



T
622.3382
5456
0.2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**"LA PERFORACION HORIZONTAL Y SUS
APLICACIONES EN EL ECUADOR"**

TOPICO DE GRADUACION
Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO EN PETROLEO

Presentado por:
JOFRE GONZALO SEGURA ALVARADO

Guayaquil - Ecuador

1.991

AGRADECIMIENTO

Al ING. DANIEL TAPIA FALCONI, por la permanente ayuda brindada para la realización de este trabajo.

A mis HERMANOS Y COMPANEROS; a los primeros por creer en mi capacidad y apoyarme animicamente en mis deseos de superación, para los segundos por la alegría de poder compartir con muchos de ellos, las tristezas y alegrías de la vida universitaria.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

GONZALO SEGURA ALVARADO
LOLITA ALVARADO DE SEGURA

Por su apoyo incondicional, para que pueda cumplir con mi máxima aspiración en la vida.

Por permitirme realizar lo que yo he deseado sin presiones de ninguna naturaleza. Espero que aquello que he logrado recompense en algo lo que ellos esperaban de mí.

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto, me corresponden exclusivamente; y, el Patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "

(Reglamento de Exámenes y Titulos profesionales de ESPOL)

.....

JOFRE GONZALO SEGURA ALVARADO

.....
ING. DANIEL TAPIA F.
DIRECTOR DEL TOPICO

.....
ING. HEINZ TERAN M.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
ING. EDISON NAVARRETE
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el de servir de fuente de consulta para los profesionales interesados en conocer en forma general, lo referente a la técnica de la perforación horizontal.

El hecho de que esta actividad sea completamente nueva en nuestro país, le da mucho interés a la actividad investigadora que están emprendiendo algunas compañías, con el fin de ver la posibilidad de realizar este tipo de trabajo, primordialmente en la región oriental.

En la primera parte del trabajo se detallan los diferentes conocimientos previos sobre lo que es un pozo horizontal, sus aplicaciones, características del yacimiento, descripción de la técnica, entre otras cosas.

Luego, se describen los diferentes parámetros que involucra la perforación de un pozo horizontal, tales

como: perforación de la parte crítica del pozo, descripción del ensamblaje de fondo y una breve revisión sobre la completación y cementación del mismo. Es de destacar, que la mayoría de los detalles se basan en la perforación horizontal de radio medio, ya que es el tipo de perforación de mayor aplicación de mayor aplicación a nivel mundial.

En el último capítulo se detalla la actividad exploratoria de ésta nueva técnica en nuestro país, su aplicabilidad y los detalles de la perforación del primer pozo horizontal en el Ecuador.

Al final del trabajo se indican algunas recomendaciones y conclusiones que pueden ser de alguna utilidad. Además, la correspondiente bibliografía consultada.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	I
INDICE GENERAL	III
INDICE DE FIGURAS	VI
INTRODUCCION	VII
CAPITULO I	
REVISION DE LITERATURA	
1.1 Concepto de Pozo Horizontal	1
1.2 Razones para la Perforación de un Pozo Horizontal	1
1.3 Aplicaciones	2
1.4 Características Básicas del Yacimiento	4
1.5 Tipos de Pozos Horizontales	4
1.6 Descripción General de la Técnica	7
1.7 Costos de un Pozo Horizontal	9
CAPITULO II	
PERFORACION HORIZONTAL	
2.1 Equipos	12
2.2 Desviación del Pozo	13
2.3 Perforar el Pozo Horizontal	14
2.4 Conjunto de Fondo de Pozo	15
2.4.1 Broca	17

2.4.2 Amortiguador Orientador	17
2.4.3 Collar de Perforación no Magnético	18
2.4.4 Herramienta de Dirección	19
2.4.5 Tubería de Perforación	20
2.4.6 Amortiguador de Ingreso por Puerta Lateral	21
2.4.7 Tubería de Revestimiento	21
2.4.8 Completación	22
2.4.8.1 Tipos de Completaciones Horizontales	23
2.5 Cementación	24
CAPITULO II	
PERFORACION HORIZONTAL EN EL ECUADOR	
3.1 Estudios previos	26
3.1.1 Actividad planificada por ORYX ECUADOR ENERGY COMPANY	27
3.2 Perforación del Pozo Horizontal GACELA-1	28
3.2.1 Datos generales	28
3.2.2 Localización del pozo	28
3.2.3 Equipo de perforación	29
3.2.4 Objetivo	29
3.2.5 Estratigrafía esperada	30
3.2.6 Brocas	30
3.2.7 Tubería de perforación	31
3.2.8 Programa de lodos	31
3.2.9 Control de la verticalidad	32
3.2.10 Programa de tubería de revestimiento y cementación	32
3.2.11 Costos estimados del pozo	37

3.3 Aplicabilidad

37

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

No.

