
REINYECCION: UNA HERRAMIENTA EN GEOLOGIA AMBIENTAL

JUAN MANUEL MORENO

Profesor Asistente

Depto de Geociencias-Facultad de Ciencias-Universidad Nacional de Colombia

Moreno, J.M: Reinyección: Una herramienta en Geología Ambiental. Geofis. Colomb. 1:57-64, 1992
ISSN 0121-2974

RESUMEN

La aplicación de técnicas de reinyección para residuos provenientes de las actividades petrolíferas, dentro de estratos confinados en el subsuelo, permitirían dar un mejor manejo ambiental donde quiera que un pozo es perforado y disminuirían las improntas dejadas por el deterioro en el ambiente en los terrenos adecuados para las piscinas almacenadoras, tanto de residuos como de lodos de perforación, generando beneficios tanto económicos como de impacto ambiental.

ABSTRACT

Reinjection technology of wastes derived from oil drilling wells in confined layers into the subsurface will give a better environment management wherever a well is drilling, minimizing the footprint on disturbed areas designed to muds and wastes reserve pits generating environmental and cost benefits.

1. INTRODUCCION

Mediante estudios multidisciplinarios realizados por equipos conformados por diferentes especialistas (geólogos, geofísicos, hidrogeólogos, ingenieros de petróleos, de producción, químicos, computación y otros), es posible la búsqueda y selección de formaciones geológicas aptas para la reinyección de residuos provenientes de las perforaciones petrolíferas con el fin de dar un mejor manejo ambiental a los campos, en las etapas de exploración y explotación y minimizar, tanto los riesgos que generan la disposición de los desechos en las piscinas, como también las huellas dejadas en las áreas aledañas a los pozos luego que la actividad exploratoria ha cesado, produciendo beneficios económicos y de protección ambiental eliminando, al máximo, las piscinas reservorias y disminuyendo así el área utilizada por estas en el habitat durante el desarrollo de un campo petrolífero.

La inyección de fluidos en yacimientos

petrolíferos ha sido utilizada más frecuentemente para el desplazamiento de hidrocarburos y mantenimiento de presión y actúa eficientemente para aumentar el recobro de petróleo. El agua y el gas han sido los fluidos más usados para tales fines. La tecnología de la inyección de agua o gas se ha desarrollado a tal punto que los procesos han sido bien estudiados en el laboratorio, matemáticamente y en el campo y son constantemente mejorados. Los parámetros que determinan la respuesta de los yacimientos petrolíferos a estos procesos han sido bien definidos.

La inyección mediante pozos, de líquidos residuales como salmueras, aguas residuales industriales y líquidos radiactivos, se realiza día a día con más precisión, cuando se dispone de horizontes profundos en formaciones geológicas con características sedimentológicas, estructurales, hidrogeológicas e hidrogeoquímicas adecuadas, resultando así un sistema de evacuación económica en determinados casos, ya que existen problemas

de seguridad en especial cuando se han inyectado productos tóxicos o radioactivos. Los desechos de perforación, lodos y fragmentos de roca se generan donde quiera que un pozo petrolero para aceite o gas es perforado.

Tradicionalmente estos residuos son ubicados en el fondo de los mares, cuando la exploración se realiza costa afuera, o cuando se desarrollan en superficie, en las conocidas piscinas de reserva junto a las plataformas de perforación; estas piscinas presentan generalmente tres principales desventajas:

- 1) ocupan una gran cantidad de espacio;
- 2) permanente mantenimiento de las piscinas, y de los fluidos que en ellas reposan, y un constante monitoreo para prevenir la contaminación por metales, sales y otros contaminantes y,
- 3) la toma de decisiones adecuadas cuando eventual o definitivamente es necesario cerrar las piscinas reservorias y la ubicación de los residuos de una manera sana ambientalmente y a un alto costo para las industrias.

Reducir y manejar apropiadamente los desechos derivados de las perforaciones petrolíferas ha sido una meta importante para la industria petrolera y en la actualidad B. P. Exploration (Alaska) ha desarrollado, principalmente en tierras permanentemente heladas (Permafrost), innovados métodos tanto en la producción de hidrocarburos, manejo de lodos y de los residuos, con el fin de dar una acertada respuesta a las regulaciones ambientales de ley en los sitios donde se desarrollan sus campos. Dichas innovaciones incluyen investigaciones en métodos para minimizar sus residuos y mejorar su manejo, implementando nuevas técnicas para eliminar el tradicional uso de piscinas para la ubicación de los residuos.

