

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Tecnología de re-inyección de ripios, aplicación en el Campo
Sacha operado por Petroecuador ”

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO EN PETRÓLEO

Presentado por:

Pedro Miguel Astudillo Salazar.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2008

RESUMEN

Para comenzar esta exposición de la tesis comenzamos con la presentación de la nueva tecnología que no se conoce ni se ha implementado nunca en el Ecuador.

En el primer capítulo de esta tesis presenta el marco teórico conceptos básicos que se deben tener presente, en que consiste este método, opciones para la utilización de esta tecnología y factores que se deben tener en cuenta para una re-inyección exitosa, incluyendo las condiciones geológicas favorables para poder ser aplicada. Se trata también sobre fracturamiento ya que si no hay fracturas naturales se realiza un fracturamiento inducido para poder inyectar mas volumen a las zonas receptoras.

En el segundo capítulo se realiza una descripción de la tecnología de re-inyección de rios, equipo a utilizar, y un estudio detallado de la aplicación de esta tecnología en México, sobre el manejo de volúmenes e inyección, usando graficas que muestran detalladamente el proceso y las completaciones utilizadas para la inyección.

En el tercer capítulo se presenta una explicación detallada de la tecnología que se utiliza en el Ecuador y una descripción minuciosa de todas sus partes, también se expone el estudio de la geología regional para determinar si es posible o no aplicar la tecnología en la Cuenca Oriente y la utilización de mapas litológicos de los pozos tomados como referencia en el campo Sacha que son pozos re inyectores y su ubicación geográfica exacta dentro del campo.

En el cuarto capítulo se hace referencia al análisis costo beneficio en donde se hace una comparación ambiental de costos y la comparación entre las dos tecnologías la usada actualmente y la tecnología de re-inyección de recortes con esto se trata de establecer de manera porcentual la factibilidad de esta tecnología.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. MARCO TEORICO	
1.1. Conceptos básicos.....	5
1.2. Recortes de perforación.....	7
1.3. Método de re-inyección.....	9
1.4. Condiciones geológicas favorables para la aplicación del método de re-inyección de recortes.....	10
1.5. Importancia de la re-inyección de recortes.....	11
1.6. Opciones para la aplicación del método de re-inyección.....	13
1.7. Factores a considerar para una re-inyección exitosa.....	15
1.8. Fracturas.....	19

CAPITULO 2

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODO DE RE-INYECCIÓN Y SU APLICACIÓN.

2.1. Descripción del método de re-inyección.....	22
2.1.1. El sistema de transporte de recortes.....	23
2.1.2. El sistema de conversión a lechada.....	26
2.1.3. El paquete de re-inyección.....	27
2.2. Aplicación de la metodología en otros países.....	29
2.2.1. El proceso de inyección.....	32
2.2.2. Operación en la zona de Campeche.....	34
2.3 Historial de la perforación de pozos.....	38
2.4. Lechada de inyección.....	40
2.4.1. Volúmenes de lechada e inyección.....	42
2.5. Simulaciones de fracturamiento.....	44

CAPITULO 3

3. APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN LOS CAMPOS OPERADOS POR PETROPRODUCCIÓN.

3.1. Que se aplica en el Ecuador actualmente (equipo de control de sólidos).....	48
--	----

3.1.1. Zarandas.....	50
3.1.2. Trampa de Arena.....	50
3.1.3. Acondicionador de Lodos.....	51
3.1.4. Centrífugas.....	53
3.1.4.1. Centrífugas VS 1850 y HS3400.....	54
3.1.5. Dewatering del Sistema Activo.....	55
3.1.6. Dewatering de Lodos de Tanques de Almacenamiento.....	57
3.1.7. Método de Celdas.....	58
3.2. Identificación de las zonas geológicamente aptas para usar el método.....	61
3.2.1. Formaciones en las cuales se puede realizar la re-inyección.....	62
3.2.2. Columnas litológicas.	66
3.2.3. Ubicación geográfica dentro del bloque de Petroproducción.....	71

CAPÍTULO 4

4. COSTO BENEFICIO.

4.1. Introducción al Análisis Económico.....	72
4.2. Comparación de costos con la tecnología que se utiliza actualmente en el ecuador y la tecnología de re-inyección.....	74
4.3 análisis ambiental del uso de la tecnología usada	

actualmente y la tecnología de re-inyección.....	76
4.4. Análisis costo beneficio.....	93
4.5. Ventajas y desventajas de la tecnología.....	96
4.6. Reglamentación ambiental.....	98
CONCLUSIONES Y RECOMENMDACIONES.....	104
ANEXOS.....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	114
GLOSARIO.....	116

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1. Espacio poroso entre las rocas.....	5
FIGURA 1.2. Experimento de Darcy imagen de wikipedia.....	6
FIGURA 1.3. Equipo de re-inyección de recortes imagen cortesía . de MI-SWACO.....	10
FIGURA 1.4. Opciones para la re-inyección de recortes manual de re-inyección cortesía de mi-swaco.....	13
FIGURA 1.5. Partes del equipo y completación utilizada.....	15
FIGURA 1.6. Tipo de fractura y muestra de roca sello.....	17
FIGURA 2.1. Transporte de barrenas manual de re-inyección de mi-swaco.....	23
FIGURA 2.2. Recolección de recortes al vacío manual de re-inyección de mi-swaco.....	24
FIGURA 2.3. Sistema neumático cleancut manual de re-inyección de mi-swaco.....	26
FIGURA 2.4. Sistema de conversión de lechada.....	27
FIGURA 2.5. Sistema móvil de re-inyección manual de re-inyección de mi-swaco.....	28
FIGURA 2.6. Equipo utilizado en este campo.....	37
FIGURA 2.7. Muestra los pozos inyectoros usados en las plata- formas abakatun s y abkatun p respectivamente.....	38
FIGURA 2.8. Variación de presión de inyección.....	39
FIGURA 2.9. Diagrama de cajas procesadas.....	40
FIGURA 2.10. Diagrama de toneladas procesadas.....	41
FIGURA 2.11. Diagrama del fluido contaminado.....	41
FIGURA 2.12. Diagrama de volumen mensual inyectado.....	42
FIGURA. 2.13. Toneladas mensuales inyectadas.....	42
FIGURA 2.14. Modelo de instalación.....	44
FIGURA 2.15. Simulación de volumen de inyección a 1000 bls.....	45

FIGURA 2.16. Simulación de volumen de inyección a 50000 bls.....	46
FIGURA 2.17. Simulación de volumen de inyección a 75000 bls.....	46
FIGURA 2.18. Simulación de volumen de inyección a 100000 bls.....	47
GRAFICO 3.1. Esquema general del equipo de sólidos.....	49
GRAFICO 3.2. Equipo de control de sólidos campo sachá.....	49
GRAFICO 3.3. Las zarandas.....	51
GRAFICO 3.4. Zaranda con el equipo completo trampa de arena.....	52
GRAFICO 3.5. Zarandas con los acondicionadores de lodo.....	52
GRAFICO 3.6. Vista superior de zarandas.....	53
GRAFICO 3.7. Centrifugas re remoción de sólidos.....	54
GRAFICO 3.8. Instalación para un sistema activo.....	55
GRAFICO 3.9. Esquema de la unidad de dewatering.....	56
GRAFICO 3.10. Tanque de almacenamiento en el proceso de dewatering.....	56
GRAFICO 3.11. Dewatering de los en tanques de almacenamiento.....	57
GRAFICO 3.12. Esquema del método de celdas.....	60
GRAFICO 3.13. Retroexcavadora para cargar el corte a la zona de Deposición.....	60
GRAFICO 3.14. Celdas ya taponadas y marcadas.....	61
GRAFICO 3.15. Esquema de las formaciones sedimentarias de toda la cuenca oriente datos del ing. Luís Verdesoto ing. geólogo de petro ecuador en lago Agrio.....	65
GRAFICO 3.16. Columna litologica cuenca oriente.....	67
GRAFICO 3.17. Completación de re-inyector sachá-117.....	68
GRAFICO 3.18. Columna estratigráfica de pozos re – inyectores.....	69
GRAFICO 3.19. Mapa de ubicación de pozos campo sachá.....	70

AGRADECIMIENTO

A Dios; A mi Familia y amigos en especial a mis padres por el apoyo constante y el cariño demostrado en todos estos años.

A los ingenieros Luciano García de MI SWACO, Daniel Tapia, Héctor Román que hicieron que este proyecto de tesis se haga realidad.

A mis profesores, por su enseñanza y su empeño en sacar día a día mejores profesionales, y amigos por compartir sus experiencias.

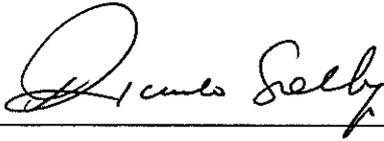
DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la oportunidad de vivir y haber fortalecido mi espíritu.

A mis Padres Pedro he Isabel por el apoyo incondicional y el amor eterno que me tienen.

A todas las personas que creyeron en mí y siempre conté con su apoyo en todo momento.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Ricardo Gallegos Orta.
DECANO FICT
PRESIDENTE

Ing. Daniel Tapia Falconi.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Héctor Román.
VOCAL

Ing. Heinz Terán Mite.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Pedro M. Astudillo Salazar.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador desde hace varias décadas la explotación de los hidrocarburos ha sido una prioridad y una oportunidad de desarrollo.

Pero en un principio no se tomo en cuenta muchos problemas ambientales que este causaba de todo lo que se extraía de la perforación, el cual iba al ambiente y contaminaba el entorno, tenemos ejemplos como lo que paso con Texaco, que dejo muchas piscinas con contaminantes que hasta estos días se las están tratando.

En los últimos quince años, en dicha explotación se incorporan, cada vez con más amplitud y precisión, criterios de sustentabilidad, entre ellos, el de la protección al medio ambiente.

Una vez confirmadas las reservas de hidrocarburos, la exploración y la explotación se realiza a través de la perforación de pozos; para ello, es necesario contar, con la maquinaria, fluidos de perforación adecuados los cuales tienen, entre otras funciones, la de acarrear los recortes de

perforación hacia la superficie. Estos fluidos pueden ser base agua o base aceite.

Los fluidos base aceite (emulsión inversa), revolucionaron la perforación de pozos y han hecho posible la realización de muchos proyectos, que sin este material no se hubiesen podido llevar a cabo.

Los recortes de perforación generados durante la perforación, al estar en contacto con el fluido de perforación, quedan impregnados con estos productos.

El crecimiento de la industria petrolera ha generado grandes volúmenes de recortes de perforación impregnados con fluidos y aceite, cuyo manejo es motivo de interés, tanto en la empresa petrolera estatal como en la sociedad, por las posibles afectaciones que pudieran presentarse al ambiente.

Para resolver esta situación, se ha tomado la decisión de buscar alternativas ambientalmente más eficientes en el manejo de los ripios de perforación.

Por su eficiencia ambiental, la inyección a pozos agotados ó fracturados naturalmente, ha ido cobrando preeminencia internacional en los procesos de manejo de este tipo de residuos, ya que adicionalmente, conlleva la disminución de costos.

La inyección de recortes a pozos, adecuados para tal fin, es un proceso donde los recortes de perforación se recolectan y transportan a un sistema que los organiza, mezcla, clasifica y acondiciona convirtiéndolos en una mezcla bombeable, la cual se inyecta a un yacimiento (formación receptora), ubicada a una gran profundidad y que se encuentra permanentemente aislada.

Con el fin de prevenir cualquier tipo de afectación al suelo y a los acuíferos, resulta necesario establecer medidas adecuadas para la inyección de los recortes de perforación.

Lo anterior hace necesaria la elaboración y expedición de una Norma Oficial que establezca las especificaciones técnicas ambientales para la inyección de recortes de perforación en formaciones receptoras la cual no existe en la actual legislación ambiental.

Con la Norma Oficial, las empresas que se contraten para llevar a cabo actividades de perforación y la sociedad en su conjunto, contarán con un marco jurídico que dé certidumbre sobre el cuidado del medio ambiente en el manejo de residuos provenientes de la explotación petrolera.

Por otra parte esta tecnología no ha sido usada en nuestro país por lo que se presenta un estudio para ver si es posible la aplicación de esta tecnología realizando un estudio de las condiciones que se necesita para el uso de la misma

CAPITULO 1

1. MARCO TEORICO.

1.1 Conceptos básicos

Porosidad

- Es una medida del porcentaje de volumen total (fracción) de la roca ocupada por espacios (poros)
- Los valores de porosidad oscilan entre:

0 – 5 % despreciable

5 – 10 % pobre

10 – 15 % regular

15 – 20 % buena

20 – 40 % excelente

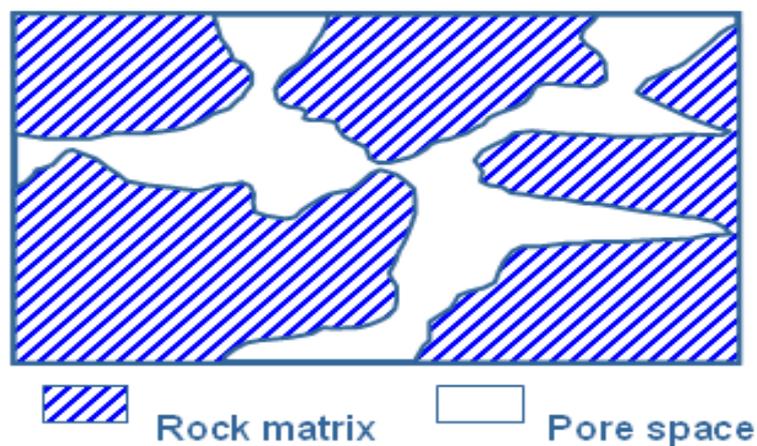


Figura 1.1. Espacio poroso entre las rocas

Permeabilidad

- La permeabilidad (K) es una medida de la facilidad con la cual los fluidos pueden fluir a través de un medio poroso.
- La permeabilidad esta expresada en milidarcys (md)
- La tasa de flujo de fluidos a través del yacimiento depende de:
 - Caída de presión
 - Viscosidad de fluido
 - Permeabilidad

Ley de darcy

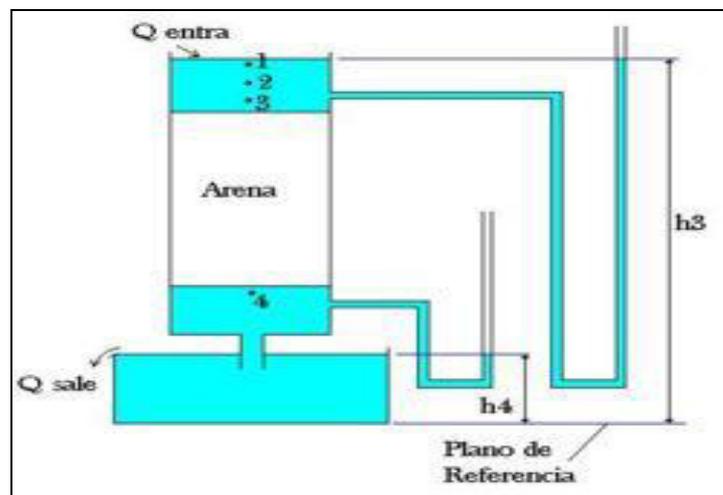


Figura 1.2. Experimento de Darcy imagen de Internet wikipedia

La Ley de Darcy describe, con base en experimentos de laboratorio, las características del movimiento del agua a través de un medio poroso.

La expresión matemática de la Ley de Darcy es la siguiente:

$$Q = k \frac{h_3 - h_4}{L} A = k \cdot i \cdot A$$

Donde:

Q = gasto, descarga o caudal en m³/s.

L = longitud en metros de la muestra

k = una constante, actualmente conocida como coeficiente de permeabilidad de Darcy, variable en función del material de la muestra, en m/s.

A = área de la sección transversal de la muestra, en m².

h_3 = altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la entrada de la capa filtrante.

h_4 = altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la salida de la capa filtrante.

$$i = \frac{h_3 - h_4}{L}, \text{ el gradiente hidráulico.}$$

1.2. Ripios de Perforación

Los desechos que mayor atención requieren durante las Actividades de Perforación son los lodos y ripios de perforación. Los ripios de

perforación son los sólidos contenidos en el fluido de perforación que se agregan para controlar las propiedades químicas y físicas del mismo.

Sumadas las partículas que se desprenden de la formación desde la superficie interior del agujero, dichas partículas, son creadas por la fuerza de compresión y rotatoria del taladro de Perforación.

El sistema aplicado actualmente para el Tratamiento y disposición de ripios tiene una situación favorable, ya que la utilización de lodos en base a compuesto de aminas permite reducir considerablemente uno de los principales problemas en el Oriente Ecuatoriano como es la salinidad en los ripios.

Según Microsoft® Encarta® 2006. © define a las Aminas como el nombre que reciben los compuestos producidos a menudo en la descomposición de la materia orgánica, que se forman por sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno del amoníaco por grupos orgánicos.

1.3 Método de re-inyección de rípios

La re-inyección de recortes en un proceso donde los recortes de perforación y fluidos de desecho se juntan y transportan a un sistema de componentes que los organiza, mezcla, degrada, clasifica y acondiciona convirtiéndolos en una lechada bombeable, la cual se inyecta dentro de una formación subsuperficial que sea receptiva y esté permanentemente aislada a una profundidad segura.

Dentro de la práctica de re-inyección de recortes, hay varias opciones para inyectarlos en la formación de alojamiento.

Dependiendo de las condiciones, reglamentos y economía de la localidad, los operadores pueden:

- Reinyectar en pozos de producción existentes
- Perforar y reinyectar simultáneamente
- Inyectar en pozos existentes o en pozos de desechos de recortes dedicados para tal fin.



Figura 1.3. Equipo de re-inyección de rípos imagen cortesía de mi- swaco

1.4. Condiciones geológicas favorables para la aplicación del método de re-inyección de rípos.

- Profundidades medianamente profundas: 1500 a 5000 pies (baja presión de fractura).
- Espesor: mayores 25 pies.
- Porosidad: mayores al 20%.
- Permeabilidad: mayores 0.5 Darcy
- Gran capacidad de almacenamiento.
- Zonas hidrogeológicas aisladas del agua potable.
- Fracturas o fallas no naturales.

1.5. Acerca de la importancia de la re-inyección de ripios

Las operaciones de re-inyección de recortes desempeñan un rol vital en el manejo de los residuos de la industria, ya que debe de haber compromiso con la salud, la seguridad y el medio ambiente.

La inyección de recortes y otros residuos de perforación en las formaciones subterráneas puede ser la forma más económica para manejar estos materiales. No obstante, dejando de lado los costos, el beneficio más importante de las operaciones de re-inyección de sólidos y la industria en su totalidad, son las operaciones de re-inyección de sólidos, los cuales constituyen un método de eliminación de residuos de perforación, seguro y amigable para el medio ambiente.

En las operaciones sin vertido, es decir, en donde no hay ningún contacto con el ambiente de los residuos hasta que están tratados, el operador dispone de dos alternativas principales. En primer lugar, los sólidos pueden tratarse y enviarse a la tierra para eliminarse luego en los espacios disponibles como rellenos sanitarios.

Estas operaciones requieran además volúmenes sustanciales de eliminación en tierra firme y en la realidad sola transfieren el residuo de un ambiente terrestre a otro.

Alternativamente, los desechos pueden inyectarse en el pozo, devolviéndolos en última instancia a su punto de origen. Si bien las operaciones de re-inyección de sólidos poseen benéficos significativos, no representan una panacea universal.

En ciertos ambientes de perforación, es probable que no existan formaciones que contengan los materiales inyectados, en estos casos se deben emplear otras opciones de eliminación de sólidos.

Cuando se dispone de un ambiente de inyección adecuado, las operaciones de re-inyección requieren la evaluación, el diseño, la implementación y el monitoreo cuidadoso del proceso de inyección de manera de minimizar todos los riesgos y mantener la contención.

Debe utilizarse el monitoreo adecuado del proceso de inyección para demostrar que se mantiene una contención positiva y, además, proporcionar las referencias en función de las cuales se pueda actualizar y mejorar y la implementación.

La aceptación de las operaciones de inyección de sólidos es cada vez mayor en todo el mundo, ya que constituye una forma de eliminación de sólidos de campos petroleros seguros y amigables con el medio ambiente.