1. TIPOS DE POZOS HORIZONTALES
2. APLICACIONES DE POZOS HORIZONTALES
3. CONFIGURACION DE LA SARTA DE PERFORACION HORIZONTAL DE CURVATURA MEDIA.

INTRODUCCION

La tecnología de perforación horizontal puede considerarse como el asunto técnico de mayor importancia en la industria petrolera actualmente. Casi todas las compañías quieren saber como se puede incrementar la producción en sus yacimientos mediante el uso de pozos horizontales.

Se están perforando pozos horizontales en todo el mundo, habiéndose reportado pozos productores exitosos en los Estados Unidos, Francia, costa afuera en Italia, Canadá, Brazil, Argentina y la URSS. Se ha reportado la perforación de un pozo no exitoso en Filipinas.

La producción de petróleo y gas a través de inclinaciones y/o pozos horizontales está siendo usada por la industria del petróleo desde inicios del año 1940. Hasta antes de 1979, muy pocos pozos horizontales habían sido perforados en los países comunistas. La fracturación hidráulica de pozos verticales había sido la práctica más común para incrementar la productividad. Sin embargo, los pozos

horizontales pueden tener incrementos en la tasa de producción comparados a pozos verticales no fracturados.

Uno de los aspectos resaltantes es que su producción es de dos a cinco veces mayor que la de un pozo vertical asumiendo la misma área de drenaje. Esto en parte se debe a que el área de contacto pozo-formación es mayor en un pozo horizontal que en uno vertical (longitud de la sección horizontal es mayor que el espesor de la formación). Sin embargo, y desde el punto de vista económico, no todos los yacimientos son candidatos para perforación horizontal. Esto se debe a que el aumento de la productividad está relacionado con varios factores o parámetros del yacimiento, tales como la permeabilidad, espesor de la formación, permeabilidad horizontal, para mencionar algunos, y el hecho de que el fracturamiento del pozo vertical, de ser viable, es competitiva al pozo horizontal.

Como un resultado, ahora hay incentivos para investigar y entender la tecnología requerida para seleccionar los pozos candidatos, perforar, completar, probar, estimular y propiamente producir reservorios usando pozos inclinados y/o pozos horizontales, conduciendo a incrementos significantes en ingresos del pozo bajo ciertas condiciones.

Sirva esta breve introducción para comunicar el interés de la industria petrolera de seguir investigando el desarrollo de la perforación de pozos direccionales y/o horizontales y su aplicación en nuestros campos.

CAPITULO I

REVISION DE LITERATURA

1.1 CONCEPTO

Por pozos horizontales se entiende como aquellos en los cuales la porción de la pared del pozo que penetra el yacimiento, es horizontal.

1.2 RAZONES PARA LA PERFORACION DE UN POZO HORIZONTAL (8)

Hay varias razones para perforar un pozo horizontal. La razón más importante es incrementar el retorno en la inversión (ROI). El costo de la perforación de un pozo horizontal es mayor que el de la perforación de un pozo vertical, y los costos de la completación son usualmente más altos.

Sin embargo, el volumen de producto recuperable tiene que ser suficiente para justificar el pozo horizontal.

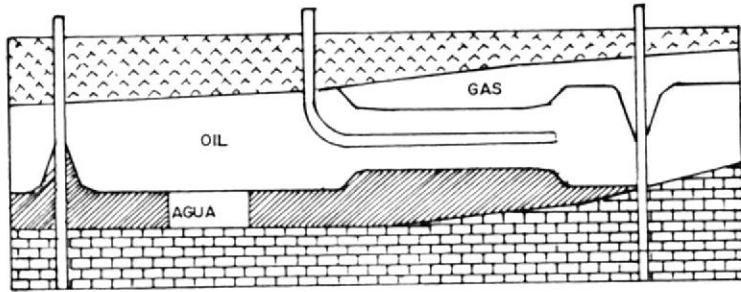
1.3 APLICACIONES (1) (Fig. 1)

Impedir la intrusión de conos de agua y/o gas, que generalmente se producen por las altas velocidades de extracción. La perforación horizontal minimizará la presión de succión alrededor del pozo, reduciendo así los problemas de formación de conos de agua y/o gas. En los campos con mucha agua, los pozos horizontales ofrecen la oportunidad de limitar significativamente la producción de agua y además aumentar la producción de petróleo.