La nueva tecnología desarrollada representa el más significativo cambio en el manejo de los residuos de perforación, desde el comienzo de un estudio de exploración hasta la explotación y desarrollo de un campo (B.P. Exploration, 1991). Esta tecnología básicamente consta de dos etapas: la primera de separación, selección, lavado y molienda de los fragmentos y residuos de rocas provenientes de la perforación, de tal manera que parte de ellos puedan ser utilizados como fuentes de material para relleno u obras civiles y evitar la alteración de zonas cercanas al campo; en la segunda etapa los residuos líquidos de esta primera fase de selección son mezclados, junto con los demás desechos de lodos y otras sustancias, para ser reinyectados en el subsuelo en formaciones geológicas que actúen como acuíferos confinados adecuados y no utilizables para la obtención de agua de consumo y que permitan el almacenamiento de grandes volúmenes de líquidos residuales durante mucho tiempo.

2. INYECCION DE FLUIDOS PARA RECUBRO

Los yacimientos petrolíferos contienen mezclas de petróleo, gas y agua sometidos a presión.

Las fuerzas de empuje para mover el petróleo las suministran el agua connata (de formación) y el gas en solución como consecuencia de su expansión, producto de la reducción de presión. La producción de petróleo produce una reducción de la presión en los yacimientos a menos que sean reemplazados por agua o gas en aquellos que posean acuíferos lo suficientemente activos y grandes. Cuando la presión ha declinado y la tasa de producción no es económica, la inyección de fluidos ha sido utilizada como un método convencional de recobro para aumentar la producción de petróleo en un yacimiento.

Los procesos de recobro pueden subdividirse en métodos convencionales y métodos no convencionales. Entre los primeros (recuperación secundaria), se incluyen aquellos que se consideran técnica y económicamente probados como son la inyección de agua, gas (no miscible) e inyección de vapor cíclico. Los métodos de recobro no convencionales (recuperación terciaria) o de alta tecnología incluyen los procesos de recobro adicional que no son tan económicos para la recuperación del petróleo y dentro de los cuales se pueden mencionar la inyección continua de vapor, combustión "in situ", inyección de CO₂, miscible, surfactantes-polímeros, soluciones de polímeros e inyección de hidrocarburos miscibles y calentamiento eléctrico (Uribarri, 1979; Ferrer, 1979; Ferrer & Becerra, 1979).

Varios proyectos piloto y algunos en gran escala usando técnicas no convencionales, se efectúan en el mundo, permitiendo así recuperar gran parte del petróleo remanente.

3. INYECCION DE LIQUIDOS RESIDUALES

La inyección en niveles profundos del subsuelo de líquidos residuales como salmueras, aguas residuales industriales y líquidos radioactivos es un tema que han tratado ampliamente Custodio & Díaz (1976) y otros autores, donde incluyen gran parte de las características mínimas que debe poseer un acuífero que pueda ser utilizado como depósito de residuos durante largo tiempo, así como una sucinta reseña histórica de los primeros ensayos de inyección profunda de salmueras residuales.

Poco después de 1930 se inicia la inyección de salmueras de la minera del petróleo en Texas (USA). Solo después de 1950 se inició la inyección profunda de residuales de la industria química y nuclear en los Estados Unidos. En otras partes del mundo se realizan también, pero el éxito de muchos proyectos de inyección profunda radica en utilizar un medio karstico o muy fisurado y medios porosos y permeables para que la colmatación por sólidos en suspensión, coloides o precipitados sea lenta (Custodio & Díaz, 1976). La utilización de medios poco permeables o afectados tectónicamente, lleva a resultados frecuentemente poco satisfactorios.

4. RESIDUOS DE PERFORACIONES PETROLERAS

La exploración para la producción de aceite y gas es una operación industrial que inevitablemente genera desechos y mientras que los países donde se desarrollan trabajos de explotación poseen sus propias regulaciones ambientales, las industrias aseguran un propio manejo de los desechos de perforación.

Es importante recordar que la gran mayoría de los desechos son simplemente no peligrosos. Los lodos de perforación, fragmentos de roca y el agua de producción son sustancias naturales, con la adición de pequeñas cantidades de aditivos químicos (Fig.1).

