auto, presente respuesta a las observaciones o complemente los antecedentes señalados en el examen de forma.

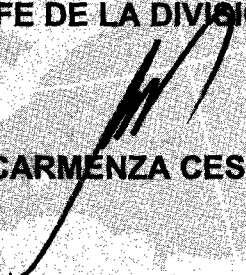
ARTICULO TERCERO: Notificar por estado el presente auto, advirtiéndole que contra el no procede recurso alguno en la vía gubernativa.

NOTIFIQUESE Y CUMPLASE

Dado en Santafé de Bogotá D.C., a los

07 MAR. 2000

EL JEFE DE LA DIVISION DE NUEVAS CREACIONES,


ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL

NOTIFICADO POR ESTADO

Santafé de Bogotá D.C., 09 MAR 2000 notificado por anotación en estado de esta misma fecha.

VENCIMIENTO NOTIFICACION ESTADO

SOLICITO PRORROGA TERMINO SI ____ NO ____

VENCIMIENTO TERMINO PRORROGA