1.6. Opciones para la aplicación del método de re-inyección.

- Inyección anular
- Un pozo específico para la inyección
- Inyección en cadena.

Reinyección de recortes: las opciones

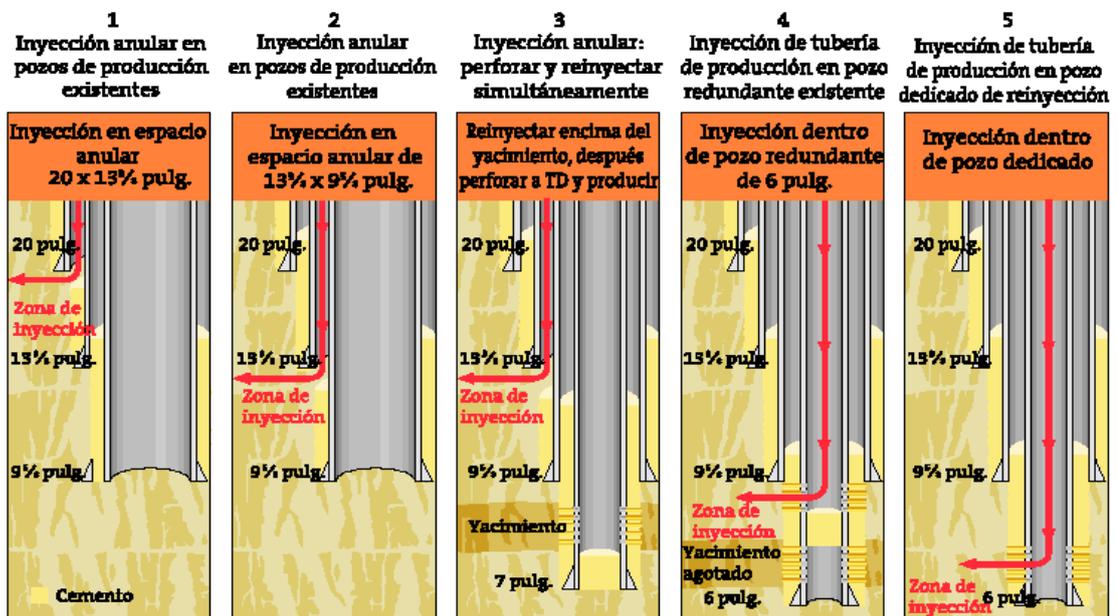


Figura 1.4. Opciones para la reinyección de ripios manual de reinyección cortesía de mi-swaco.

De estos ejemplos podemos ver que una sola formación podría aceptar grandes volúmenes de fluido si el proceso de re-inyección de ripsos se diseña adecuadamente.

Se requiere completar estudios geológicos, modelación de fracturas, revestimiento y diseño de equipo antes de proceder con un programa de re-inyección.

En general, el cuidado y atención los detalles en el diseño y aplicación de tecnología de re-inyección tienen un resultado directo en la eficiencia del sistema inyección y el nivel de protección proporcionado al medio ambiente.

El la figura 1.5 muestra un ejemplo de eliminación de recortes en un pozo existente ubicado en la misma plataforma que el pozo que esta siendo perforado:

- Los recortes son transportados a la superficie por el fluido de perforación del pozo a la derecha
- Son separados en la superficie por el equipo de control de sólidos

- Los recortes se convierten en una lechada y se reinyectan en el pozo anterior mostrado a la izquierda. En este caso, la inyección es hasta el anular de revestimiento de 13 3/8- x 9 5/8-pulg. (340- x 244-mm) a alrededor de 2,953 pies (900 m) de TVD.

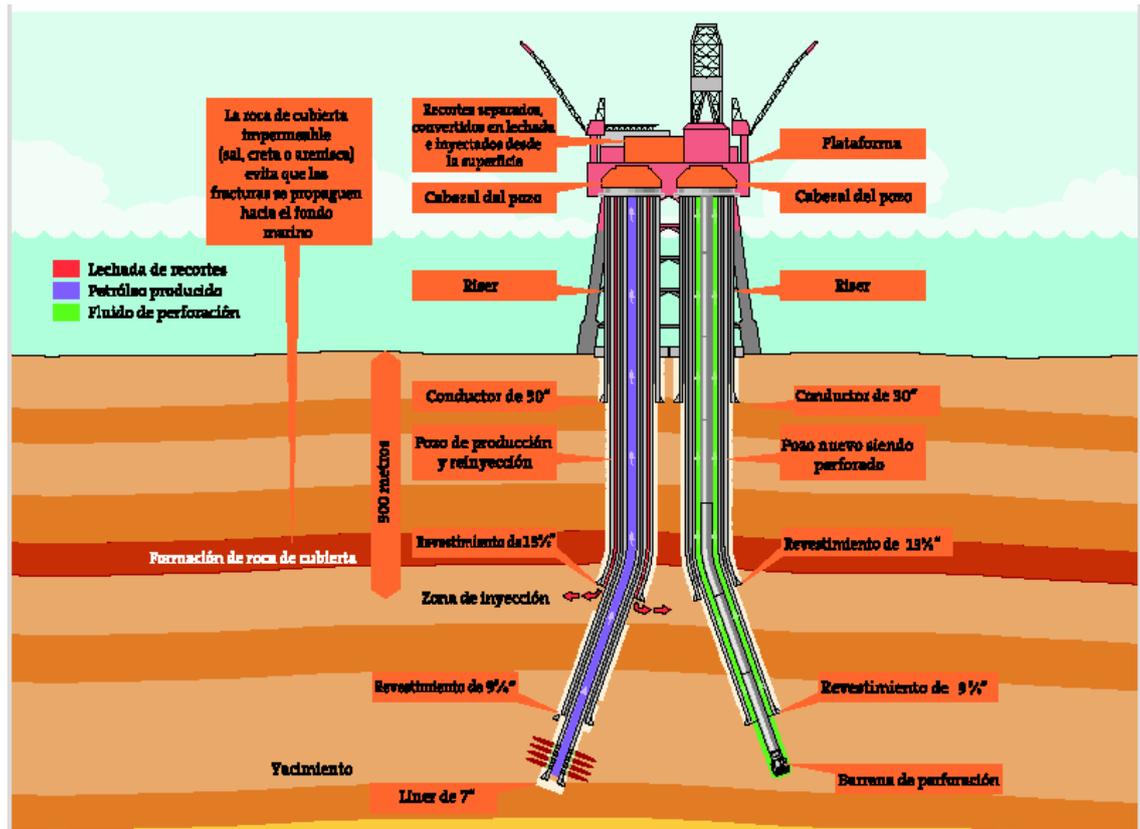


Figura 1.5. Partes del equipo y completación utilizada.

1.7. Factores a considerar para una re-inyección exitosa.

Para diseñar un proyecto de re-inyección de recortes (CRI) exitoso, Los elementos clave: volumen total de desecho, propiedades geológicas de pozos o anulares.

Factores decisivos para planear una re-inyección exitosa

Dentro del proceso de re-inyección de cortes, M-I SWACO considera cuatro componentes decisivos para su ejecución exitosa y deben incluirse como tales en la planeación de cualquier proyecto CRI:

- **Contención de lechada.-** Garantizar la contención estable, es decir que a largo plazo hay que tener la lechada inyectada segura dentro de la zona de inyección

Las formaciones para poder re-inyectar deben seleccionarse cuidadosamente, asegurando que en la parte superior de la zona a inyectarse haya una roca sello para que la lechada no pueda trasladarse a la superficie.

La forma de saber esto es de un estudio de geología y modelación de fracturas hecho durante la etapa de planeación del Proyecto. Creta y arenisca son consideradas como los tipos de formación más apropiadas para este propósito.

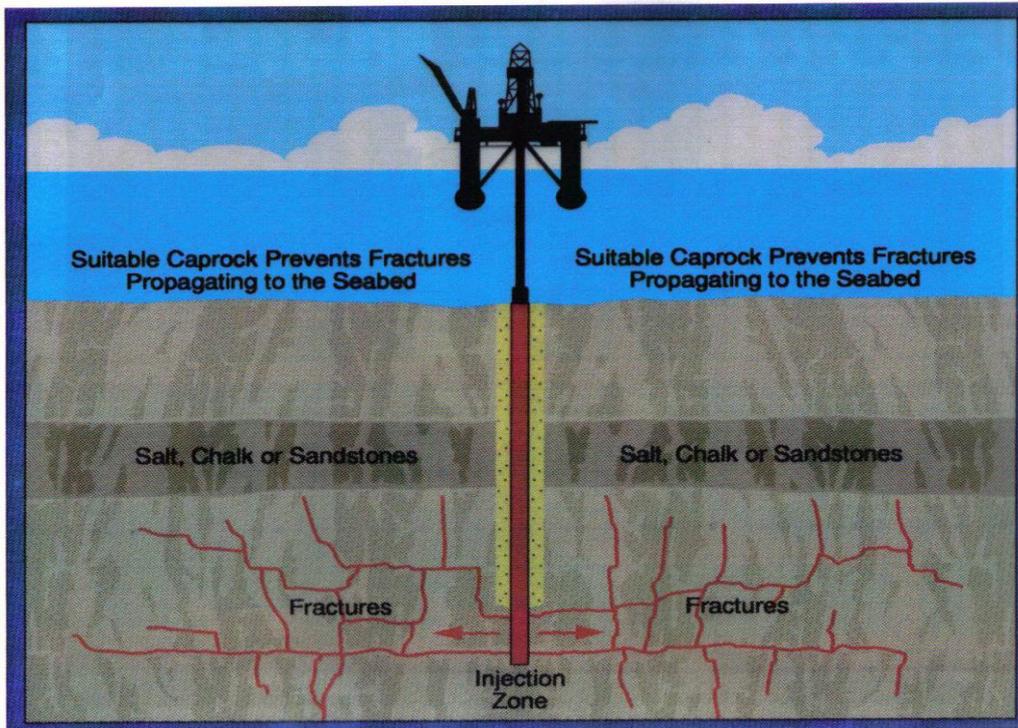


Figura 1.6. Tipo de fractura y muestra de roca sello.

- **Tamaño de la partícula.** Las partículas que sean demasiado grandes podrían causar un taponamiento de fracturas y por lo tanto reducir o impedir la habilidad de la formación para recibir materiales inyectados. Por lo general, los siguientes tipos de materiales pueden inyectarse, dependiendo de los reglamentos locales:
 - Recortes en forma de lechada a granel
 - Recortes contaminados con crudo
 - Arena de separador y arena producida
 - Aceite lubricante
 - Píldoras de limpieza

- Fluidos de drenaje del equipo
- Lodo de desecho
- Incrustaciones de material de radiación natural

- **Composición de lechada.** La lechada debe tener una consistencia uniforme y poseer las características correctas de suspensión y transporte para asegurar que no ocurran salpicaduras de sólidos.

Las lechadas inconsistentes pueden conllevar a bloqueos de línea, taponamiento de fracturas. Las propiedades típicas de la lechada son las siguientes:

- Viscosidad del embudo Marsh: 60 a 90 seg.
- Distribución máxima de tamaño de partículas: $D_{90} < 250\mu$
- Densidad: de 1.1 a 1.4 SG
- Contenido de Sólidos: de 10 a 40% por volumen

Sistema de inyección en superficie.

El CRI requiere un sistema capaz de enviar hasta el fondo del pozo los volúmenes de fluidos requeridos y generar presiones adecuadas.

Además la tubería del pozo tiene que estar diseñada para soportar altas presiones de inyección.

1.8. Fracturas

Es el proceso mediante el cual se inyecta un fluido al pozo, a una tasa y presión que supera la capacidad de admisión de la formación expuesta, originando un incremento de presión y posterior ruptura.

La fractura de una roca se realiza perpendicular al mínimo esfuerzo y por lo tanto en la mayoría de pozos, esta fractura es vertical. Si la tasa de bombeo se mantiene a una tasa superior a la tasa de pérdida de fluido en la fractura, entonces la fractura puede continuar propagándose y creciendo.

La operación de fracturamiento hidráulico se realiza en un pozo por una o más de las tres razones siguientes:

1. **Desviar el flujo** para evitar el daño en las vecindades del pozo y retornar a su productividad normal.
2. **Extender una ruta** de conducto en la formación y así incrementar la productividad a sus niveles naturales.

Todas estas consideraciones mecánicas de la roca están relacionadas a la presión neta, definida como la presión necesaria del fluido fracturante para mantener abierta la fractura.

Porque en un fracturamiento de un pozo productor es para mejorar la producción poder extraer más crudo en cambio en un pozo re-inyector se realiza el fracturamiento inducido para poder inyectar más recortes y mayor volumen.

En el presente trabajo es importante considerar los tipos de fracturamiento ya que en la re-inyección el considerar realizar un fracturamiento inducido nos permitirá mejorar la cantidad de volumen a inyectar y que el área de inyección pueda captar la mayor cantidad posible.

- Fracturamiento multi -direccional.

1. Se produce múltiples fracturas pero como resultado de fracturas de cortas longitudes.
2. Mayor inyección de volúmenes disponibles en zonas más pequeñas.

- Micro-fracturas.

1. Produce micro fracturas a cabo la escisión de las principales fracturas.
2. Mayor inyección de volúmenes disponibles en zonas más pequeñas.
3. El análisis es menos conservador cuando es comparado con la teoría de fracturamiento simple.

- Fracturas simples.

1. Uso conservador del análisis de la teoría de inyección.
2. Fracturas de longitudes grandes Vs. Volúmenes.
3. Análisis realizado usando re-inyección continua Vs. Lote de inyección actual.
4. Conservación de las propiedades de la formación.
5. Estudio paramétrico que produzca resultados fiables.

CAPITULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL METODO DE RE-INYECCIÓN DE RIPIOS Y SU APLICACIÓN.

2.1 Descripción del método de re-inyección de ripios.

Esta tecnología ya ha sido utilizada en muchos países pero como cada vez que se presenta algo nuevo por lo general es aplicado primero costa fuera ya que es donde hay más inversión y ya se la ha utilizado costa dentro en México y Argentina con buenos resultados.

Esta tecnología tiene un sistema para satisfacer el requerimiento de volumen de desecho y ajustarse a la disponibilidad de espacio en el sitio.

Pues bien el equipo necesario para realizar la inyección no necesita mucho espacio para su instalación y puede ubicarse y adaptarse a la situación es decir a la disponibilidad de la locación.

En términos generales, un sistema de re-inyección de ripios comprende tres componentes principales:

- El sistema de transporte de ripios.
- El sistema de conversión a lechada
- El paquete de re inyección

2.1.1. El sistema de transporte de ripios.

En el sistema de transporte pueden haber varias opciones, es decir varios equipos para el transporte dependiendo de la situación:

- Primero se puede utilizar barrenas o bandas de transporte de los ripios podrían ser buena opción si se puede colocar el equipo de conversión de lechada cerca de la cuneta para recortes en la misma elevación o más baja.

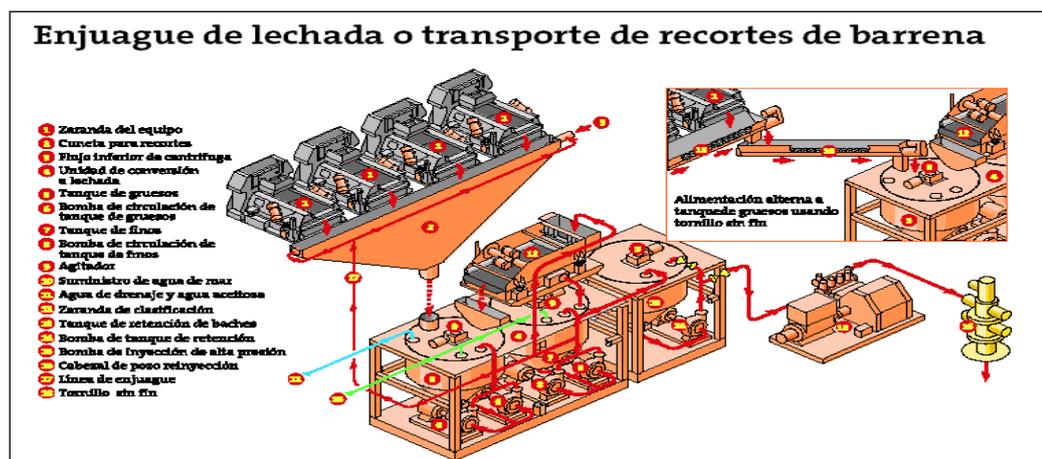


Figura 2.1. Transporte de barrenas manual de re-inyección de mi-swaco.

- Sistemas de transporte al vacío podría ser una buena opción si el diseño del equipo de re-inyección se encuentra un poco más distante o ubicado un poco mas arriba que la cuneta de recortes.

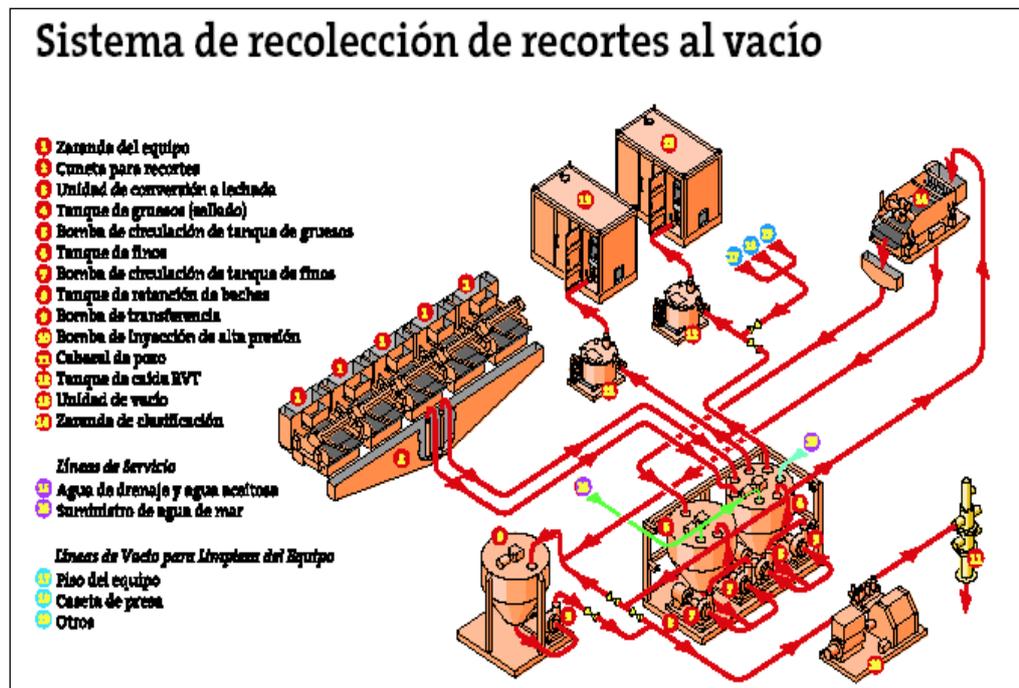


Figura 2.2. Recolección de recortes al vacío manual de re-inyección de mi-swaco.

- El sistema de transporte mas importante y mas usado es el neumático CLEAN CUT, que es por mucho el sistema de transporte más flexible, proporcionando muchas más opciones para colocar el equipo re-inyección.

También proporciona capacidades de almacenamiento de recortes para pozos de tamaño grande y problemas de

inyectividad en el pozo. Los beneficios de usar el sistema CLEAN CUT en conjunto con la re-inyección de recortes incluye:

- Buen potencial para lidiar con altos volúmenes de recortes cuando se perforan secciones de pozos de 20 y 60 pulgadas
- Ofrece capacidad de cero descargas es decir que no hay ningún contacto con el exterior
- Cumple con los reglamentos ambientales de cero descargas
- Brinda una solución para la eliminación de una amplia gama de corrientes de desecho de perforación.
- Mayor capacidad de manejo de volumen que un paquete CRI autónomo (50 toneladas métricas/hr máx.)
- Ofrece un método más seguro, completamente hermético de manejo de recortes.
- Proporciona un ambiente de trabajo limpio en comparación con otras operaciones.