Dentro de los principales residuos de perforación se pueden mencionar, los siguientes:

1) Lodos de perforación

En la perforación a rotación juegan un papel importante los lodos que son fluidos de mezclas de arcilla cuya composición predominante son los filosilicatos, bentonita, barita, y otras sustancias naturales usadas para cumplir con los siguientes objetivos: transportar los fragmentos de roca a la superficie, lubricar y refrigerar la broca de perforación, controlar las extremadamente altas presiones que se encuentran cuando un pozo de petróleo o gas es perforado miles de pies bajo la superficie terrestre y mantener las paredes del pozo; sin lodos de perforación sería imposible perforar de una manera segura. La Barita en forma natural, como sulfato de Bario, se usa como un agente de peso para aumentar la densidad de los lodos y ayudar a controlar la presión de los fluidos ejercida por las formaciones con gas o aceite. Otro aspecto destacable en los lodos de perforación es la viscosidad, ya que esta es importante para la capacidad de arrastre de los detritos de roca dentro del lodo. Además de estos, deben tenerse en cuenta el pH, y el contenido de arenas. Otras sustancias usadas en los lodos de perforación incluyen polímeros idénticos a los usados para aumentar la densidad de otras sustancias. Los Ligno-sulfonatos, derivados de cortezas de árboles, son usados en los sistemas de lodos como adelgazantes.

En el pasado, cantidades traza de cromo fueron usadas en lodos ligno-sulfonatados pero han sido eliminados a medida que la industria ha llegado a estar segura de su potencial toxicidad. Otros aditivos en los lodos incluyen soda cáustica (Hidróxido de Sodio) para controlar el pH de los lodos y también es controlado el crecimiento bacteriano. Otros lodos son preparados con base en hidrocarburos, con el fin de mantener estables las presiones del pozo. Durante la perforación de intervalos productores de aceite, cantidades trazas de hidrocarburos también entran en el sistema de lodos; sin embargo, las cantidades de estos son menores a causa de las presiones positivas ejercidas por los lodos para eliminar la producción de hidrocarburos durante la perforación.

2) Fragmentos de perforación

Son simplemente los fragmentos de suelos y

roca que son removidos a medida que la broca penetra en los estratos generando el orificio que llegara a ser el pozo productor. Generalmente los pozos perforados comienzan con diámetros mayores a las diez pulgadas y se reduce a medida que se llega a las formaciones potencialmente productoras. Durante el desarrollo de esta fase pueden ser encontrados materiales de todo tipo de granulometrías y litologías lo cual va a influir en el volumen de fragmentos gruesos, extraídos durante la perforación.

3) Agua de producción

Emerge asociada con el aceite y debe ser separada antes de que este sea enviado a través de los oleoductos a los centros de refinación. Esta separación ocurre en estaciones y centros de flujos donde se separa con fines de ser reinyectada dentro de los reservorios en los procesos que ayudan a obtener recobros adicionales de petróleo.

En los acuíferos confinados pueden existir aguas características químicas y la presencia de materiales sólidos disueltos no permiten su utilización como agua potable, y puede entonces usarse este acuífero como horizonte almacenador de residuos, siempre y cuando cumpla con los normas establecidas.

Otros desechos asociados incluyen cualquier otro componente que emerja asociado con el aceite o gas de producción y dentro de los cuales podemos mencionar: Suelos contaminados, fragmentos de la tubería de recubrimiento, esquirlas metálicas de los tanques y unidades de tratamiento de los desechos, aguas contaminadas provenientes de los tanques almacenadores y camiones cisternas asociados con desechos varios y, ocasionalmente materiales radiactivos que ocurren naturalmente durante las actividades de perforación.

Grandes cambios han ocurrido a nivel mundial en el manejo de los residuos asociados a la actividad petrolera desde que las leyes reguladoras para el manejo de los desechos sólidos, han entrado en vigencia como para el caso específico del estado de Alaska, donde esta siendo implementada la tecnología de reinyección mitigando así el impacto generado por las perforaciones (B.P Exploration, 1991).

Generalmente los desechos asociados son tratados de dos maneras: los líquidos son inyectados en acuíferos apropiados a través de pozos de inyección y los materiales sólidos, previamente lavados y descontaminados, son reubicados en la superficie como material de rellenos. En la actualidad, la ubicación de los lodos y fragmentos de roca en las piscinas ha permitido la disposición de algunos de sus componentes relativamente benignos en el ambiente. Si las piscinas no fueran manejadas apropiadamente el volumen de lodos y fragmentos podrían sobrepasar cerca de los diez mil barriles por pozo, razón por la cual desde que se desarrollan campos con cientos de pozos en producción, exploración y planeación, el manejo de los sistemas de lodo y residuos es realmente importante.

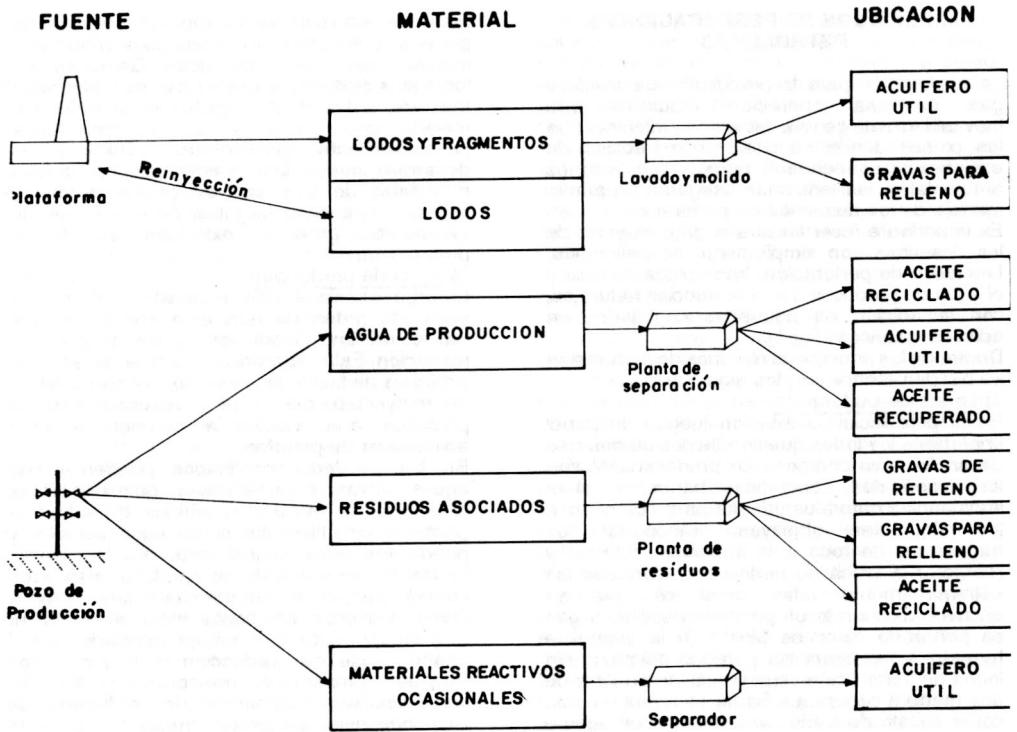


Figura 1. Principales fuentes, tipo de residuos y su destinación; se destacan los acuíferos útiles para reinyección. (Modificado de B.P. Exploration, 1991)

5. SISTEMA DE LADOS PARA LA REINYECCION

Asociado a la plataforma de perforación se encuentra instalado el sistema de lodos usado en la perforación para los fines anteriormente establecidos (Fig.2).

Dentro de este sistema de lodos se encuentran centrifugas, desarenadores, mesas vibratorias (rumbas), las cuales permiten realizar una primera separación de los fragmentos sólidos tipo grava y arenas, para que los lodos sean reciclados y reutilizarlos cientos de veces mientras el pozo es perforado, siempre y cuando se conserven todas sus características físicas adecuadas a la perforación. Esta fracción fluida continúa su proceso y parte de él, asociado con las aguas de producción y demás componentes químicos pueden ser utilizados como lodos para la reinyección dentro de acuíferos confinados (Fig.2).

6. TECNICA PARA LA REINYECCION DE RESIDUOS

En general, los pozos en producción incluyen gas, agua y aceites los cuales son enviados vía oleoductos hacia las baterías donde son separados. El crudo es entonces enviado desde las estaciones de bombeo hacia los centros de

refinación, transportados por grandes distancias a través de los poliductos. El gas removido del petróleo es enviado por gasoductos o inyectado en el reservorio para labores de recuperación secundaria. Una gran parte del agua de formación es inyectada también para el recobro secundario y el resto se utilizara en las labores de reinyección de residuos.

Realmente los lodos de perforación y sólidos removidos provenientes de ellos en el proceso de reciclaje, deben ser ubicados en algún lugar y tradicionalmente son dispuestos en piscinas construidas para tal fin con paredes levantadas con gravas y recubiertas generalmente con geotextiles. Sin embargo, se presentan problemas con fugas que requieren un adecuado tratamiento ambiental, que incluyen obras y monitoreo constante de acuerdo a las leyes reguladoras de control ambiental.