Sistema neumático de recolección de recortes CLEANCUT

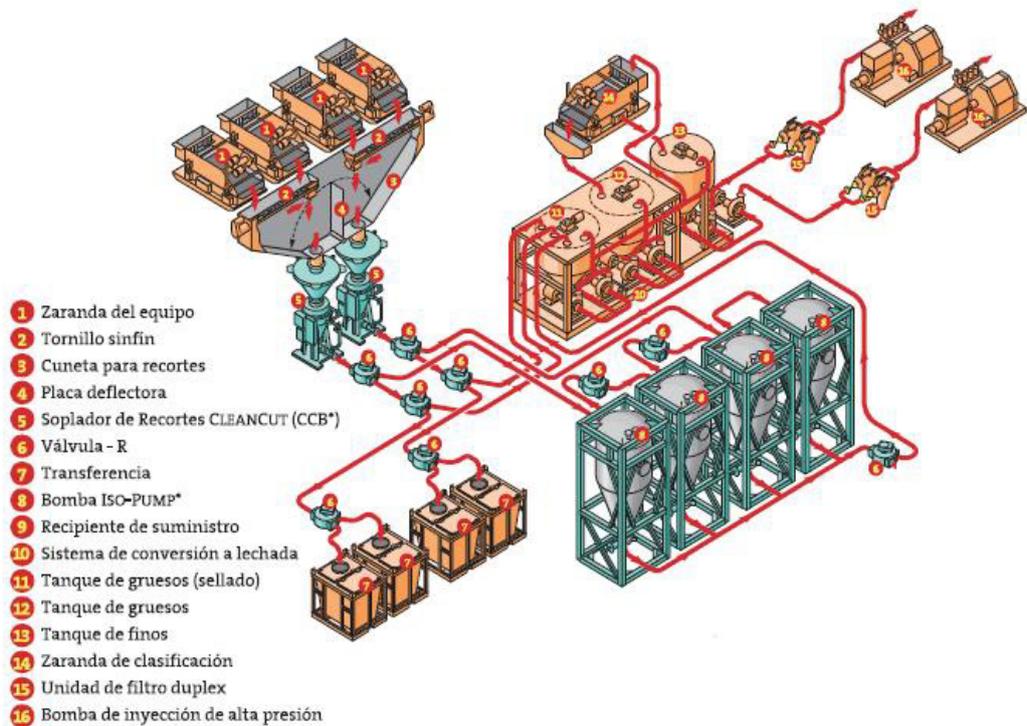


Figura 2.3. Sistema neumático cleancut manual de re-inyección de mi-swaco

2.1.2. El sistema de conversión a lechada.

Es aquí donde los recortes que salen de las zarandas de lutita se convierten en una lechada bombeable. La planeación cuidadosa del sistema es crucial, ya que la calidad de la lechada determinará el éxito del proceso de re-inyección de ripios. Típicamente, los elementos incluyen:

- Tanque de sólidos gruesos
- Tanque de sólidos finos
- Zarandas de clasificación
- Sistema de control de proceso



Figura 2.4. Sistema de conversión de lechada.

2.1.3. El paquete de re-inyección.

Para determinar el sistema de re-inyección ideal para las necesidades del cliente, donde hay que tomar en cuenta las características de la lechada, el pozo de inyección y la maquinaria requerida. La mayoría de los paquetes de re inyección incluyen:

- Tanque de retención donde se almacena la lechada.

- Bomba de re-inyección
- Paquete de adquisición en interpretación de datos

Otro sistema significativo en la re-inyección de recortes es el SISTEMA MÓVIL DE CONVERSIÓN A LECHADA para aplicaciones terrestres. Una unidad re-inyección móvil se utiliza para mover de una ubicación en tierra a otra donde se necesiten operaciones re-inyección.

Se debe disponer de un pozo exclusivo para realizar la re-inyección, ya que con los vacuum se transporta hasta el lugar de inyección, donde se llegan con los recortes y pasa por el equipo a ser tratado y convertido en lechada y se inyecta.

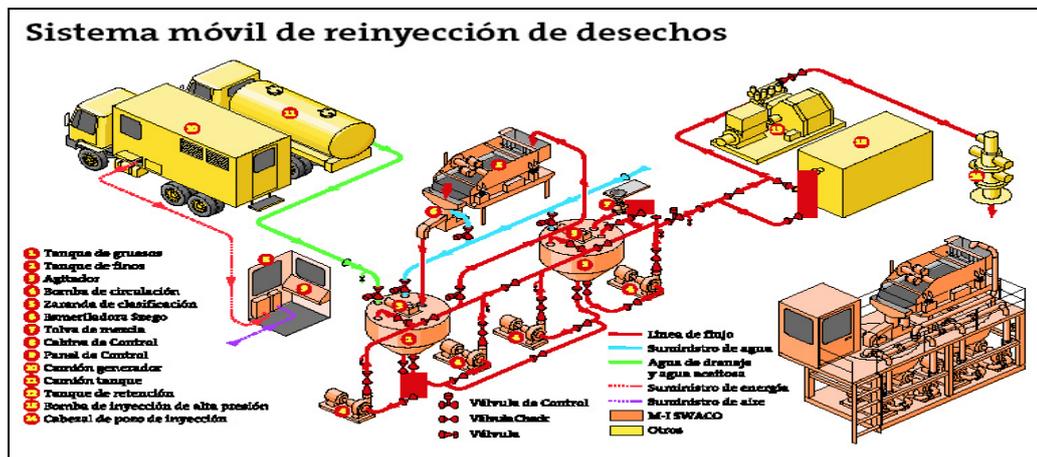


Figura 2.5. Sistema móvil de re-inyección manual de re-inyección de mi-swaco.

2.2 Aplicación de la metodología en otros países.

Proyecto de re-inyección de rípios y fluidos ayuda a cumplir objetivo de cero descarga en la bahía de Campeche, México

El proyecto de inyección de residuos multi-fase Sub-superficial en la zona de Campeche ha ahorrado a una operadora Mexicana, aproximadamente el 50% del costo por manejo, tratamiento y disposición final de sólidos y líquidos residuales de la perforación.

Adicionalmente con este proyecto se ha logrado minimizar y hasta eliminar un punto importante de Seguridad, Salud y Ambiente, que es la responsabilidad de largo plazo, según las normas y leyes del medio ambiente, al igual que ha facilitado la logística de los procesos de carga, transporte y descarga.

A la fecha, las operaciones de inyección han generado cerca de 355.000 bls de lechada, equivalente a 30,651 toneladas de recortes de perforación, bombeadas directamente a pozos inyectoros, en las plataformas de Abkatun "S" y Abkatun "P".

Además de los recortes de perforación inyectados, también han sido bombeados más de 101.756 bls de fluidos, no deseables, de perforación, terminación y completación.

Anteriormente, la única opción disponible para el manejo de residuos sólidos y líquidos de perforación, que eran generados desde la zona de Campeche por la Operadora, era la recolección en cajas de recortes para su posterior traslado.

Eran transportados en camiones abiertos, viajando cerca de 280 kilómetros a plantas de tratamiento térmica en Villahermosa para su tratamiento.

Para mantener la política de cero descargas en la zona de Campeche, la operadora mexicana, comenzó a explorar alternativas a inicios de la década. Aunque parte de los residuos siguen siendo transportados a tierra para su tratamiento y disposición final, actualmente esta habilitado mas del 80 % de los equipos adicionales proyectados en la tercera fase del proyecto de inyección de recortes y se planea para el primer cuarto del 2006 estar inyectando casi en su totalidad todos los

sólidos y líquidos residuales de las operaciones de la zona de Campeche.

Con la Inyección sub-superficial, los sólidos y líquidos residuales, pueden ser transportados simultáneamente a los pozos de Inyección, desde las torres de Perforación, a distancias mucho mas cortas, mientras se continúa con las diferentes operaciones en las torres de perforación.

Además de los ahorros directos, también se ha minimizado los riesgos de SEGURIDAD asociados con el manejo y transporte de residuos de perforación en camiones abiertos, cruzando cientos de kilómetros diarios.

México y cualquier otro país, estipula que el generador de los residuos es responsable de cualquier problema que pueda surgir en un futuro con los mismos.

Las operaciones en los pozos de inyección, siempre estarán en un ambiente cerrado, por lo que representa un confinamiento cien por ciento seguro y en el futuro una mejora a la atención publica sobre el cuidado del medio ambiente.

2.2.1. El proceso de inyección

El concepto de disposición de residuos de perforación dentro de la sub-superficie fue iniciado a finales de los 1980s con pequeños volúmenes de lechada de recortes a través del espacio anular de los pozos. Con el tiempo y con más experiencia a escala mundial, las operaciones de inyección se incrementaron dramáticamente. Hoy, los volúmenes de disposición de residuos de perforación han avanzado de miles de barriles de lechada por pozo a millones de barriles.

La lechada es frecuentemente inyectada y desplazada con baches dentro de la formación deseada para disposición, seguida de un periodo de cierre del pozo inyector.

Cada bache inyectado puede durar desde unas pocas horas hasta varios días dependiendo del volumen del bache y la tasa de inyección.

La Inyección de recortes y fluidos residuales a través de fracturas naturales o hidráulicas, es una opción atractiva, considerando el costo-beneficio y ambientalmente significa que cumple con la

legislación ambiental y políticas de la empresa en la disposición de recortes de perforación.

Como los residuos generados son procesados e inyectados dentro de la formación donde se originaron, la inyección sub-superficial cumple con la iniciativa de cero descargas. Además de la minimización de problemas a largo plazo, este proceso también elimina los riesgos de SEGURIDAD asociados con la transportación, y una reducción considerable en las emisiones de gas asociadas a métodos alternativos de manejo, tratamiento y disposición final.

La inyección de ripios y líquidos residuales ha contribuido económicamente a que crezca su popularidad a nivel mundial.

Por ejemplo Para dos pozos similares en Ewing Bank en el golfo de México, la inyección del ripios se realizó en el mismo pozo, teniendo un ahorro de 46% contra otro pozo que tuvo su disposición y tratamiento en tierra.

Esta tecnología ha sido aplicada a través del mundo, desde regiones de aguas profundas hasta en zonas frías del ártico y

experiencias operacionales han demostrado que es una solución ambientalmente segura a largo plazo para el manejo de residuos de exploración y explotación.

Por todas estas ventajas y por el gran avance de la tecnología en la inyección de residuos en la última década, las empresas petroleras han llegado a sentirse más confiadas con este desarrollo de mejora continua. La tabla N.1 resume parte de las operaciones que a nivel mundial se han llevado a cabo con esta técnica que se encuentra en el apéndice figura 1.

2.2.2. Operación en la zona de Campeche

Antes del 2000, todo el residuo generado (sólidos y líquidos) por la zona de Campeche era transportado a tierra para su tratamiento y disposición final.

La primera fase del proyecto de inyección sub-superficial se inició a finales del 2000 en la plataforma Nohoch "C", donde por un periodo de más de dos años y medio 200,000 barriles de lechada fueron inyectados.

Debido a la experiencia ganada en la primera fase, la operadora Mexicana obtuvo suficiente información para entender mejor los requerimientos de SEGURIDAD, y las implicaciones comerciales y operacionales de un proyecto de inyección de residuos en gran escala.

La fase dos fue lograda a partir de Octubre 2004 y expandida para cubrir las Plataformas Abkatun "S" y Abkatun "P". La sinopsis de esta segunda fase se ha desarrollado durante 15 meses de la siguiente manera:

Octubre 2004: Instalación y arranque de la plataforma Abkatun S.

Julio 2005: Instalación y arranque de la plataforma Abkatun P.

La logística usada por la operadora es similar a la que normalmente se usaba, con la excepción de que las cajas herméticas de ripios llenas y vacías serían transportadas entre las plataformas de perforación y de inyección.

Con relación a la primera fase esta nueva etapa de inyección contó con equipos adicionales que han facilitado el vaciado de las cajas

de recortes y el trasiego hacia los tanques de preparación de lechada.

El proceso actual se puede discriminar de la siguiente manera:

- Recolección de ripios y fluidos de desecho en cajas de ripios y tanques de barcos abastecedores de las torres de perforación.
- Transporte de desechos hacia los pozos de inyección.
- Recepción en pozos de inyección.
- Vaciado de cajas de ripios.
- Soplado Neumático de ripios hacia los tanques de preparación de lechada.
- Clasificación de sólidos de la lechada a través de las zarandas.
- Triturado de sólidos y nueva clasificación de sólidos de la lechada.
- Almacenamiento de lechada y ajuste de propiedades.
- Re-inyección de ripios.

La figura 2.5 ilustra los equipos con que cuenta cada planta de inyección (Abkatun S y P) antes de la ampliación. Los equipos de este diseño lo componen:

- Volteador de Cajas de ripios.
- Soplador neumático de ripios.

- Unidades de preparación de lechada.
- Tanques de recepción de lechada.
- Zarandas.
- Bombas de Inyección.
- Tanque de Almacenamiento de lechada.
- Moledor de ripios.

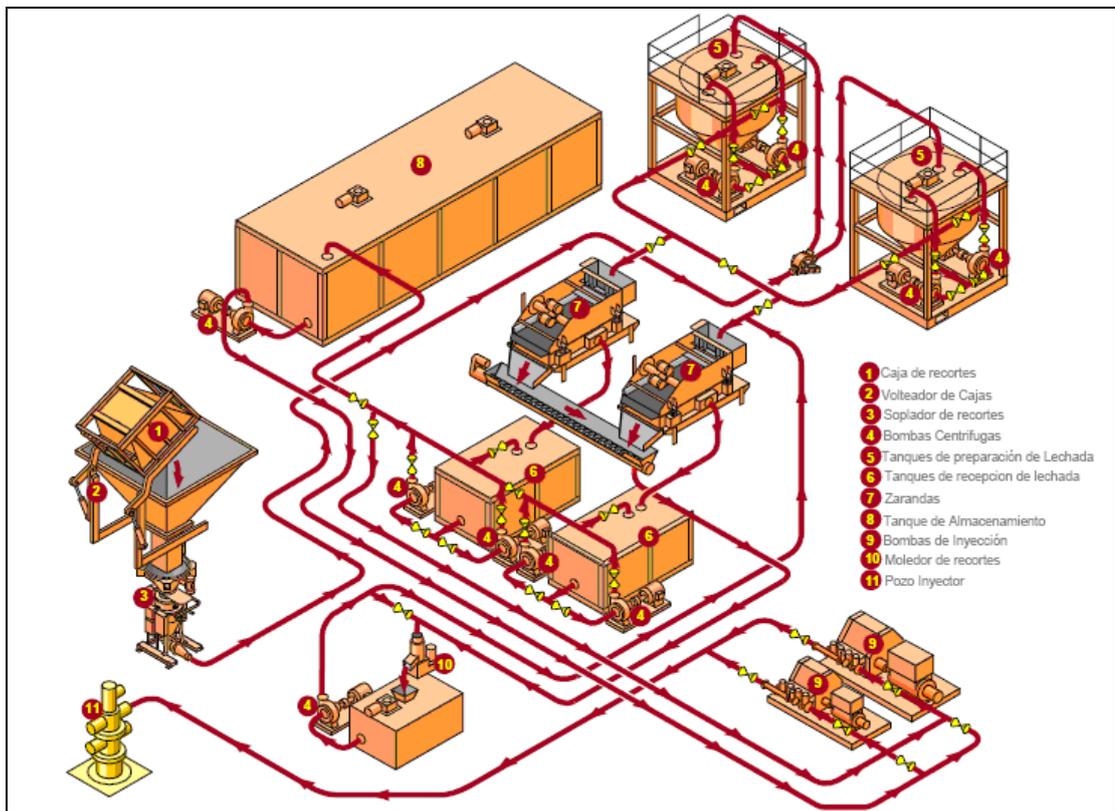


Figura 2.6. Equipo utilizado en este campo.

2.3 Historial de la perforación de pozos.

Los pozos inyectores usados eran preliminarmente utilizados como pozos letrina para el desecho de agua contaminada en los trabajos de completación y producción de pozos cercanos.

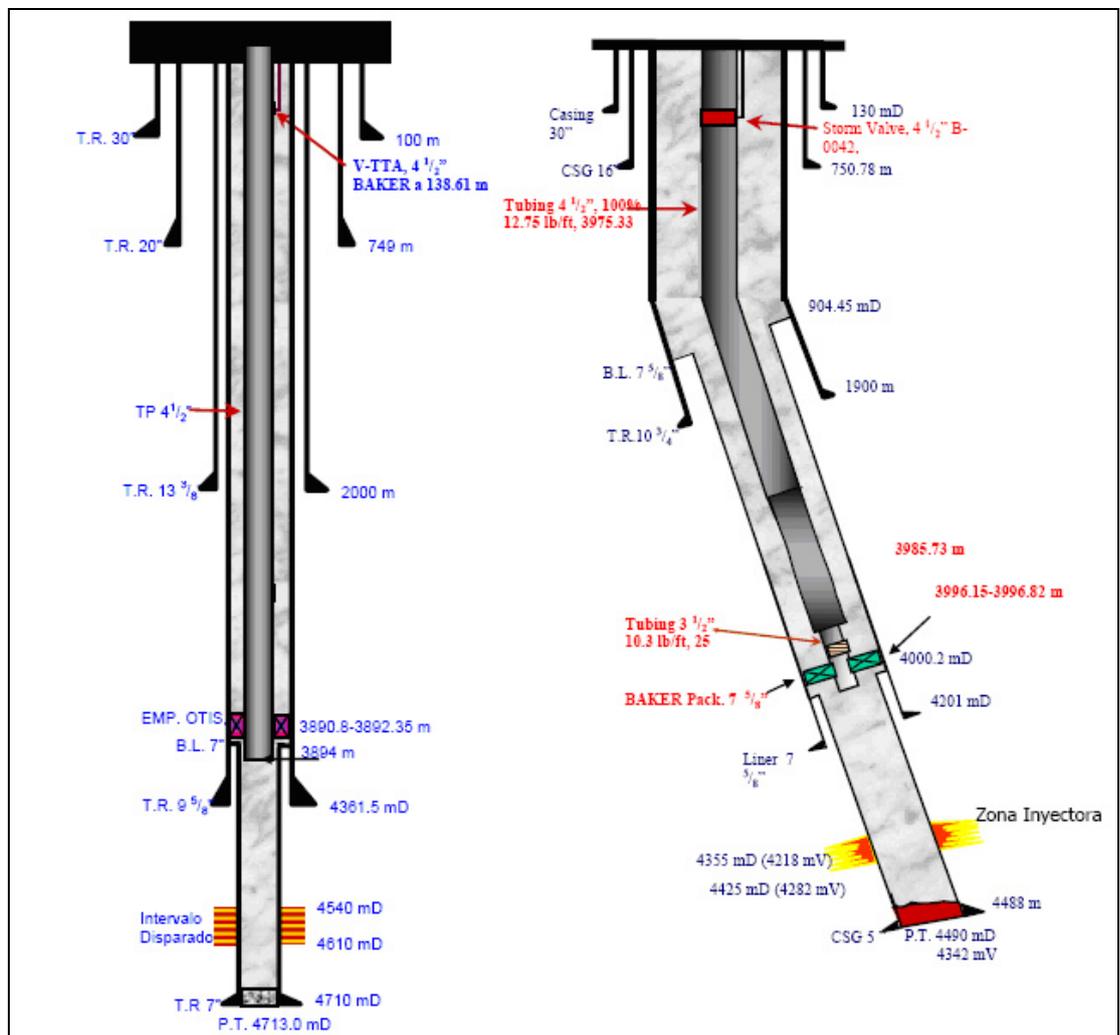


Figura 2.7. Muestra los pozos inyectores usados en las plataformas abakatun s y abkatun p respectivamente.

La zona de inyección de los dos pozos es de longitudes y profundidades semejantes con 13 disparos por metro de 2 9/16" y están ubicados en una fractura natural llamada la brecha Cantarell.

Las condiciones de la zona de inyección han permitido manejar presiones progresivas de bombeo de 0 a 2100 PSI.

La grafica 2.8 muestra el comportamiento de unos de los pozos durante el mes de octubre del 2005.