Las técnicas convencionales contemplan el relleno de las piscinas utilizadas durante el proceso de perforación, las cuales serán cubiertas con suelos y revegetación nativa. Un constante monitoreo de estas áreas permite asegurar que los desechos se encuentran seguramente encapsulados y que no se presentarán contaminaciones posteriores.

La nueva tecnología desarrollada recientemente incluye la implementación de sofisticados sistemas de pulverización, lavado y molienda.

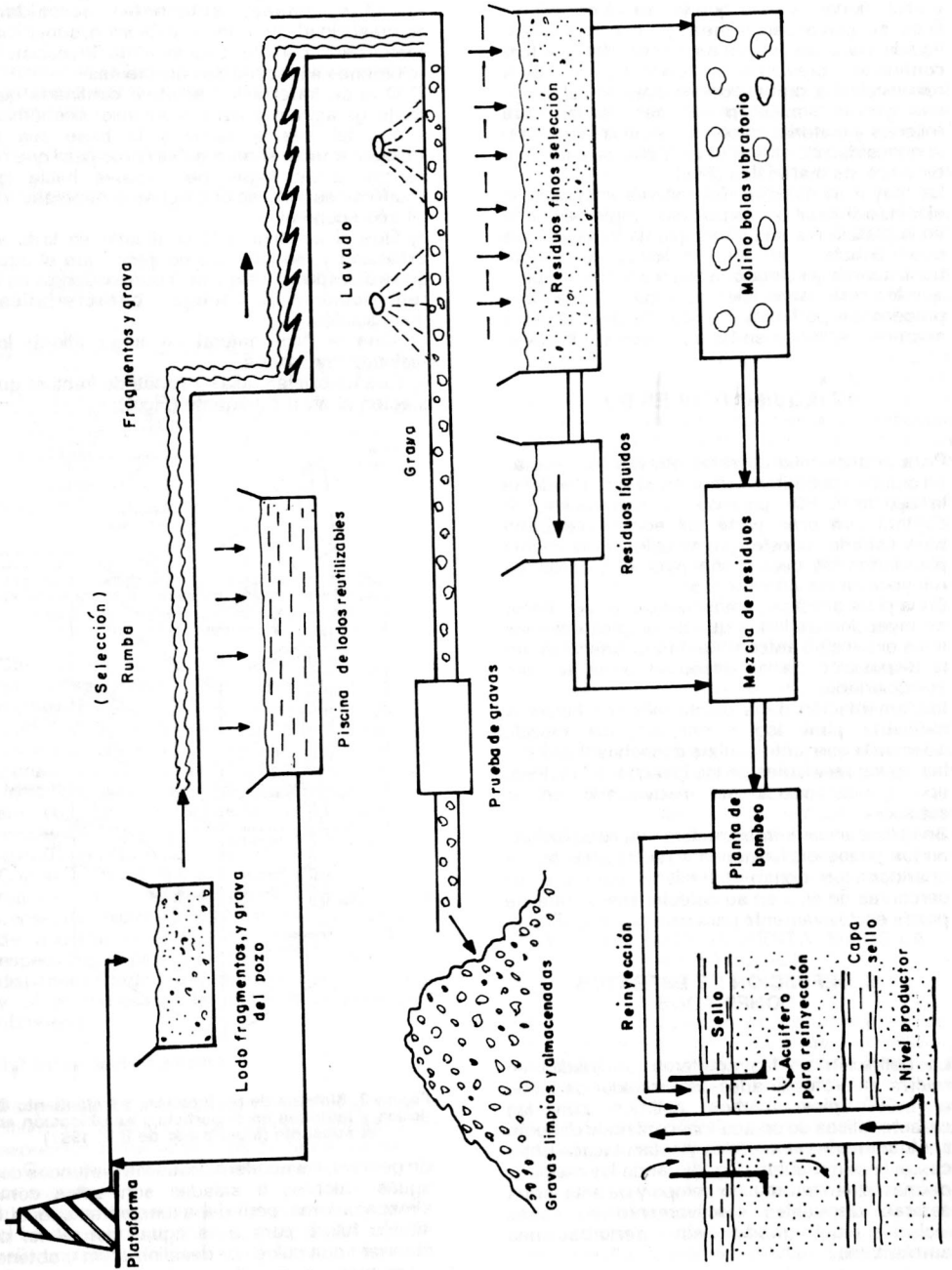


Figura 2. Sistema de separación de lodos, gravas y residuos. Los residuos son mezclados para su ubicación en el acuífero, por reinyección (B.P.1991)