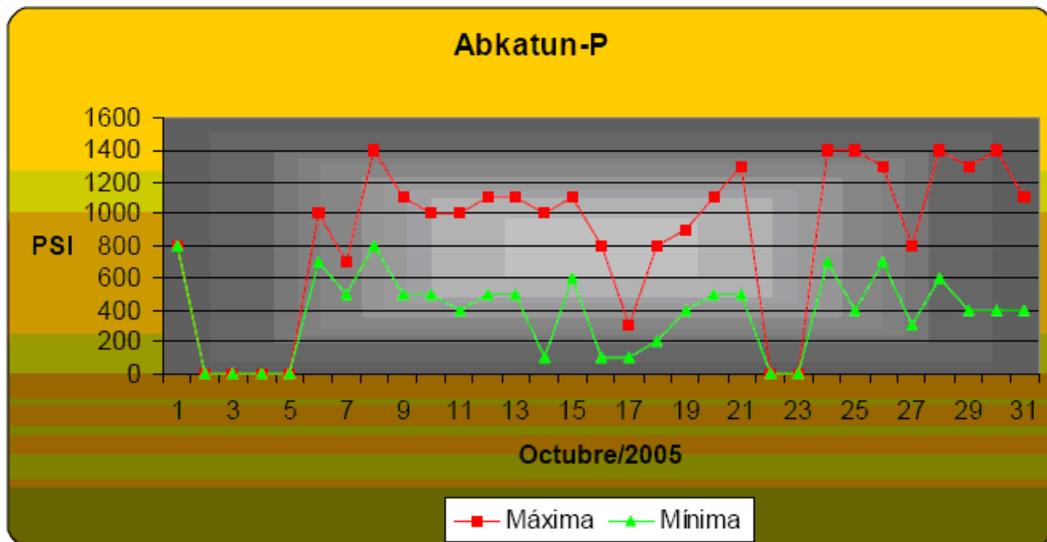


Figura 2.8. Variación de presión de inyección

En las siguientes graficas se resume cada una las operaciones en las plataformas inyección de la sonda de Campeche:

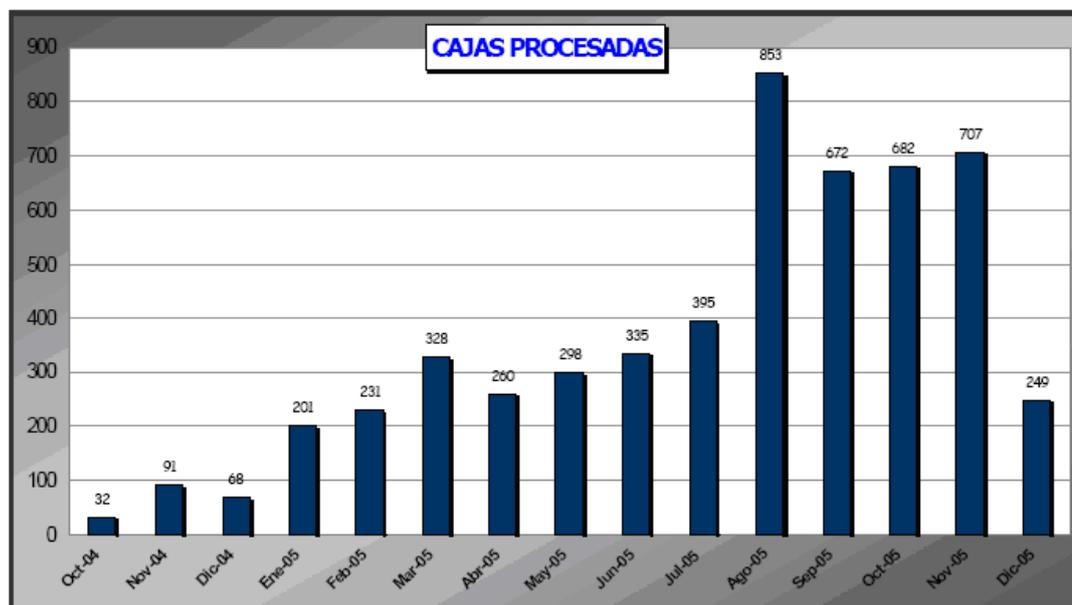


Figura 2.9. Diagrama de cajas procesadas

El total de cajas procesadas es de 5402 y la variación del número procesado es debido a factores como mal tiempo, aumento o disminución de operaciones de perforación.

2.4 Lechada de inyección.

El promedio de las toneladas procesadas equivalente a las cajas procesadas son presentadas en la figura 2.10.

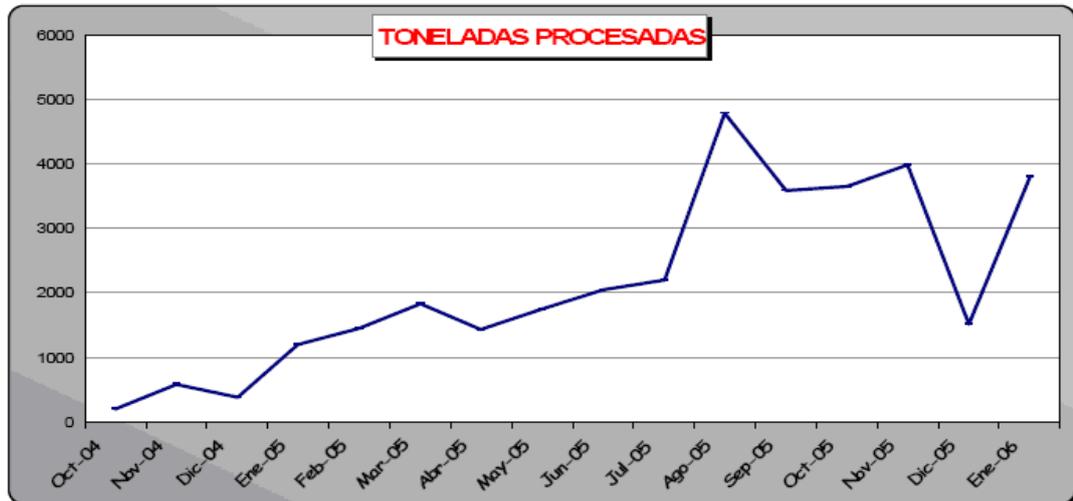


Figura 2.10. Diagrama de toneladas procesadas

El volumen de fluido de desecho que ha sido inyectado es de 101.756 barriles. Este fluido principalmente es lodo y agua contaminada de aceite y el peso equivalente en toneladas mensuales inyectadas es graficado en la figura 2.11

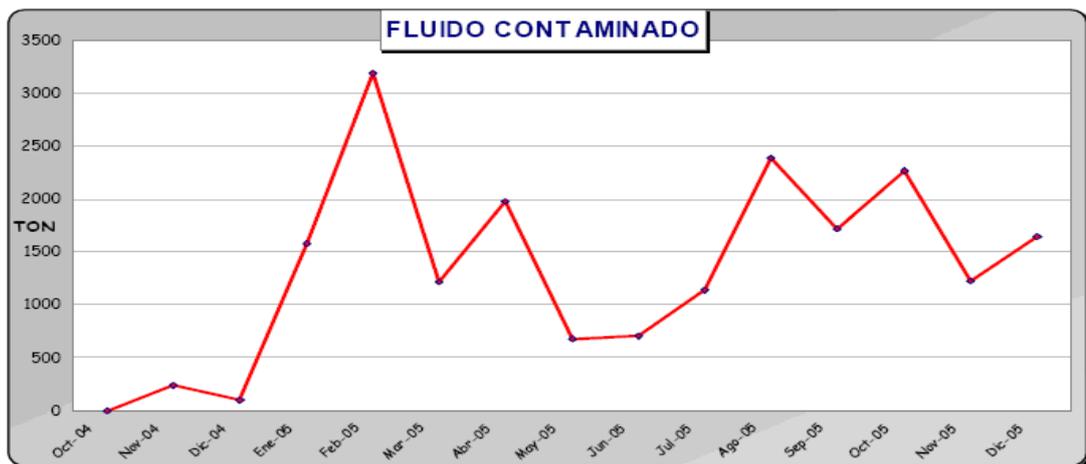


Figura 2.11. Diagrama del fluido contaminado

2.4.1 volúmenes de lechada e inyección.

El volumen total inyectado es de 354.507 bbls y las toneladas equivalentes de recortes y líquidos contaminados procesados es 50,683 toneladas. Las figuras 2.12 y 2.13 presentan el total de volumen y toneladas mensuales inyectadas.



Figura 2.12. Diagrama de volumen mensual inyectado.

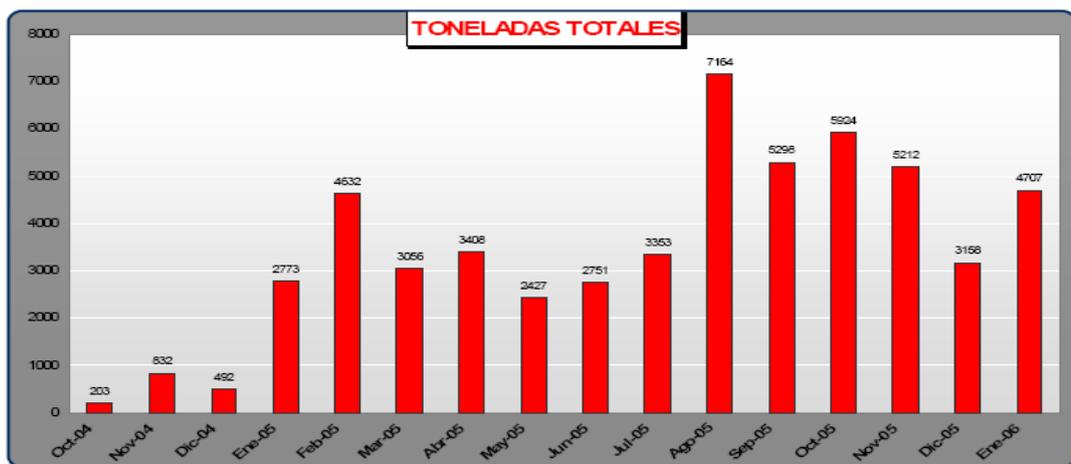


Figura 2.13. Toneladas mensuales inyectadas.

La instalación de la tercera y última fase del proyecto de inyección en la zona de Campeche se inicio a finales de diciembre del 2005 y en éste, además de equipo adicional, ha sido incluido un pozo inyección adicional en cada plataforma.

Con la adición de estos pozos y equipo agregado de inyección en cada Plataforma se planea como meta inyectar el 100% de los residuos de Perforación generados en la zona de Campeche y continuar cumpliendo con el objetivo de cero descarga.

En la figura 2.14 se muestran los cambios en la distribución de equipo contra-actual y adicional en la fase III de este proyecto.

De igual manera fue necesario ampliar el área efectiva en la plataforma y para tal fin fueron instalados nuevos pasillos en partes estratégicas de cada plataforma.

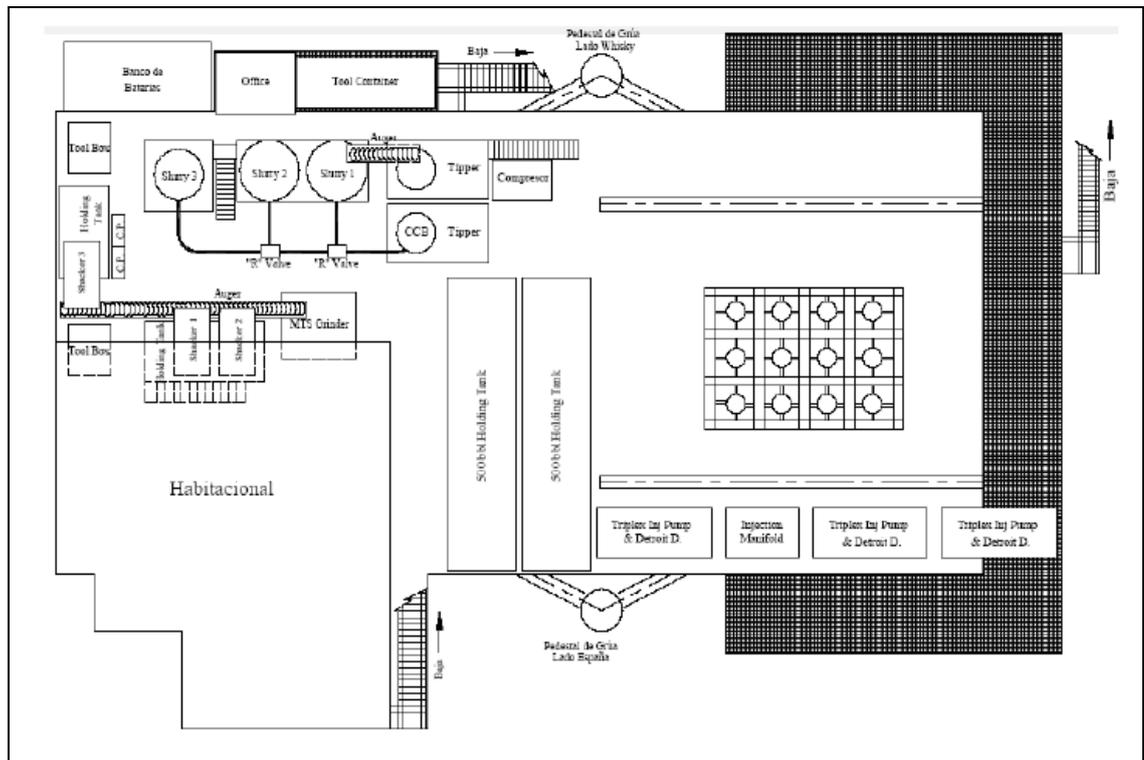


Figura 2.14. Modelo de instalación

2.5 Simulaciones de fracturamiento

A continuación se muestra una simulación del fracturamiento inducido que se hizo en el campo para mejorar la inyección y la cantidad de volumen que almacena la zona a diferentes volúmenes de inyección.

Para ver la cantidad que es factible, la profundidad y la distancia a la que va llegando los recortes y poder llevar un control del mismo.

En el gráfico 2.15 podemos ver como va la captación a los 100 bbls de lechada inyectada.

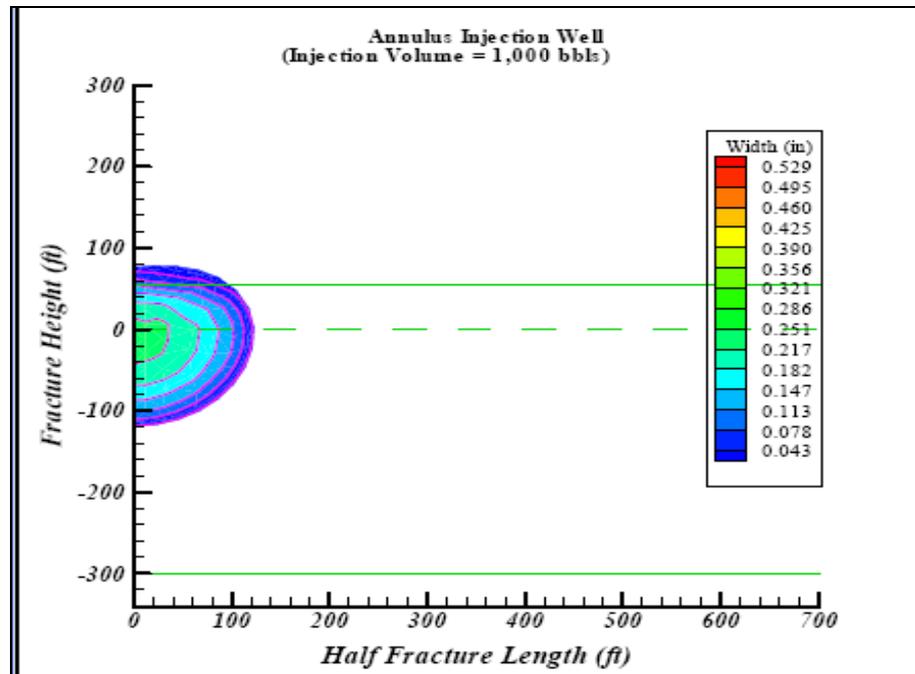


Figura 2.15. Simulación de volumen de inyección a 1000 bls.

En el grafico 2.16, 2.17 y 2.18 se ven en esta simulación como va avanzando por la fractura a los 50000 barriles, 75000 barriles y 100000 barriles de lechada inyectada y la distancia que ha avanzado.

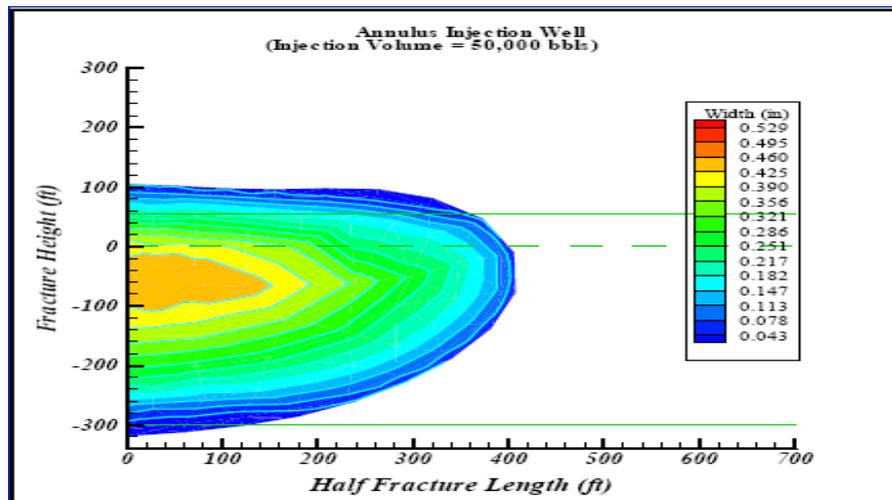


Figura 2.16. Simulación de volumen de inyección a 50000 bls.

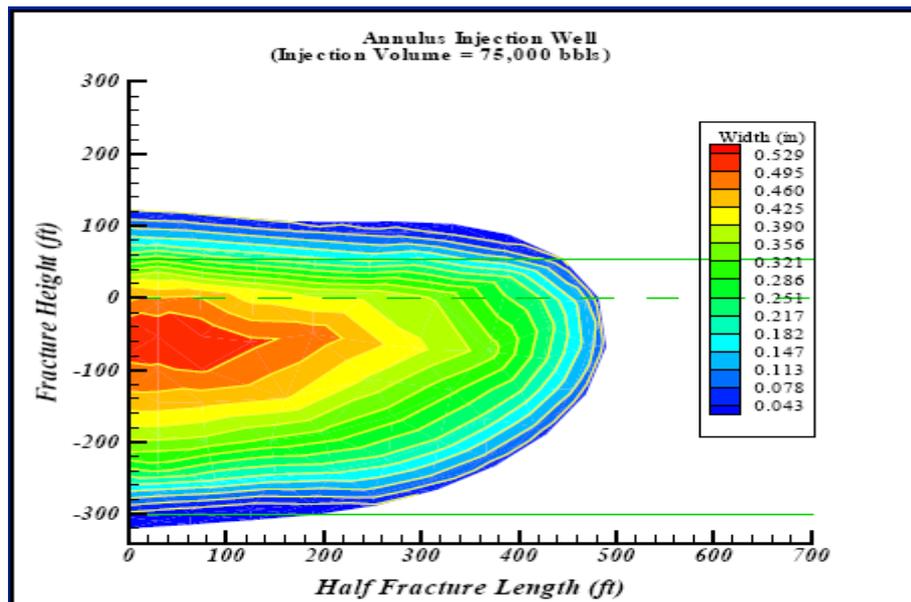


Figura 2.17. Simulación de volumen de inyección a 75000 bls.

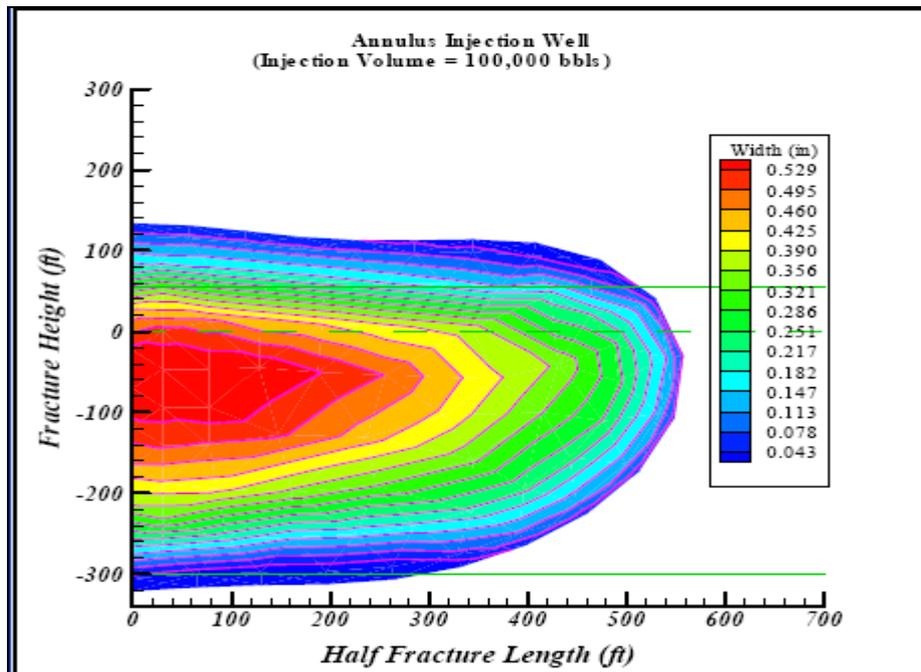


Figura 2.18. Simulación de volumen de inyección a 100000 bls.

CAPITULO 3

3. APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN LOS CAMPOS OPERADOS POR PETROPRODUCCIÓN

3.1 Que se aplica actualmente en el Ecuador

Equipo de Control de Sólidos

Es importante optimizar la remoción de sólidos del sistema de fluidos durante la perforación para minimizar los costos de dilución del lodo y reducir la cantidad de líquido y sólidos generados.

Cada pieza de equipo del sistema de control de sólidos, desde las zarandas hasta las centrífugas son de suficiente capacidad para el manejo de los volúmenes utilizados durante la perforación.

El equipo de control de sólidos se utilizó acorde a los requerimientos del ingeniero de lodos asignado para este frente:

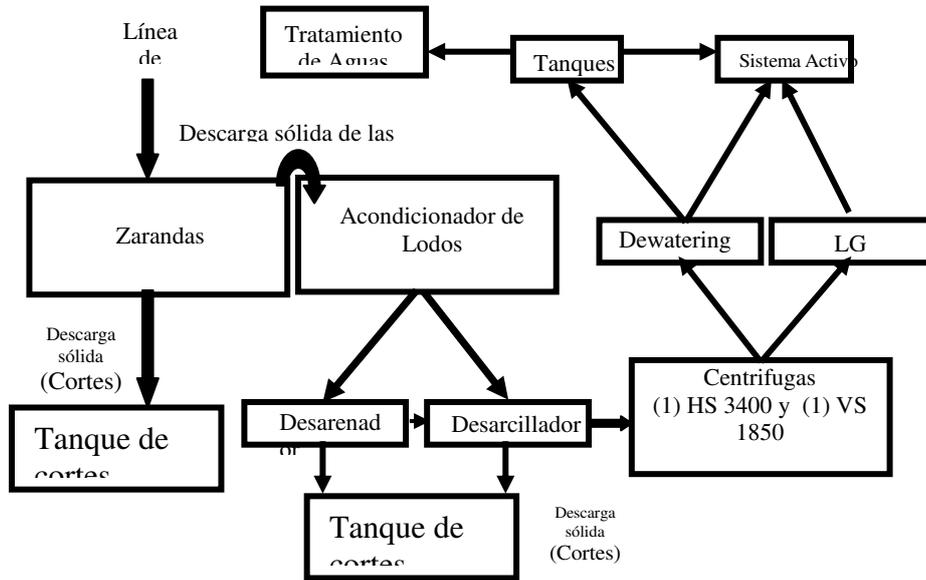


Grafico 3.1. Esquema general del equipo de sólidos



Grafico 3.2. Equipo de control de sólidos campo sachá.

3.1. 1. Zarandas

Se dispone de tres zarandas de movimiento lineal y Acondicionador de lodos. Las zarandas se consideran como la primera línea de defensa en los sistemas de control de sólidos, en estas se eliminan las partículas sólidas de mayor tamaño y evitar su degradación en partículas más pequeñas. Las zarandas procesan el 100% del volumen de circulación.

De un buen control de sólidos en las zarandas, depende en gran parte la eficiencia de los equipos de control de sólidos restantes.

3.1.2. Trampa de Arena

La trampa de arena juega un papel muy importante en el sistema de control de sólidos ya que protegen los equipos pues a través de ella se eliminan las partículas más grandes que pueden taponar los hidrociclones, disminuyendo la efectividad de los equipos.

El lodo de la trampa de arena pasa por rebose al siguiente compartimiento del sistema activo donde el desander toma la succión.



Grafico 3.3. Las zarandas.

3.1.3. Acondicionador de Lodos

Este equipo esta formado por un desarenador y desarcillador montado sobre una zaranda de movimiento lineal.

El uso del desarenador, desarcillador nos sirve para remover partículas de tamaños intermedios, permitiendo que las centrífugas sean más eficientes adicionalmente la zaranda nos

permite recuperar parte del lodo que los humecta, disminuyendo significativamente las pérdidas.



Grafico 3.4. Zaranda con el equipo completo trampa de arena



Grafico 3.5. Zarandas con los acondicionadores de lodo.



Grafico 3.6. Vista superior de zarandas.

3.1.4. Centrifugas.

Las centrifugas juegan un papel muy importante para la remoción de sólidos de perforación de hasta 1-2 micrones. Estas partículas son las más dañinas para las propiedades del lodo.

Utiliza una centrifuga decantadora de alta capacidad y alta velocidad modelo HS3400 y una centrifuga de alta capacidad con variador de velocidad modelo VS 1850 lo que la hace mas versátil en sus aplicaciones.

3.1.4.1. Centrifugas VS 1850 y HS3400

Remoción de Sólidos de Baja Gravedad del sistema Activo: Las centrifugas VS 1850 y HS3400 succionan directamente del tanque colector que recibe la descarga líquida de las mallas del acondicionador y que se encuentra ecualizado con el sistema activo en el compartimiento donde se descarga el lodo procesado por el desarcillador.



Grafico 3.8. Centrifugas re remoción de sólidos.

Esto permite a las centrifuga procesar el lodo de la descarga sólida del acondicionador de lodo y del sistema activo. El lodo procesado se retorna al sistema activo en el compartimiento posterior de donde se tomó la succión o se envía a la unidad de Dewatering dependiendo de las necesidades en ese momento.

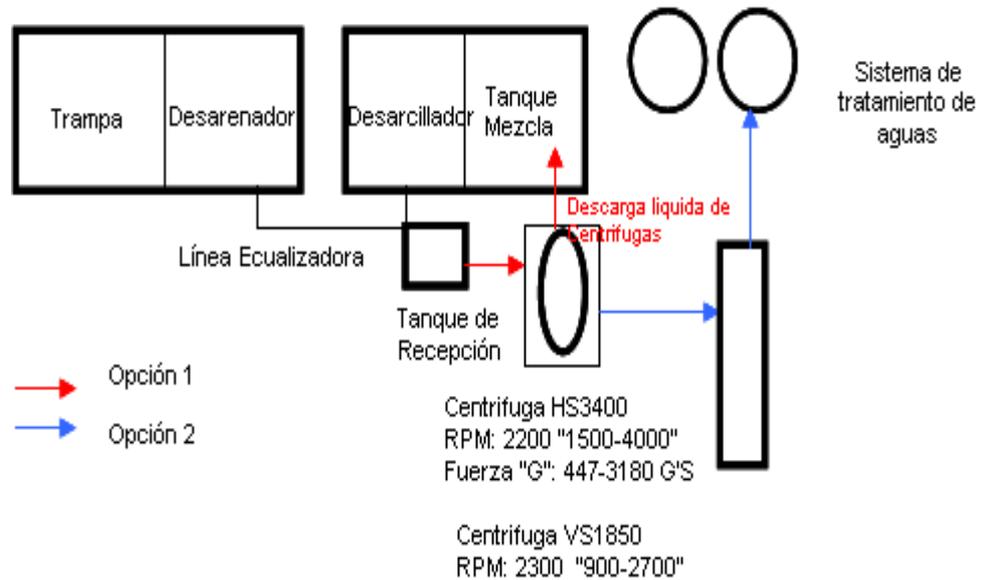


Grafico 3.8. Instalación para un sistema activo

3.1.5. Dewatering del Sistema Activo

Para hacer dewatering del sistema activo la centrifuga succiona directamente del tanque colector que recibe la descarga líquida de las mallas del acondicionador y que se encuentra ecualizado al sistema.

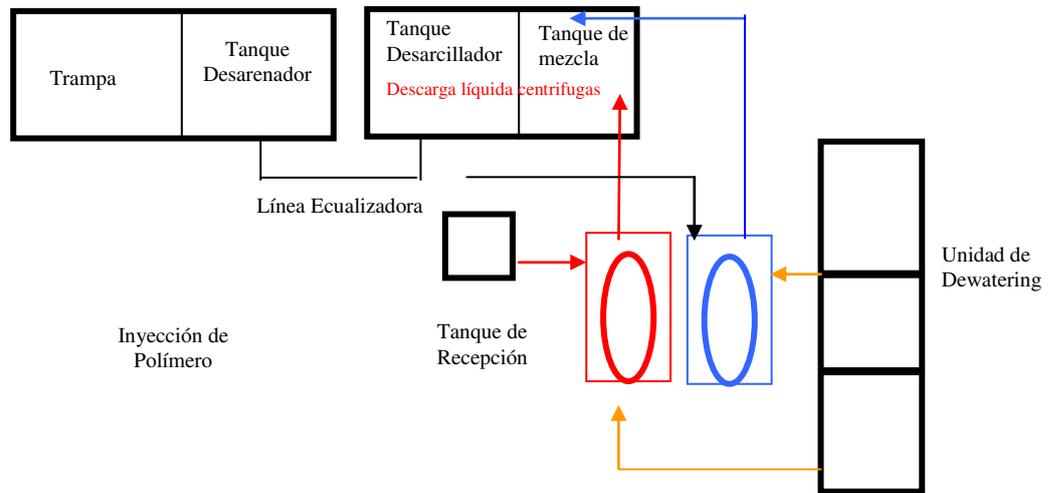


Grafico 3.9. Esquema de la unidad de dewatering



Grafico 3.10. Tanque de almacenamiento en el proceso de dewatering.

3.1.6. Dewatering de Lodos de Tanques de Almacenamiento

El lodo que se transfiere desde el sistema activo a los tanques de almacenamiento y de acuerdo a las disposiciones del lodero se procesa mediante el dewatering.

El agua que se obtuvo de este proceso se transfirió a los tanques australianos para su tratamiento y disposición final.

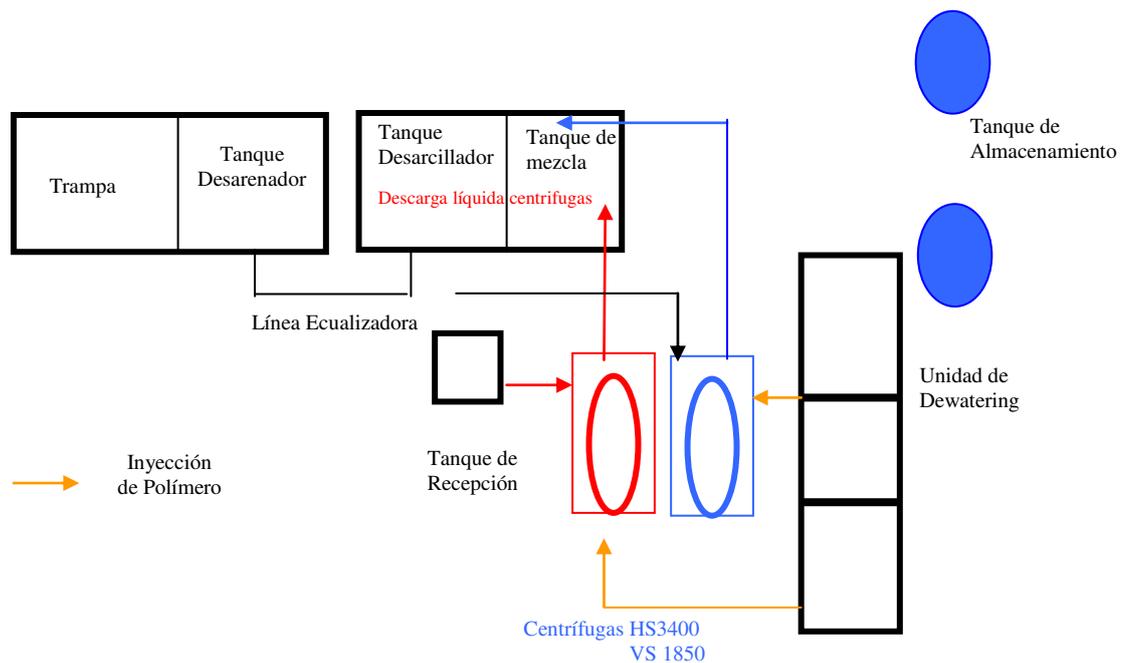


Grafico 3.11. Dewatering de los en tanques de almacenamiento.

3.1.7. Método de Celdas

Este método consiste en hacer celdas de 6 metros o más de profundidad, en esta locación debido a que el nivel freático de la zona lo permitió se hicieron celdas con una profundidad de hasta 6 metros.

Se dejó una distancia mínima de 1.0 metro entre los sólidos dispuestos y el nivel freático, en estas celdas se almacenó, estabilizó y se encapsuló los cortes provenientes de la perforación del pozo.

Para realizar este proceso se utilizaron silicatos, material deshidratante y tierra nativa hasta obtener una consistencia adecuada para realizar el taponamiento final de dicha celda.

La longitud de las celdas varió de acuerdo a la disponibilidad de espacio, en el cuadro Anexo 2 se detallan las dimensiones y la ubicación de cada celda.

La mezcla de residuos, químicos y suelo nativo fue cubierta por aproximadamente 1.0 m de suelo nativo.

El agua lluvia que se acumula en el área de disposición de cortes, se transfiere a los tanques australianos o a los tanques de almacenamiento para su tratamiento y posterior disposición final.

Equipo Utilizado

Retroexcavadora para cargar el corte desde la locación y ser enviada a la zona de disposición ubicada en área de Petroproducción aledaña a la misma plataforma del pozo, excavadora grande. Que se utiliza para la construcción de celdas, la mezcla de cortes y el tapado de celdas.

Una Volqueta de 8 m³ es utilizada para transportar los ripios y cortes producto de la perforación hasta las celdas en el área de disposición de ripios.

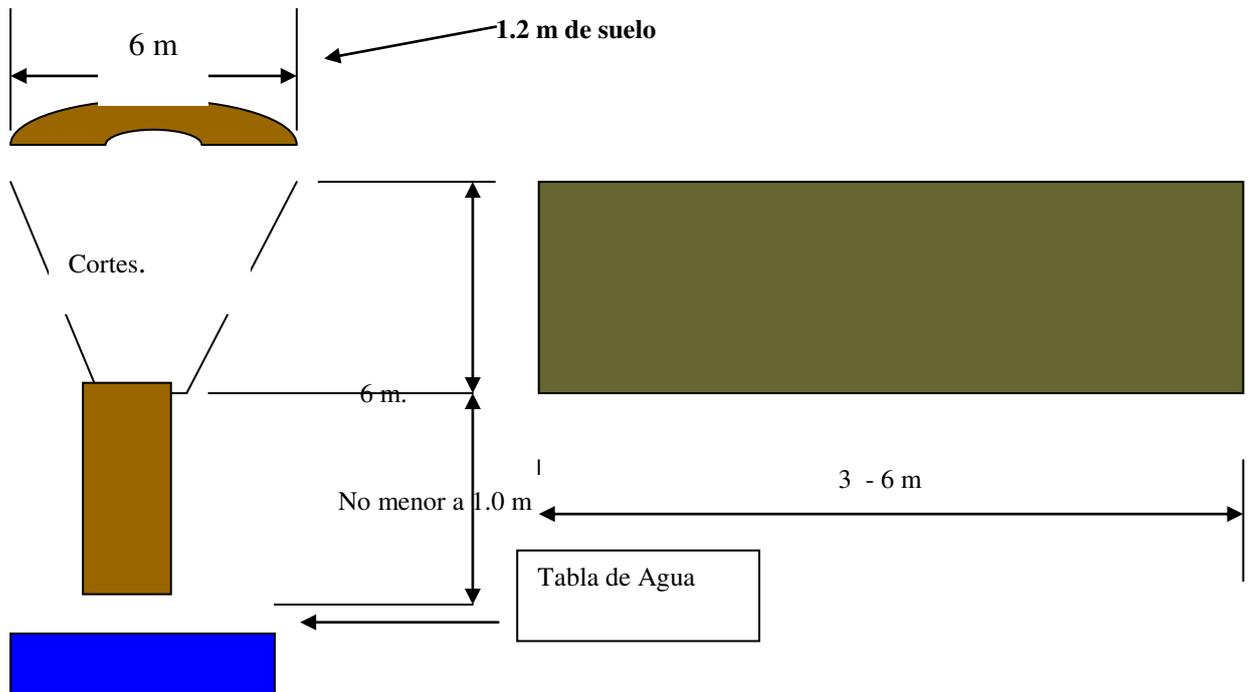


Grafico 3.12. Esquema del método de celdas.



Grafico 3.13. Retroexcavadora para cargar el corte a la zona de depositación



Grafico 3.14. Celdas ya taponadas y marcadas

3.2. Identificación de las zonas geológicamente aptas para usar el método

De acuerdo a la teoría revisada anteriormente las zonas aptas para la utilización de esta tecnología tienen que tener las siguientes características:

Debe de tener una profundidad promedio entre 1500 y 6000 pies

Una zona con un espesor mayor a los 25 pies

Debe tener una porosidad mayor al 20%

Permeabilidades mayores 0.5 darcy.

Que no tenga contacto con el agua superficial

Que no tenga fallas o fracturas naturales ya que pueden conducir a superficie.

Por lo cual a continuación presentaremos gráficos de las zonas de la Cuenca Oriente, del Campo Sacha, y se va a especificar cada zona las más importantes serán mencionadas y cuales son las zonas que son aptas para la aplicación de la tecnología:

3.2.1. Formaciones en las cuales se puede realizar la re-inyección

- Areniscas (Reacciones)
 1. Puede considerarse que la lechada contamine a las formaciones.
 2. Se espera un menor valor de fractura
 3. Altos valores de “leak-off”.

- ARCILLAS (Reacciones)
 1. Por lo general contienen pequeños volúmenes de lechada en comparación con las areniscas.

2. Largo viaje de la fractura a través de los bajos valores de “leak-off”.
 3. Gran potencial de crecimiento de la fractura.
- CALIZAS (reacciones)
 1. Proporcionar importantes propiedades debido a la limitación de alto estrés sobre el terreno.
 2. Los valores de “Leak-off” proporciona el crecimiento lento de las fracturas.
 3. Las formaciones de calizas pueden ser usadas como formaciones de almacenamiento de la lechada

Formación Tiyuyacu (Eoceno inferior).-

Aflora en el río Tiyuyacu, Provincia del Napo. En la parte norte el espesor aumenta en sentido Este - Oeste variando de 60 a 900m. Entre las formaciones Tena y Tiyuyacu; existe un hiato de sedimentación lo cual indica que es un contacto discordante angular, discordantemente con la formación Orteguzza.

Esta constituida de conglomerados, guijarrosos, cantos de cuarzo y arcillas, redondeados hasta angulares y además

areniscas de granos variable con intercalaciones y lutitas rojas, grises y verdes. El ambiente de depositación es continental de agua dulce, parcialmente de agua salobre.

Formación Orteguzaza (Eoceno medio-Oligoceno).-

La formación Orteguzaza es considerada como la parte inferior de la formación Chalcana. Está constituida por una secuencia de lutitas verdes intercaladas de areniscas conglomeráticas semiblandas de color gris verdoso. Tiene un espesor de 300m. Yace discordantemente con la formación Tiyuyacu.

Se deposita en un paleo ambiente transicional, que posiblemente corresponda a un ecosistema de manglar.

Formación Chalcana (Mioceno).-

Aflora en el río Chalcana, afluente del río Tiyuyacu, en la Provincia del Napo. Tiene una potencia variable entre 650 y 800m. su máxima potencia es de 1100m. la formación yace sobre la Tiyuyacu en transición gradual y esta sobre puesta por la formación Arajuno. Esta constituida por arcillas abigarradas, con intercalaciones de yeso.