Se realizara entonces la remoción del contenido sólido de las piscinas para ser lavados, molidos y seleccionados para que los residuos sólidos finos se pulverizen y mezclen con la fracción líquida para ser ubicados dentro del acuífero confinado previamente seleccionado para reinyección a profundidades bajo el subsuelo. Las gravas limpias puede ser usadas para rellenos y material de construcción limitando así la necesidad de alterar otras áreas para obtener este tipo de materiales (Fig.2).

La mayor innovación del sistema implicaría la eliminación total de las piscinas, implementando en la plataforma una nueva planta transportable que consta de los molinos, lavadoras, tamizadores y seleccionadoras adecuadas para que los residuos sólidos se separen durante el proceso de perforación y los residuos líquidos sean reinyectados en los acuíferos confinados.

7. EQUIPO REQUERIDO

Para el desarrollo de estas nuevas tecnologías en campos petrolíferos donde sea recomendable la aplicación del proceso de reinyección, se contará con gran parte del equipo necesario para hacerlo, puesto que se utilizaría la misma plataforma de perforación para el proceso de reinyección de los residuos.

En la plataforma podemos mencionar el sistema de inyección de lodos que se emplean con los fines expuestos anteriormente y que servirá para la disposición de los desechos en el acuífero seleccionado.

Implementación de la planta móvil de lavado y molienda para lograr obtener una mezcla adecuada que junto con los desechos líquidos y las aguas residuales de los lavados del material tipo grava, pueda ser reinyectado en el subsuelo.

Se utilizaran las infraestructuras ya establecidas en los pozos exploratorios o reutilizando pozos abandonados dentro del mismo campo o en cercanías de el, o en su defecto diseñar nuevos pozos exclusivamente para este proceso (Fig.3).

8. DEFINICION DE ESTRATOS CONFINADOS

La definición de los acuíferos confinados se realiza en profundidades de alrededor de 3.000 a 5.000 pies. Dichos estratos con las características de un acuífero confinado deberán ser totalmente permeables y estar ubicado entre capas impermeables (Fig.3), donde los residuos permanezcan por mucho tiempo y de esta forma estarán dispuestos efectivamente en zonas aisladas del medio sin perturbaciones ambientales.

8.1 Aspectos Geológicos e Hidrológicos

En un campo que se desee realizar reinyección profunda de residuos se definirá, de acuerdo a

Custodio & Díaz (1976), un nivel que debe cumplir con las siguientes características:

- 1) Que posea suficiente porosidad, permeabilidad, espesor y extensión superficial como para permitir caudales de inyección y volúmenes almacenables suficientes.
- 2) Que se trate de un acuífero confinado que contenga agua o minerales sin valor económico y sea tal que el techo y la base sea lo suficientemente impermeable como para que no se produzcan fugas perjudiciales hacia los acuíferos superiores con aguas o minerales de interés económico.
- 3) Que el acuífero este confinado en toda su extensión y, en caso de no serlo, que el agua que se desplace y expulse a consecuencia de la reinyección no tenga características perjudiciales.
- 4) Que el flujo natural no haga aflorar los residuos inyectados.
- 5) Que no existan fallas y zonas de fractura que afecten al nivel confinante (Fig.4).

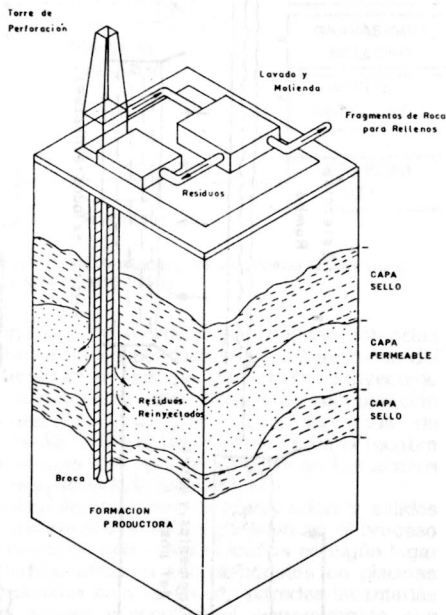


Figura 3. Sistema de perforación, y tratamiento de lodos y residuos en superficie y su ubicación en el subsuelo (Modificado de B.P. 1991)

En general, los acuíferos cautivos profundos con aguas salobres o saladas son aptos como almacenadores, pero debe tenerse en cuenta el interés futuro para esas aguas con el fin de obtener agua dulce por desalinización u obtener iones menores químicamente.