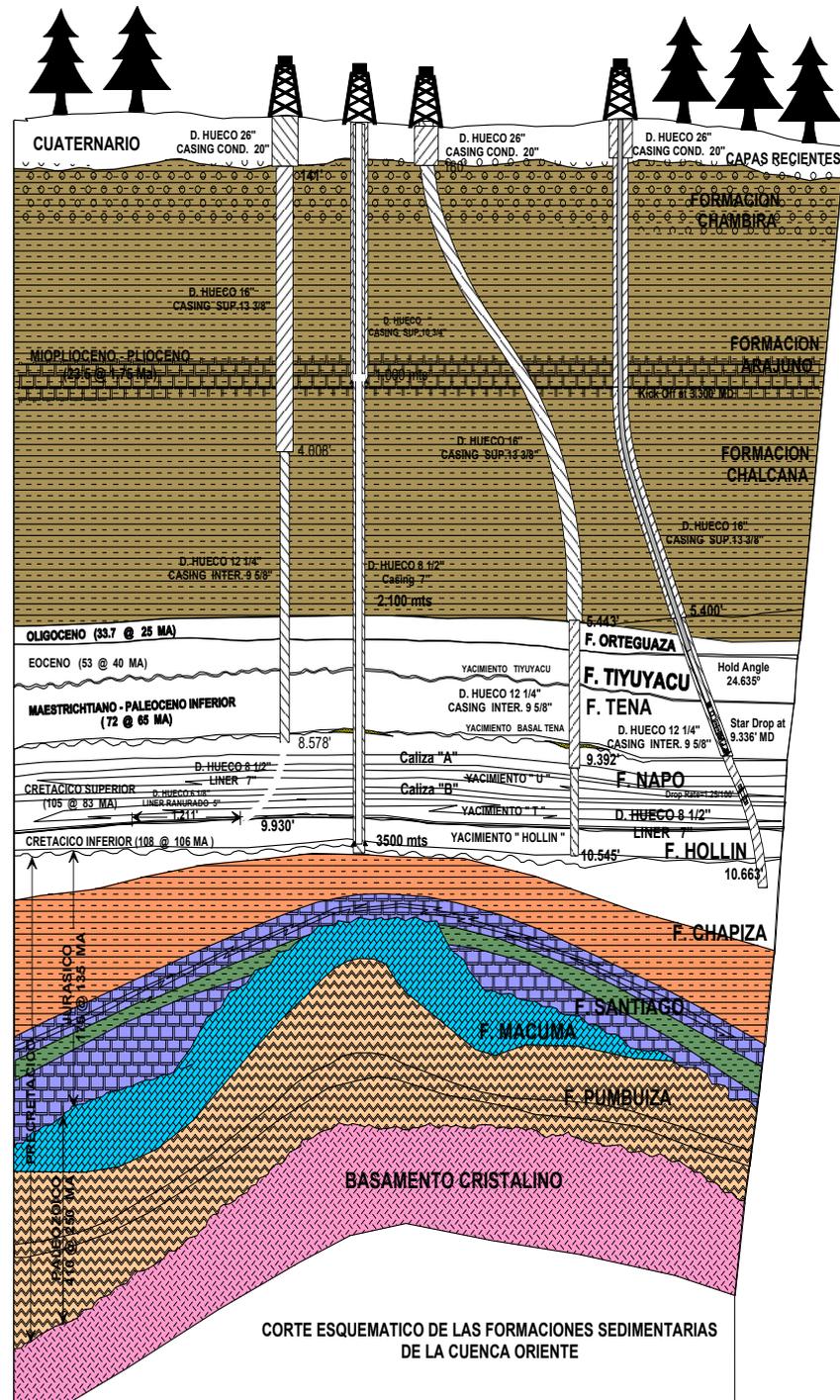


Grafico 3.15. Esquema de las formaciones sedimentarias de toda la cuenca oriente datos del ing. Luís Verdesoto ing. geólogo de petro ecuador en lago Agrio.

El objetivo de este grafico es mostrar que la mayoría de los estrados de la Cuenca Oriente sobre todo en los estratos donde se puede aplicar la tecnología son continuos son homogéneos

Es decir que se puede decir muy general que se puede aplicar la tecnología en toda la Cuenca Oriente pero se debe hacer un estudio geológico mas profundo para ver si se puede aplicar o no.

3.2.2. Columnas litológicas.

En el grafico a continuación es de la columna litológica de la Cuenca Oriente y mostrar que la zona donde es posible realizar la inyección esta por encima de la zona donde se produce que esta hecho una ampliación y por debajo de los acuíferos esta separa por una roca sello.

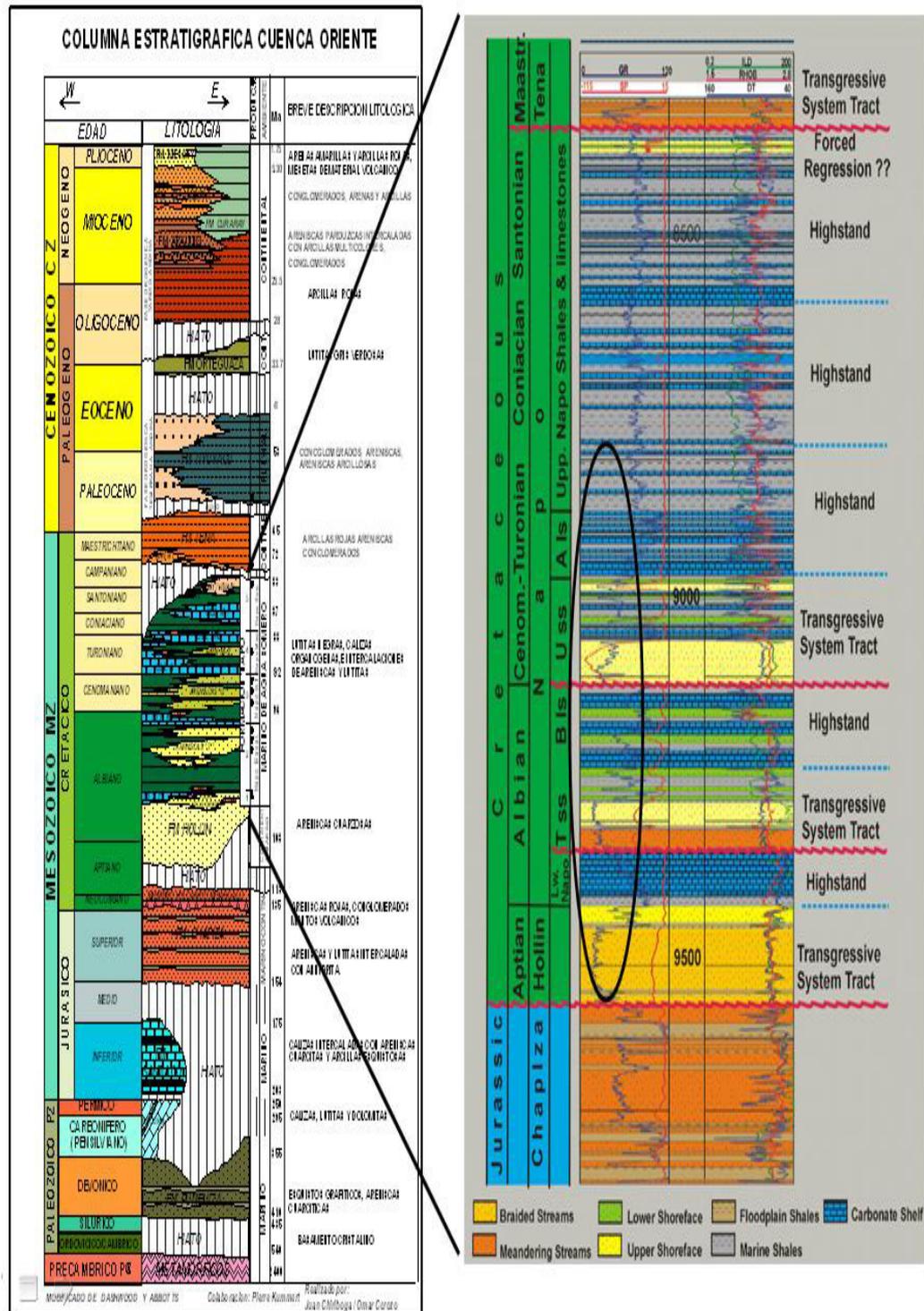


Grafico 3.16. Columna litologica cuenca oriente.

En el siguiente gráfico tenemos una completación que ha quedado y es de un pozo que se utiliza actualmente para realizar la re-inyección de aguas tratadas, y es mostrada ya que he tomado como referencia estos pozos mostrados a continuación otros gráficos de pozos re-inyectores se encuentran en el anexos figuras 2 y 3.

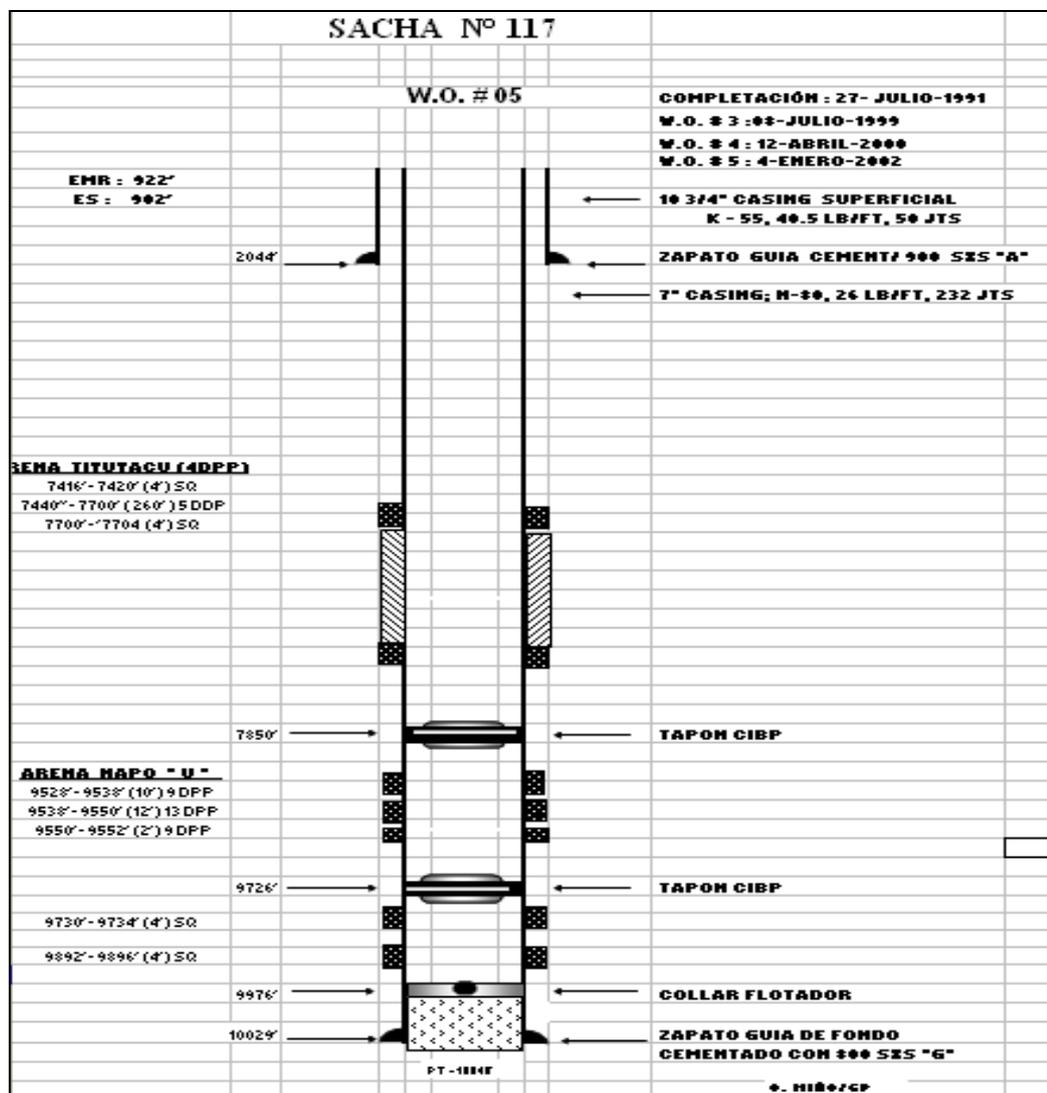


Grafico 3.17. Completación de re-inyector sachá-117.

A continuación se presenta la columna estratigráfica de todo el campo Sacha que es la misma que tienen los pozos tomados como referencia para la aplicación de la nueva tecnología

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA
CAMPO SACHA**

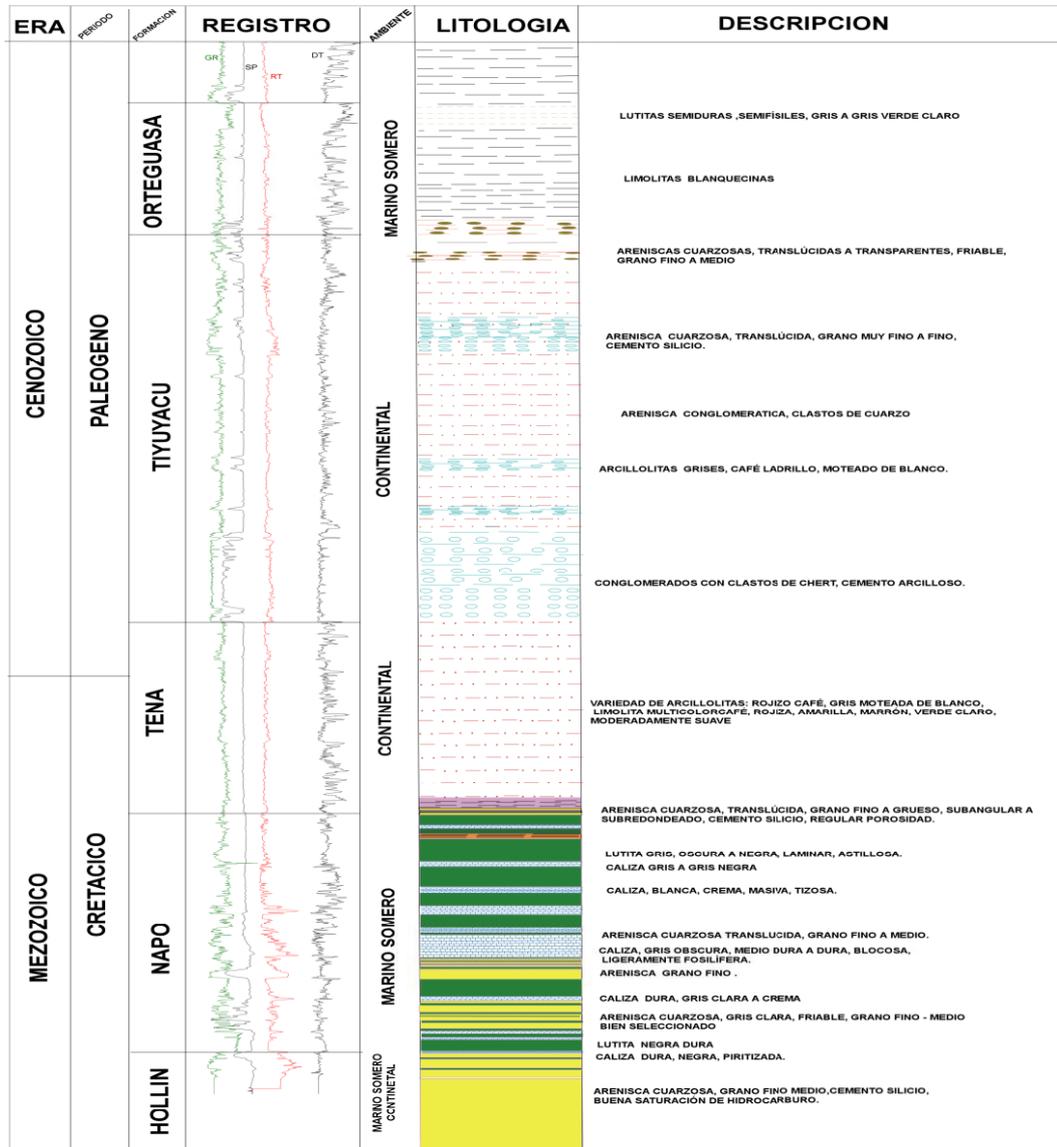


Gráfico 3.18. Columna estratigráfica de pozos re – inyectores

Se presenta una tabla sobre todos los pozos inyectores y re-inyectores que hay en el Campo Sacha y en la zona en la cual se esta inyectando y en algunos intervalos donde se esta introduciendo exactamente el agua. Y como se ve en la tabla se inyecta en las zonas donde también es factible usar para la inyección de recortes.

POZOS INYECTORES-REINYECTORES DEL DISTRITO AMAZONICO									
AREA	CAMPO	ESTACION	POZO	YACIMIENTO	INTERVALOS	ESTADO	OBSERVACIONES		
SACHA	SACHA	II-2	SAC-65	BASAL TIYUYACU			ACTIVO	Reinyector	
			SAC-117	BASAL TIYUYACU			ACTIVO	Reinyector	
		II-1	PLANTA						
			SAC-048	U+T				ACTIVO	WIW-01
			SAC-015					ACTIVO	WIW-02
			SAC-076					ACTIVO	WIW-03
			SAC-105					ACTIVO	WIW-04
			SAC-005					ACTIVO	WIW-05
		SAC-090					ACTIVO	WIW-06	
		C+S	SAC-029	BASAL TIYUYACU					Reinyector
			SAC-084	BASAL TIYUYACU	7440'-7710'(270') @ 12 DPP			EN W.O	Reinyector
			SAC-100	ORTEGUAZA	5944'-5956' (12'); 5966'- 5980'(14'); 5986'-6002'(16'); 6028'-6044'(16'); 6092'-				Reinyector
		PUCUNIA							

Tabla 3.1. Pozos inyectores y re-inyectores.

3.2.3. Ubicación geográfica dentro del bloque de Petroproducción.

Ubicación de todos los pozos existentes en el Campo Sacha incluidos pozos inyectores y re-inyectores

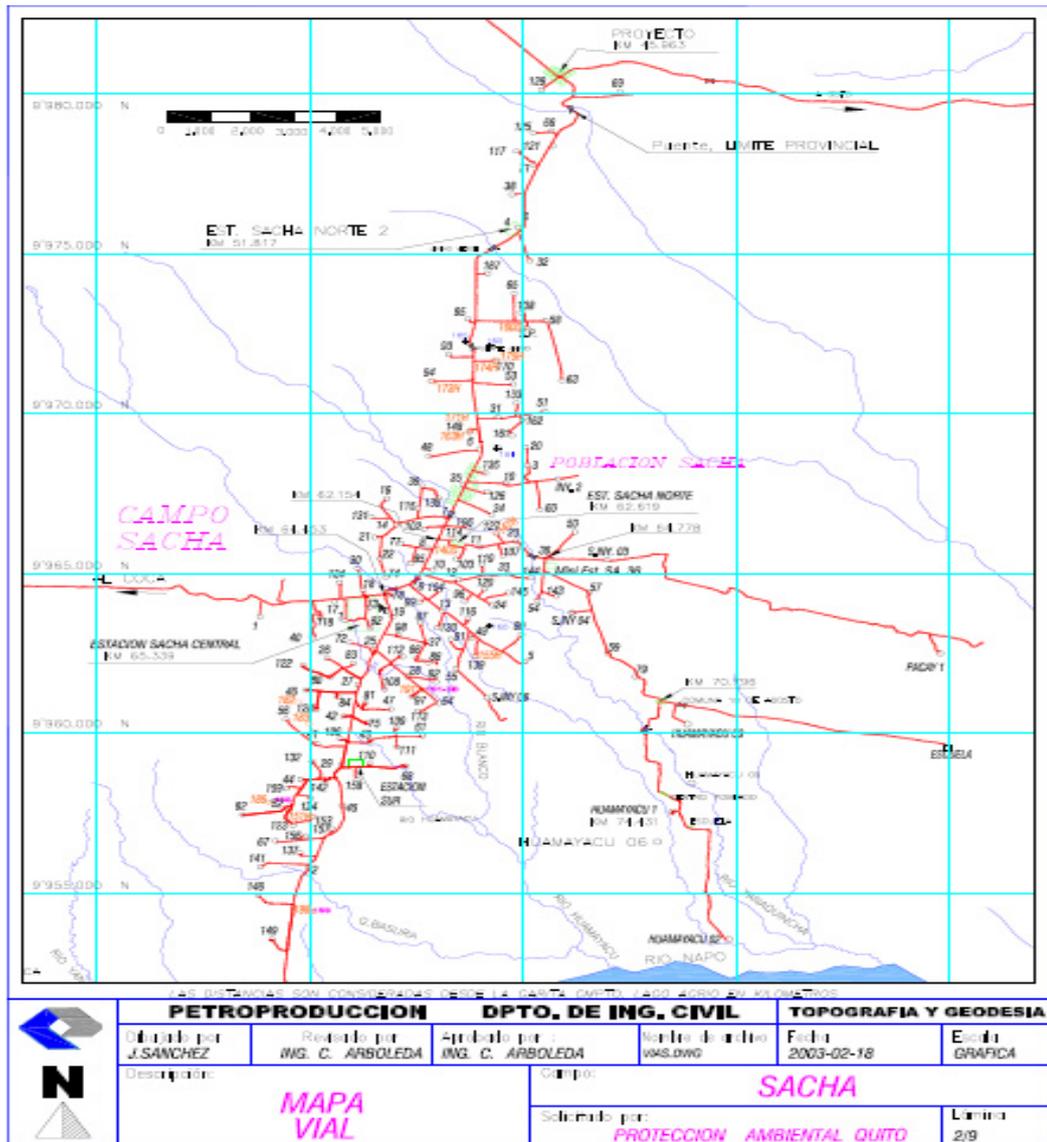


Grafico 3.19. Mapa de ubicación de pozos campo Sacha.

CAPÍTULO 4

4. COSTO BENEFICIO

4.1 Introducción al Análisis Económico.

El análisis desarrollado tiene como objetivo demostrar por qué la implementación de la nueva tecnología de re-inyección de sólidos es más beneficiosa desde el punto de vista económico, técnico y sobre todo ambiental, comparada con los métodos utilizados actualmente en nuestro país. La meta es realizar un análisis económico general, es decir, que pueda implementarse en cualquier campo petrolero del País.

El presente estudio es una respuesta a la creciente necesidad de buscar alternativas que nos permitan minimizar el impacto ambiental permitiendo un desarrollo sustentable de las empresas petroleras en las Operaciones de Manejo y Disposición de Ripios de Perforación, traduciéndose en un mayor bienestar para el ecosistema y generando un impacto social positivo para la población de la zona de influencia.

En primera instancia el análisis se centra en la cantidad de residuos que se obtiene de la perforación de un pozo, para determinar que es más factible hacer re-inyectar en el mismo pozo o un pozo específico de re-inyección.

Luego de obtener esta información, calculamos el porcentaje económico y ambiental de cada caso para comparar y establecer diferencias.

Es necesario determinar los elementos de comparación, es decir, establecer la disposición de espacio para el uso de la tecnología utilizada actualmente; entre los más importantes tenemos:

- Equipo necesario para la tecnología utilizada actualmente.
- Disposición de espacio solo para la maquinaria a utilizar
- Área requerida para las piscinas y celdas de almacenamiento de desechos después de ser tratados.
- Duración del proceso de mejoramiento de la zona después de ser tapada.
- Tiempo del proceso.

4.2. Comparación de costos con la tecnología que se utiliza actualmente en el Ecuador y la tecnología de re-inyección de rípios.

Este análisis se realiza considerando valores promedios, ya que la perforación de un pozo esta entre 23 a 30 días por lo cual se tomara un promedio de 25 días para este trabajo, esto hay que tener presente para analizar el costo de la tecnología utilizada actualmente.

En la tecnología que se utiliza actualmente los costos se manejan de la siguiente manera:

Alquiler de equipo por día esta en un promedio de 880 dólares.

Personal, químicos, operación esta en un promedio por día 5600 dólares.

Área necesaria para la construcción de celdas y piscinas es un promedio de 5 hectáreas y cada hectárea esta en un promedio de 7000 dólares.

Se produce un promedio de 15000 bls de recortes sólidos y líquidos en una perforación.

Es decir que valor promedio de todo este equipo tomando en cuenta un promedio de 25 días de perforación de un pozo es el siguiente y estos son los valores generales que se presentan a continuación, los valores mas detallados serán presentados en la figura 3 y 4 que están en el anexo :

Equipo	800 * 25	\$ 20000 dólares
Personal, químico, operación , maquinaria	4000 * 25	\$ 100000 dólares
Área necesaria para celdas y piscinas	(7000 * 2)	\$ 14000 dólares
Total promedio		\$ 134000 dólares

Tabla 4.1. De precios y total de tecnología actual

En cuanto a la aplicación de la nueva tecnología de re-inyección solo hay que tomar en cuenta el precio del equipo utilizado y el precio de barril o tonelada inyectada de lechada de esta forma se realizan los cobros en esta tecnología, y un pozo de 10000 pies de profundidad los cuales son los siguientes:

Alquiler del equipo por día es	\$2000 *25
Precio por tonelada inyectado	\$ 60 promedio por tonelada

Alquiler del equipo por día	\$2000 * 25	\$ 50000 dólares
precio tonelada inyectado	\$60 * 2000 Ton	\$ 120000 dólares

Total promedio	\$ 170000 dólares
----------------	-------------------

Tabla 4.2. Precios de la tecnología de re-inyección.

4.3. Análisis ambiental del uso de la tecnología usada actualmente y la tecnología de re-inyección de ripios.

De acuerdo al estudio realizado para la prospección Sísmica 3D en Fanny Sur reconoce que ecológicamente la región Amazónica posee ecosistemas muy frágiles con la más alta biodiversidad del mundo, por lo cual amerita un tratamiento especial de conservación y protección. De igual manera reconoce que gran número de familias siguen utilizando el agua proveniente de los pozos.

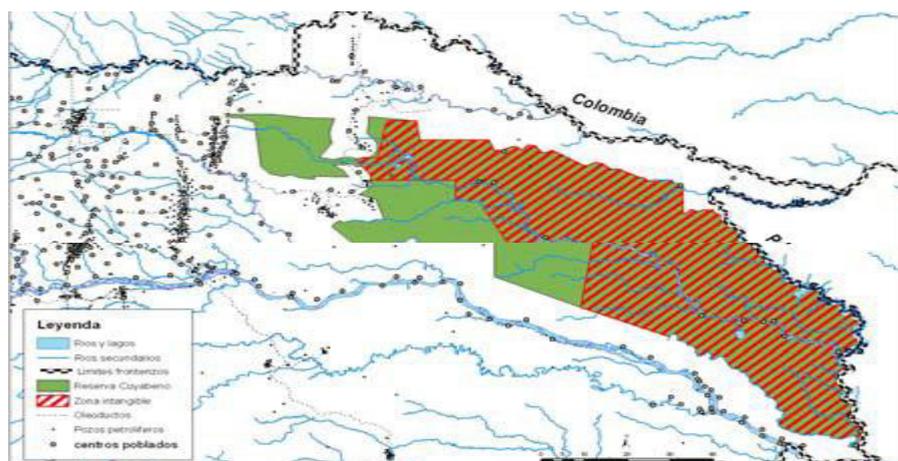


Figura 4.1. Zona Intangible de la Reserva de Producción Faunística

En la figura 4.1 podemos ver como esta la amazonia del ecuador y por lo que es un ecosistema frágil y virgen ya que esta siendo maltratado por las petroleras, se ve en la zona rayada que es la zona intangible que es donde aun no pone mano el hombre, la parte verde so reservas y los puntos que se presentan en la figura los mas grandes son poblaciones y los mas pequeños son pozos petroleros que se encuentran en todas las zona.

Pues bien para la introducción a lo que es la comparación ambiental mostrare primero los problemas que se presentaban anteriormente y todo el proceso para solucionarlo.

En el proceso de perforación de un pozo se realiza mucho daño al ecosistema por lo que hay que tratar de afectar en lo menos que se pueda al ecosistema, las principales causas que se dan en la perforación son los siguientes:

- Deforestación
- Inmigración
- Disminución en la calidad de vida de la población
- Afectaciones al ecosistema (flora y fauna)
- Conflictos comunitarios

- Pasivos ambientales-deuda ecológica

Antecedentes

Durante el proceso de explotación de hidrocarburos a cargote las diferentes empresas se excavaron numerosas fosas, mal llamadas piscinas, en las que se depositaron aguas, lodos de perforación, productos químicos y chatarra, etc. Resultado de lo cual, en el Distrito Amazónico se encuentran 400 piscinas aproximadamente, consideradas como pasivos ambientales, que constituyen focos de contaminación.

CAMPO	LAGO	LIBERTAD OR	SHUSHUFINDI	SACHA	AUCA	TOTAL
N°	44	131	57	117	51	400

Tabla 4.3. Numero de fosas en cada campo.

Por lo que anteriormente no había un control de los sólidos de perforación y afectaba al ambiente, causando daños irremediables. Por lo que se creo una empresa PEPDA la cual es la encargada de la eliminación y remediación de esas piscinas que se dejaron ahí a la intemperie por años.

A continuación se presenta una tabla en la cual describe el número de piscinas tratadas y la cantidad de tierra tratada.

TOTAL PISCINAS	DESECHOS VEGETALES (m ³)	SUELO EN PROCESO DE BIORREMEDIACION (m ³)	AGUA (m ³)	SUPERFICIE REMEDIADA, REFORESTADA Y ENTREGADA A SATISFACCIÓN DE LOS PROPIETARIOS (m ²)
34	6940	33503	86680	22632

Tabla 4.4. Total de material tratado.

Objetivos

Eliminar las piscinas contaminadas en el Distrito Amazónico en base a procedimientos de remediación ambiental y bajo parámetros establecidos por la Legislación Ambiental vigente.

Para ello la empresa encargada de esto realizo un plan para la eliminación de estas piscinas utilizando la bioremediación, que no es más que reparar el daño con bacterias y material orgánico.

Etapas de eliminación:

1. Recolección de desechos sólidos y tratamiento de agua
2. Succión y Transporte de Fluidos

3. Tratamiento y Recuperación de Crudo.
4. Limpieza de Suelo Contaminado
5. Monitoreo de la descontaminación
6. Taponamiento y Reconformación
7. Re-vegetación del Área Afectada
8. Certificación de Eliminación de Piscinas y Documentación del proyecto.

A continuación se presentara y se describirá cada paso para la remediación de las piscinas.

1. Recolección de desechos sólidos y tratamiento de agua

Se efectúa en forma manual, utilizando herramientas construidas con materiales de chatarra de la Empresa. Los desechos vegetales son acumulados sobre geomembrana o parrillas para su lavado y limpieza, con bombas de alta presión y limpiador biodegradable.



Figura 4.2. Recolección de desechos manualmente cortesía PEPDA

2. Succión y transporte de fluidos

Previa fluidización, mediante el vacuum se transportan los fluidos de las fosas (piscinas) a la Planta de Tratamiento y Recuperación de Crudo.

El agua remanente en las fosas (piscinas), luego de un análisis fisicoquímico, se reinyecta.



Figura 4.3. Transporte de fluidos y material

3. Tratamiento y Recuperación de Crudo

- El fluido se somete a filtración mediante mallas metálicas.
- Los sólidos filtrados son lavados y tratados.
- El crudo es tratado con demulsificantes, antiparafínicos y biocida, previa su mezcla con crudo diluyente y JP-1.
- El fluido se envían a los tanques de almacenamiento (2000 BLS de capacidad) y luego es sometido a calentamiento.
- El fluido es sometido a deshidratación, parte de agua es drenada y el fluido es almacenado para su posterior tratamiento mecánico.

- El agua residual del proceso de deshidratación es trasladada al sumidero principal de la Planta para su reinyección.



Figura 4.4. Equipo de tratamiento y recuperación de crudo.

4. Limpieza de Suelo Contaminado

Para la limpieza de paredes y piso de las fosas (piscinas) se procede al lavado mediante bombas a presión, hasta que los parámetros de contaminación se encuentren dentro de los límites permisibles de acuerdo a los reglamentos ambientales vigentes.

El suelo contaminado que no se encuentra dentro de los límites permisibles es transportado a los sitios de acopio para su posterior tratamiento mediante técnicas de bioremediación: landfarming.



Figura 4.5. Limpieza de suelo contaminado.

4. Taponamiento y Reconformación

La reconformación de las fosas (piscinas) se realiza utilizando el material existente en los contornos y zonas circundantes a las mismas.



Figura 4.6. Taponamiento de fosas

6. Re-vegetación del Área Afectada

La Re-vegetación se ejecuta bajo la dirección técnica de los encargados del manejo y mantenimiento de los Viveros Forestales.

Para la re-vegetación se utiliza abono orgánico y leguminosas nativas que aportan nutrientes al suelo.



Figura 4.7. Re-vegetación del área afectada.

Pues bien este es todo el proceso que se debió hacer y se lo sigue haciendo actualmente para la limpieza de estas piscinas, pero por estas razones y con el paso de los tiempos se ha tomado medias más estrictas con la parte ambiental.

En todo proceso que tenga que ver con la extracción del petróleo por lo tanto con el pasar de los tiempos se han ido mejorando el proceso de control de sólidos y llegamos hasta lo que se utiliza actualmente en nuestro país.

Proceso actual

Si bien es cierto este proceso es bastante bueno ya que esta dentro del reglamento ambiental permitido pero al igual esto al

ser tratado y puesto en la superficie causa contaminación, por lo cual a continuación se presentaran algunas imágenes de lo que este proceso pero cual es la desventaja en comparación con la tecnología de re-inyección.

Se presenta un esquema de todo el equipo y proceso de control de sólidos sin contar las celdas y piscinas.

Como se podrá ver se necesita una gran disponibilidad de espacio para instalar el equipo ya que todo lo que sale de la perforación es tratado en dos partes los fluidos y los sólidos y cada uno tiene su propio proceso de tratamiento en la parte que se trata el agua se la hace en tanques donde se le colocan químicos y es trasladada a plantas de re-inyección, y en cuanto a los sólidos, son tratados, puestos en celdas con químico por un periodo de tiempo y colocados en una piscina grande donde después serán taponados.

Este proceso es bastante efectivo pero el problema es que se requiere una gran cantidad de espacio para ubicar el equipo y poder hacer las piscinas y celdas.

Hay que tener en cuenta que para hacer esto hay que comparar los terrenos y después monitorear la zona para, después de un periodo de tiempo, ser reforestada.

Por consiguiente el proceso lleva bastante tiempo y no es 100% cero contaminación ya que igual todo se deposita en la superficie y mas aun con los problemas que se puedan presentar, ya que son zonas donde llueve muy a menudo.

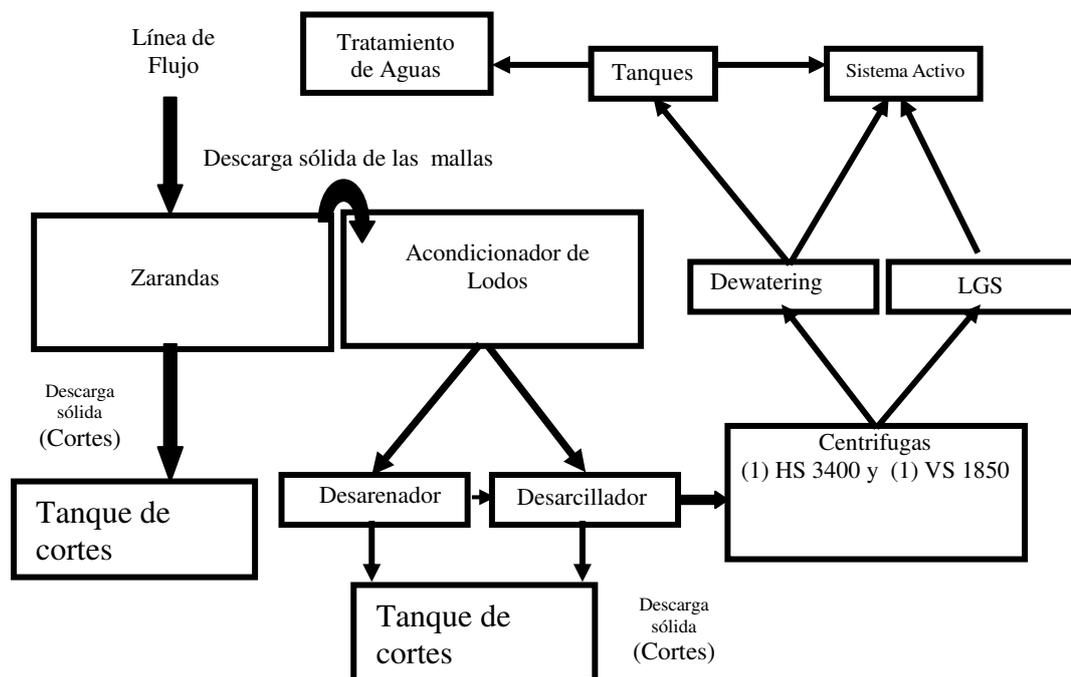


Figura 4.8. Equipo de control de sólidos.

En la figura 4.9. Se presenta las piscinas que se construyen para almacenar todo este material tratado que esta dentro de las normas ambientales pero no es 100% libre de contaminación.



Figura 4.9. Piscina donde se entierra el material solidó de perforación



Figura 4.10. Imagen de piscinas para depositación d residuos sólidos.

Por lo tanto como hemos visto en el proceso que se utiliza actualmente esta dentro de los parámetros ambientales impuestos pero como se sabe que siempre se busca mejorar para que cada vez aminorar el impacto ambiental, se esta planteando en esta tesis el sistema de re-inyección de recortes y este método es mucho mas eficaz en la parte ambiental ya que es 0% descarga al ambiente ya que se maneja en un ciclo cerrado, todo lo que sale de la perforación son tomados directamente por el equipo de re-inyección donde se produce una lechada las cuales son inyectadas al subsuelo a una

formación receptora y que no esta contactada con la superficie o acuífero alguno.

Otro punto muy importante que hay que ver es que si se aplica el método de re-inyección no hay necesidad de tanto espacio ya que los equipos no son de dimensiones tan grande en comparación con el actual y no hay la necesidad de todo el espacio que se necesitaba para la construcción de celdas y piscinas y no hay que realizar ninguna re-vegetación ni monitoreo de la zona.

El proceso de re-inyección ofrece una solución ambientalmente viable para áreas donde la eliminación tradicional en sitio no es una opción. En áreas estrictamente reguladas, la re-inyección puede ayudar en el cumplimiento de las disposiciones ambientales. Los reglamentos ambientales y las estrategias corporativas requieren de la eliminación de varios desechos de perforación, incluso la de aquellos no relacionados con fluidos base aceite o base sintética.

La re-inyección de recortes constituye una opción para la eliminación permanente y segura de los desechos relacionados con la perforación que se encuentran a menudo en el sitio de

origen. En cientos de aplicaciones en todo el mundo ha probado ser una solución efectiva para eliminar recortes de perforación tanto en ambientes costa fuera como terrestres. Dependiendo de la clasificación del pozo de desechos y las políticas del pozo y su propietario, otros materiales de desecho perforados tales como exceso de fluido de perforación, agua de lluvia o desecho de limpieza de las operaciones de mantenimiento provenientes del equipo de perforación también se pueden recolectar y transportar al equipo.

Las operaciones con el sistema de re-inyección ahorran tiempo, trabajo y espacio en el equipo al eliminar la necesidad de acumular, almacenar y remolcar recortes y otros desechos de perforación a la costa para su tratamiento.

Además el espacio que se necesita para la utilización del equipo es mucho menor y mas rápido de instalar que todo el equipo utilizado actualmente.

A continuación en la figura 2.11. se presenta todo el equipo de re-inyección y con la finalidad que se vea que cantidad es

necesaria para este equipo por lo tanto es mucho mas factible que cualquier otra tecnología desde el punto de vista ambiental y es lo ultimo en tecnología que se esta utilizando para el manejo de los ripios de perforación a nivel mundial.



Figura 4.11. Espacio para el equipo de re-inyección.

4.4. Análisis costo – beneficio

Un valedero análisis Costo – Beneficio no pudo ser determinado ya que la empresa fabricante de los equipos que conforman el sistema de re-inyección de ripios no facilitó una pro forma con el costo exacto de dichos equipos ya que estos equipos no han sido utilizados en nuestro país y habría que hacer un estudio para dar un valor que este dentro de los parámetros nuestros. Sin embargo, con el objetivo de

realizar una rentabilidad del sistema de re-Inyección de ripios propuesto, con el ingeniero de la empresa MI SWACO que es encargado del área de control de sólidos precios de barril o tonelada de material inyectado.