Un nivel poroso no es necesariamente apto para reinyección, pues puede tener permeabilidad demasiado baja o incluso nula para efectos prácticos, de tal manera que se debe siempre tener en cuenta la porosidad eficaz.

El almacenamiento de residuos puede ser real por alguno o por una combinación de los tres siguientes mecanismos:

- 1) Desplazamiento del agua existente, haciéndola aflorar en algún lugar, siendo el almacenamiento función del volumen y de la porosidad.
- 2) Compresión del fluido existente.
- 3) Expansión del acuífero por aumento de

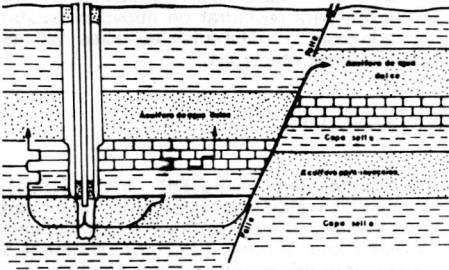


Figura 4. Riesgos de contaminación de acuíferos de agua dulce a través de fallas o fracturas en las capas sellantes del acuífero para reinyección (Modificado de Custodio & Diaz, 1976)

Otros parámetros de importancia y que son tema de investigación por parte del equipo multidisciplinario, corresponden a los aspectos químicos de los residuos, extensión superficial del líquido inyectado, el caudal de inyección e incremento de presión, presión máxima de inyección, exploración de acuíferos profundos, sondeos de reconocimiento y por último la instalación del pozo de inyección o la adecuación del pozo existente.

Con el fin de definir los estratos óptimos para realizar la inyección de los residuos es necesario desarrollar una metodología adecuada de acuerdo a cada área específica de los especialistas participantes en la definición, y disponer de toda la información correspondiente y, si es necesario, tener las facilidades para obtenerla.

8.2 Información básica

Para desarrollar el trabajo multidisciplinario y definir los estratos confinados de acuerdo a las especificaciones anteriores se requerirá de:

- a) Geología en detalle, tanto del subsuelo como de superficie.
- b) Análisis de geología estructural del campo.
- c) Líneas sísmicas del área seleccionada para la reinyección, tanto en dos (2D) como en tres (3D) dimensiones.
- d) Perfiles de pozo existentes del campo en estudio.
- e) Mapas geológicos, y de contornos para los diferentes horizontes posibles de utilizar como almacenadores.

- f) Datos químicos de los lodos y residuos.
- g) Toda la información requerida en la parte ingenieril del proceso.

8.3 Análisis

Con la información básica disponible, el equipo de investigadores procederá de acuerdo a cada tópic, a analizar las posibilidades de aplicar el proceso. Desde el punto de vista geológico y geofísico se realizará la interpretación de las líneas sísmicas, con el fin de definir los estratos confinados con las características correspondientes a partir de la definición de horizontes de reflexión y con la ayuda de los perfiles de pozo evaluar las formaciones seleccionadas desde el punto de vista de litología, porosidad, permeabilidad, resistividad, agua de formación, contenido de fluidos etc.

El uso de la sísmica tridimensional hace parte integral del método para la producción de imágenes del subsuelo ya que permite, en casos favorables, la obtención de información detallada de la litología, porosidad, fluidos y estructuras que benefician notablemente la definición de acuíferos para reinyección.

Es de vital importancia realizar el respectivo análisis estructural para la detección de estructuras, posibles fallas y fracturas tanto superficial como en el subsuelo, que permitieran la salida de los residuos tanto en superficie, o como para que sirvan de vía de comunicación con acuíferos útiles y se produzcan entonces contaminaciones no deseadas (Fig.4).

Deben realizarse las respectivas correlaciones, entre las informaciones de los diferentes pozos y la sísmica, con el fin de definir tridimensionalmente la geometría de los horizontes seleccionados tanto horizontalmente (área) como verticalmente (espesores), para ubicar la capacidad almacenadora.

El uso de modernos y sofisticados modelos computarizados en todas las disciplinas involucradas, complementan la tecnología para llevar a cabo un buen manejo de los residuos.

9. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA REINYECCION

El reciclaje y reinyección de los lodos y residuos de perforación en acuíferos confinados representa un significativo beneficio ambiental para las áreas donde se desarrollan campos petrolíferos. Dentro de estos se podrían señalar en orden de prioridades, que no habría contacto entre los residuos y el ambiente durante la generación, manejo o ubicación. En segundo lugar el tamaño areal utilizado por la plataforma de exploración puede ser reducido grandemente si las piscinas reservorios no son tan grandes y como resultado, menor cantidad del ecosistema será alterado por su construcción y por la ubicación de los residuos.

La reducción del número y tamaño de las piscinas reduce el área natural afectada por rellenos de gravas o explanaciones, tanto para

la ubicación de la plataforma, como en las vías de acceso y en construcción de poliductos para el transporte de los hidrocarburos. Avances en el desarrollo de plataformas más sofisticadas y que dispondrían de menor área para su instalación, también contribuye a disminuir las huellas dejadas por la actividad exploratoria.

10. BENEFICIOS ECONOMICOS

Los costos en la construcción, mantenimiento y sellamiento de las piscinas reservorias son significativamente más altos que el costo por la implementación de la planta móvil con separadores, lavadoras y molinos para los residuos, con el fin de realizar la reinyección de los residuos al mismo tiempo que se realiza la perforación (B.P. Exploration, 1991).

11. CONCLUSIONES

En un proceso de reinyección de residuos fluidos de perforación, el conocimiento de la roca del yacimiento, de los acuíferos confinados y de los fluidos que contienen, es un aspecto fundamental para su planificación, desarrollo y control. Los estudios de geólogos, geofísicos, hidrogeólogos e ingenieros de yacimientos, químicos, de computación y otros son básicos para determinar ubicación, formas, propiedades, y continuidad de las rocas en los yacimientos y en los acuíferos confinados, así como las propiedades y distribución de los fluidos contenidos en ellos.

Todos los métodos de recobro que emplean técnicas de inyección de fluidos en campos petrolíferos se aplican a las formaciones geológicas productoras, mientras que la reinyección de los residuos de perforación se realiza en formaciones acuíferas confinadas, diferentes al nivel productor y a menores profundidades, teniendo en cuenta las características óptimas necesarias para realizarlo.

Estas nuevas tecnologías, en el manejo de los residuos de perforación, puede ser aplicada en muchas partes del mundo donde la limitación para la ubicación de los residuos, tanto en superficie como costa afuera, son necesarios para proteger el medio ambiente.

Cuando la producción de residuos sólidos predomina dentro de fragmentos tamaño gravas, estos pueden ser utilizados para obras como rellenos, base para carreteras y otras plataformas dentro del mismo campo y demás obras civiles que puedan utilizar este tipo de materiales; además, la reducción en el número de piscinas y el diseño de plataformas más adecuadas, hace que las cantidades de material usado como base para las obras civiles, el cual muchas veces es llevado desde grandes distancias, sean menores.

La puesta en práctica de las técnicas de reinyección reduce notablemente el área alterada que debe ser rehabilitada con vegetación, para restaurar de nuevo el hábitat adecuado para las diferentes especies nativas de las regiones afectadas.

REFERENCIAS

- B.P. Exploration (Alaska) Inc.** (1991): Innovative waste management in the oil and gas industry. B.P. Exploration's Drill Cuttings Washer and Grinder. 12 pp. Environment & Regulatory Affairs. Anchorage, Alaska.
- Custodio, E., & M. Díaz.** (1976): Calidad del agua subterránea. En Custodio & Llamas: Hidrología Subterránea. 1ª Ed., Tomo II. Ediciones Omega, Barcelona.
- Ferrer, G. J.** (1978): Potencial de los métodos no convencionales para el recobro de petróleo. Revista AGEMPET 10:39-54. Medellín.
- Ferrer, G. J. & M. Becerra.** (1979): Estado actual de la recuperación térmica en Venezuela. Revista Petróleo y Tecnología, III (6):17-27. Maracaibo, Venezuela.
- Rojas, G. & O. Mirth.** (1979): Reseña de investigaciones sobre recobro. Revista Petróleo y Tecnología, III (3):16-20. Maracaibo, Venezuela.
- Urribarrí, O.** (1979): Análisis de las caídas de presión y pérdidas de calor en los pozos inyectoros de vapor del Proyecto M-6. Revista Petróleo y Tecnología, III (6):7-14. Maracaibo, Venezuela.