El estudio económico trata de ver la relación Costo – Beneficio, es decir se analizan los costos que produce el uso de este equipo comparando con el usado actualmente tanto económico como ambiental.

En el análisis de la parte económica de acuerdo a la comparación ya presentada anteriormente se ve que la nueva tecnología es de un 10 a 15 % mas alta que el precio de la tecnología actual pero para ser lo ultimo en tecnología en el mercado mundial no es mucha la diferencia y esta a un valor asequible para su uso en el país.

En la parte ambiental se ve de acuerdo a lo expuesto que con la nueva tecnología no hay contaminación ya que es un ciclo cerrado lo que sale de la perforación pasa al equipo de re-inyección y se inyecta al pozo, es decir hay cero descarga al ambiente. Además se evita la

adquisición de zonas para la construcción de piscinas y celdas y nada es expuesto en superficie.

Por lo que se demuestra que con la nueva tecnología en la parte ambiental lleva un porcentaje muy alto de diferencia con la tecnología usada actualmente.

	Tecnología actual	Nueva tecnología	comparación
costos	\$ 134000 dólares	\$170000 dólares	Nueva tecnología 20% mas que la actual
ambientales	Esta dentro de las normas pero no es 100% cero contaminación	Cero descarga al ambiente en un ciclo cerrado	Nueva tecnología 0% contaminación y menor espacio de trabajo

Tabla 4.4. Análisis final costo benéfico.

4.5. Ventajas y desventajas del sistema de re-inyección de ripios.

Ventajas

- Es una tecnología con cero descargas al ambiente.
- Disminuye el impacto ambiental.
- No necesita tanto espacio para ser ubicado por eso se lo usa bastante costa fuera.
- Usualmente es una opción mas económica
- Elimina la depositación de todo ese material a superficie
- Es un proceso básico y simple de manejar
- Eliminación de recortes en sitio
- Es una alternativa eficaz en relación con el costo de adquisición de tierra y construcción de piscinas; elimina las cuotas de transporte de recortes.
- Mantiene el objetivo de contención total de recortes; ayuda a cumplir con los reglamentos en materia ambiental.
- La recolección y eliminación se logran sin generar tiempo improductivo costoso
- Una opción practica para áreas de perforación costa fuera donde se prohíbe la eliminación en sitio.
- Tecnología probada en campo

- Los componentes modulares están configurados a la medida para adaptarse al volumen de recortes, disponibilidad de espacio y otros requerimientos específicos del cliente

Desventajas

- Encontrar la zona adecuada para la inyección
- Necesita un estudio geológico y de fracturamiento usualmente
- Necesite un plan de reserva en caso de la inyección fracase es muy importante.
- Incertidumbre en predicciones de fracturas: ¿Cuánto seguramente podemos bombear?
- Tener cuidado con la presión de trabajo.
- El hecho de garantizar de la propagación de fractura no alcanza el techo de la zona de la roca sello o peor aun que llegue a superficie puede ocurrir lo que se ve a continuación en la siguiente figura.

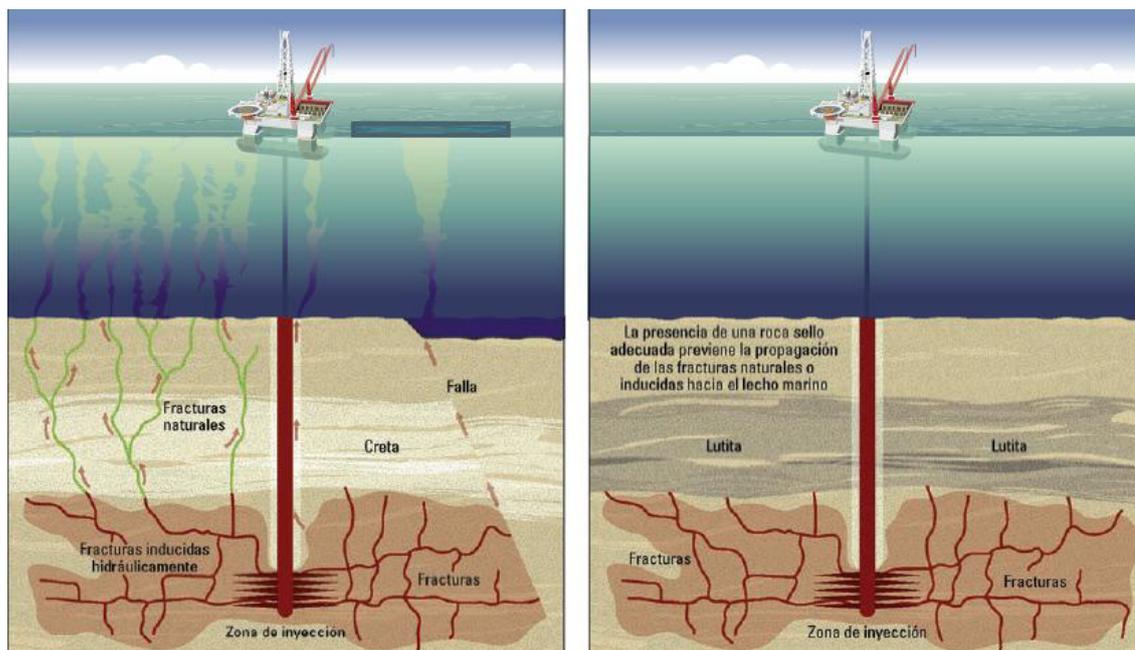


Figura 4.12. Derrame si no hay control adecuado.

- Si no se realizan correctamente, las operaciones de inyección, pueden obstruir y tapan la tubería de inyección, la tubería de revestimiento, el espacio anular o la zona de disparos, como resultado del asentamiento de sólidos de la lechada.

4.6. Reglamentación ambiental.

Para el manejo de residuos de perforación se debe de cumplir diferentes normas ambientales para su depositación, entre los cuales tenemos:

Manual de la reglamentación ambiental de las operaciones hidrocarburíferas del Ecuador:

En el art. 28 que trata sobre el manejo de desechos, el cual consta de tres literales:

- a) Reducción de desechos en la fuente.- Dice que se deben incorporar las políticas y prácticas para la reducción en la fuente de cada una de las categorías de los desechos descritos en la tabla 8 del anexo 2 de este reglamento.
- b) Clasificación.- Los desechos, que constan en la tabla 8 del anexo 2 deberán ser tratados, clasificados, reciclados o reutilizados y dispuestos de acuerdo a las normas ambientales y el plan de manejo ambiental.
- c) Disposición.- Se prohíbe la disposición no controlada de cualquier tipo de desecho. Los sitios de depositación de desechos tales como rellenos sanitarios y piscinas de depositación final, contarán con un sistema adecuado de canales para el control, así como para su tratamiento y monitoreo de estos previos a su descarga.
- d) Registro y documentación.- En todas las instalaciones y actividades hidrocarburíferas se llevarán registro sobre la clasificación de desechos, volúmenes y/o cantidades generadas

y la forma de tratamiento y/o disposición para cada clase de desechos conforme a la tabla 8 del anexo 2 de este reglamento.

Un resumen de dicha documentación se presentara en le informe anual ambiental.

En el art. 29. Sobre el manejo y tratamiento de descargas liquidas.- Toda instalación, incluyendo centros de distribución, sean nuevos o remodelados, así como las plataformas de off-shore, deberán contar con un sistema conveniente segregado de drenaje, de forma que se realice un tratamiento específico por separado de aguas lluvias y de escorrentías, aguas grises y negras y efluentes residuales para garantizar su adecuada depositación. Deberán disponer de separadores agua-aceite o separadores API ubicados estratégicamente y piscinas de recolección, para contener y tratar cualquier derrame así como para tratar las aguas contaminadas que salen de los servicios de lavado, lubricación y cambio de aceites, y evitar la contaminación del ambiente. En las plataformas off-shore, el sistema de drenaje de cubierta contara en cada piso con válvulas que permiten controlar eventuales derrames en la cubierta y evitar que estos se descarguen al ambiente. Se deberá dar mantenimiento permanente a los canales de drenaje y separadores.

- a) Desechos líquidos industriales, aguas de producción, descargas líquidas y aguas de formación.- Toda estación de producción y demás instalaciones industriales dispondrán de un sistema de tratamiento de fluidos resultantes de los procesos.

No se descargara el agua de formación a cuerpos de agua mientras no cumpla con los límites permisibles constantes en la tabla 4 del anexo 2 de este reglamento.

- b) Disposición.- Todo afluente líquido, proveniente de las diferentes fases de operación, que deba ser descargada al entorno, deberá cumplir antes de la descarga con los límites permisibles establecidas en la tabla 4 del anexo 2 de este reglamento.

Los desechos líquidos, las aguas de producción y las aguas de formación deberán ser tratadas y podrán ser inyectadas y dispuestas, conforme lo establece el literal c) de este mismo artículo, siempre que se cuente con el estudio de la formación receptora aprobada por la Dirección Nacional de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas en

coordinación con la Subsecretaría de Protección Ambiental del mismo Ministerio.

Si estos fluidos se dispusieren en otra forma que no sea a cuerpos de agua ni mediante inyección, en el plan de manejo ambiental se establecerán los métodos, alternativas y técnicas que se utilizarán para la disposición con la indicación de la justificación técnica y ambiental; los parámetros a cumplir serán aprobadas en el plan de manejo ambiental;

- c) Re-inyección de aguas y desechos líquidos.- Cualquier empresa para disponer de desechos líquidos por medio de inyección en una formación porosa tradicionalmente no productora de petróleo, gas o recursos geotérmicos, deberá contar con un estudio aprobado por la subsecretaría de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas que identifique la formación receptora y demuestre técnicamente:

- c.1) Que la formación receptora está separada de formaciones de agua dulce por estratos impermeables que brindaran adecuada protección a estas formaciones.

- c.2) Que el uso de tal formación no pondrá en peligro capas de agua dulce en el área;

c.3) Que las formaciones a ser usadas para la disposición no contienen agua dulce; y.

c.4) Que la formación seleccionada no es fuente de agua dulce para consumo humano ni riego, esto es que contenga sólidos totales disueltos mayor a 5000 ppm.

El indicado estudio deberá incorporarse al respectivo plan de Manejo Ambiental.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. De acuerdo a los parámetros requeridos para el uso de la nueva tecnología se comprobó que en Ecuador si hay zonas que cumplen con los parámetros que son Ortegaza y Tiyuyaco por lo cual es aplicable.
2. La nueva tecnología en si es un poco mas cara su aplicación pero vale la pena ser utilizada ya que por el lado ambiental hay una mejora muy grande ya que con esta nueva tecnología es un ciclo cerrado es decir cero descarga al ambiente.
3. No importa el tipo de desecho, puede ser de perforación, aguas negras o algún fluido contaminado, ya que en el equipo de conversión de lechada se realiza el tratamiento adecuado con químicos para ser inyectado.

4. En cuanto a las reglamentaciones ambientales en nuestro país no hay un estudio sobre la aplicación de la nueva tecnología en nuestro país ya que no se la ha utilizado, pero comparando con la reglamentación Mexicana que es muy parecida a la nuestra se puede concluir que no habrá ningún inconveniente con la aceptación del uso de la nueva tecnología.

5. La optimización de la ubicación del equipo de re-inyección brinda una ventaja ya que hay mejor rendimiento de espacio de la locación puesto que ocupa muy poco espacio en relación a la tecnología actual y no necesita el espacio para celdas y piscinas.

Recomendaciones

1. Las zonas Orteguzza y Tiyuyaco cumplen con los parámetros para el uso de la nueva tecnología pero se recomienda un estudio geológico mas profundo si es posible aplicando sísmica para tener referencia de todo el estrato y sus fallas.
2. Se debe tener un monitoreo constante de todo el proceso, desde que se comienza a inyectar para ver como avanza las fracturas y distancias ha avanzado la inyección.
3. Ya que el estudio fue hecho en el campo sachá, tomando como referencia los pozos re-inyectores de agua, es mejor realizar un pozo nuevo que se dedique solo a la re-inyección de recortes con una completación especial para poder resistir las presiones necesarias para este método.
4. Se recomienda un plan de reserva por si hay algún inconveniente en el momento de la inyección de los recortes de perforación.

Anexos

Tabla N.1 Operaciones de Inyección a nivel mundial.

Operador	País	Campo / Equipo
BP Amoco	Noruega	GYDA
BP Amoco	Reino Unido	Harding
Unocal	Alaska	Granite Point
BP Amoco	Noruega	ULA
Shell/Dowell	Gabon	Rabi
BP Amoco	Alaska	Badami
Statoil	Dinamarca	Siri
Phillips	Reino Unido	Rowan Gorilla 4
BP Amoco	Reino Unido	Bruce
BP Amoco	Reino Unido	ETAP
BP Amoco	Reino Unido	Magnus
Shell/KCA	Reino Unido	North Cormorant
Shell/KCA	Reino Unido	Tern Alpha
Shell/KCA	Reino Unido	Dunlin Alpha
Danop/Amerada	Dinamarca	Kolskaya
Pogo	USA	Land
Arco	Alaska	Alpine
Conoco	USA	Ensco 69
Mobil	USA	Baltic 1
Halliburton	USA	Earl Fredrikson
Vastar	USA	Ocean Triton
Santa Fe/Snyder	USA	Rowan 24
Pan Canadian	Canada	Rowan Gorilla 3
Unocal	Alaska	Cook Inlet
Unocal	Alaska	Bruce
Petroquest	USA	Falcon 23
Exxon Mobil	USA	H&P 107
Burlington	USA	Pit Closure
Hibernia Group	Canada	Hibernia
Halliburton	USA	Pit Closure / Viator #1
Halliburton	USA	Summit #4
PEMEX	Méjico	Nohoch C
PEMEX	Méjico	Abkatun P
PEMEX	Méjico	Abkatun S

Tabla 1. Lugares donde se ha utilizado la tecnología de re-inyección

Código	Tipo de desecho	Reducción, tratamiento y disposición
A4150	Sustancias químicas de desechos, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación, cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan	
A4160	Carbono activado consumido, excepto el resultante del tratamiento del agua potable	

B) Desechos no caracterizados como peligrosos:
(sujetos a control conforme a este Reglamento)

Código	Tipo de desecho	Reducción, tratamiento y disposición
B0045	Desechos domésticos inorgánicos	Clasificación; disposición controlada.
B0046	Desechos domésticos orgánicos	Clasificación; compostaje.
B2011	Ripios	Disposición controlada.
B2020	Desechos de vidrio	Clasificación; reciclaje.
B2041	Agua de formación	Reinyección.
B2042	Sedimentos de perforación y fondos contaminados del almacenamiento o depósito de desperdicios no peligrosos	Disposición controlada de sólidos.
B3001	Tierra con hidrocarburos	Prevención de derrames; Biorremediación, landfarming
B3002	Lodos y arena contaminados con hidrocarburos	Biorremediación, landfarming
B3003	Hidrocarburos recuperados en el flujo de producción y/o tratamiento de efluentes	Reincorporación al proceso de producción
B3004	Desechos de petróleo crudo	Reincorporación al proceso de producción
B3005	Gases retirados del flujo de producción tales como: sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono, y otros hidrocarburos volatilizados	Recuperación y tratamiento dentro de los procesos de producción.
B3006	Fluidos y lodos de perforación	Priorización de lodos de perforación en base de agua; reciclaje de lodos; tratamiento de sedimentación y decantación; reinyección de líquidos; disposición controlada de sólidos.
B3010	Desechos de plástico	Clasificación; reciclaje.
B3020	Desechos de papel, cartón y productos de papel	Clasificación; reciclaje.
B3030	Desechos textiles	Clasificación; reciclaje.
B3150	Otros desechos inorgánicos industriales no clasificados como peligrosos → especificar	Clasificación; disposición controlada.

Tabla 2. Clasificación de los desechos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. CHIRIBOGA A. “Información geológica”, Petroproduccion, Quito-Ecuador
2. DABOIN PRATT, N. LIZARAZO J. y VERA, F. (M-I SWACO), “Proyecto de re-inyección de recortes y fluidos ayuda a cumplir el objetivo de cero descarga en la Bahía de Campeche”, México
3. HALLIBURTON INTERNATIONAL BRANCHES, “Catalogo de Ventas”, 2004 – 2005
4. L. P. DAKE, “Fundamentals of Reservoir Engineering, (Elsevier), 1978
5. MEZA DIEGO, “Manual de Control de Sólidos” (Empresa Brandt)
6. M-I SWACO, “ Manual de re-inyección de Recortes”

7. M-I SWACO, “Información sobre el equipo de reinyección”,
www.miswaco.com

8. PEPDA, “Datos ambientales y tratamientos de fosa

9. SCHLUMBERGER SURENCO. S.A, CRI, <http://www.slb.com>

10. VALLESTEROS A. CHRISTINA, “Evolución de Diferentes Sistemas para el Tratamiento de Residuos de Perforación en el Campo Tarapoa operado por la empresa Andes Petroleum S.A”, (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007)

11. VERDESOTO LUIS, “Datos de oficina de Petroproduccion”, Lago Agrio

GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS

- 1. Acuífero.-** Suelo o terreno con agua o bien capa subterránea de roca permeable, arena o gravilla que contiene o a través de la cual fluye agua. Se refiere a aguas subterráneas.
- 2. Agua de formación.-** Agua que se encuentra conjuntamente con el petróleo y el gas en los yacimientos de hidrocarburos. Puede tener diferentes concentraciones de sales minerales.
- 3. Aguas residuales.-** Aguas resultantes de actividades industriales que se vierten como efluentes.
- 4. Agua superficial.-** Masa de agua sobre la superficie de la tierra, conforma ríos, lagos, lagunas, pantanos y otros similares, sean naturales o artificiales.
- 5. Ambiente.-** Conjunto de elementos bióticos y abióticos, y fenómenos físicos, químicos y biológicos que condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos. Generalmente se le llama medio ambiente.

- 6. Biodiversidad.-** Cantidad y variedad de especies diferentes (animales, plantas y microorganismos) en un área definida, sea un ecosistema terrestre, marino, acuático, y en el aire. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre varias especies y entre los ecosistemas.
- 7. Bioremediación.-** Proceso de remediar sitios contaminados que aprovecha el potencial de ciertos microorganismos de degradar y descomponer los contaminantes orgánicos, optimizando a través de técnicas mecánicas y físico químicas las condiciones para la acción microbiológica.
- 8. Contaminación.-** Proceso por el cual un ecosistema se altera debido a la introducción, por parte del hombre, de elementos sustancias y/o energía en el ambiente, hasta un grado capaz de perjudicar la salud, atentar contra los sistemas ecológicos y organismos vivientes, deteriorar la estructura y características del ambiente o dificultar el aprovechamiento racional de los recursos
- 9. Disposición final.-** Forma y/o sitio de almacenamiento definitivo o bien forma de destrucción de desechos.

- 10. Fase de desarrollo.-** Etapa en la que se ejecutan los trabajos necesarios para desarrollar los campos descubiertos y ponerlos en producción.
- 11. Flora.-** Conjunto de especies vegetales que pueblan determinados territorios o ambientes.
- 12. Fluido de perforación.-** Mezcla utilizada para estabilizar las paredes del pozo y transportar a superficie los ripios de perforación. Sinónimo de lodos de perforación.
- 13. Formación.-** La formación es la unidad formación fundamental de la clasificación litoestratigráfica; tiene rango intermedio en la jerarquía de las unidades lito estratigráficas y es la única unidad formal empleada para dividir completamente a toda la columna estratigráfica en todo el mundo en unidades nombradas, sobre la base de su naturaleza lito estratigráfica.
- 14. Inyección de agua.-** Método de recuperación secundario para elevar la presión del yacimiento a fin de incrementar la recuperación de hidrocarburos; así como para la disposición de fluidos residuales a formaciones del subsuelo por medio de pozos no productivos; muchas veces referido como re-inyección de agua.
- 15. Nivel freático.-** Altura que alcanza la capa acuífera subterránea más superficial.

16. Pozo inyector.- Aquel que se perfora o acondiciona para inyectar un fluido a fin de confinarlo o para implementar procesos de recuperación mejorada de hidrocarburos.