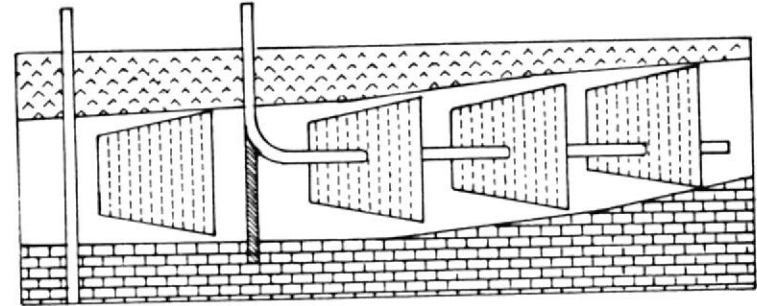
Maximar la presencia de la perforación dentro del reservorio es motivo obvio para perforar un pozo horizontal en la zona de producción. En las formaciones estrechas, el pozo horizontal puede utilizarse como conducto para fracturación hidráulica adicional. Las formaciones agotadas pueden responder a menudo con un pozo horizontal que hace contacto con mayor producción en potencia, o bien resuelve los problemas de un cambio local de permeabilidad, o presión muy baja.

Aumentar la probabilidad de intersectar fracturas verticales en una de las aplicaciones óptimas de este sistema. En las áreas de distribución paralela de las grietas como resultado de las fuerzas geológicas, la

APLICACIONES DE POZOS HORIZONTALES

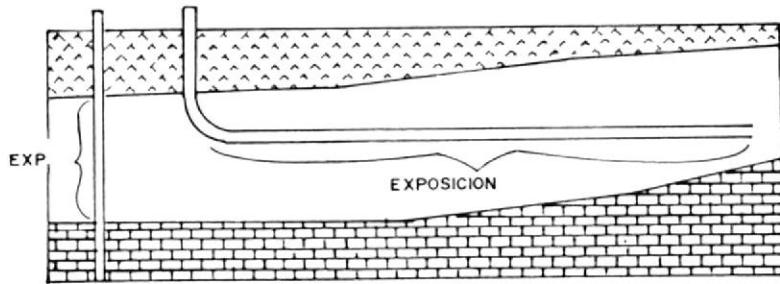


MINIMIZA CONIFICACION DE AGUA Y/O GAS

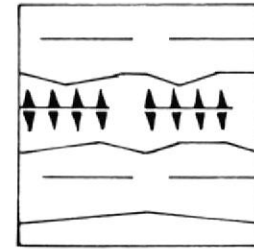
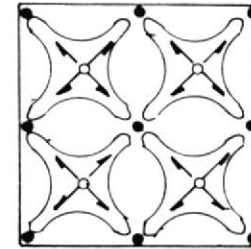


SISTEMA DE FRACTURAS

INTERSECTA FRACTURAS



INCREMENTO DE EXPOSICION DEL RESERVORIO



POZOS HORIZONTALES PARALELOS.

RECUBRO EXPANDIDO POR ARREGLO GEOMETRICO

FIGURA 1.

fracturación hidráulica se desarrolla en forma paralela con los sistemas existentes de agrietamiento, lo que limita su éxito. Los pozos horizontales pueden perforarse en forma perpendicular al agrietamiento, para llegar a la intersección con las grietas existentes.

Mejorar la geometría para los procesos de incrementar la recuperación del petróleo, y para las formaciones de petróleo pesado, entraña algunas de las aplicaciones más promisorias para la perforación de pozos horizontales.

1.4 CARACTERISTICAS BASICAS DEL YACIMIENTO (4)

- Naturalmente fracturados.
- Baja permeabilidad (menor que 10 md).
- Espesor de formación pequeño.
- Mecanismo de producción por empuje de agua y/o expansión de gas.
- Yacimientos estratificados.
- Yacimientos en recuperación secundaria (vapor/agua).

1.5 TIPOS DE POZOS HORIZONTALES (Fig. 2)

- De Radio de Giro Ultracorto

El radio de giro ultracorto es de 1 a 2 pies. El proceso de perforación consiste en desviar el hoyo vertical en al menos 24 pulgadas de diámetro, para cerca de 6 a 10 pies en la sección vertical.

Luego, un chorro de agua perfora de 1.5 a 2.5 pulgadas del diámetro del hoyo para una longitud de 100 a 200 pies.

-De Radio de Giro Corto

Un pozo horizontal con un radio de giro corto tiene un radio de 20 a 40 pies y la longitud de la pared horizontal del pozo es aproximadamente de 200 a 700 pies. Una perforación curvada ingresa la guía de asistencia en el collar flexible de la broca, haciéndose el radio de giro corto antes de que se haga horizontal.

-De Radio de Giro Medio

Un pozo horizontal con radio de giro medio tiene un radio de 300 a 500 pies y la longitud de la sección horizontal es típicamente arriba de los 1500 pies de largo. En este caso, los motores usados para construcción de ángulo lo hacen a una tasa 20 grados por cada 100 pies. La sección horizontal es perforada con motores de "ángulo fijo".

-De Radio de Giro Largo.

Un pozo horizontal con radio de giro largo tiene un radio de 600 a 2000 pies y usa herramientas de perforación convencional. Una combinación de brocas con bent subs y motores para lodo en el fondo del hoyo son usadas para perforar secciones horizontal que pueden exceder los 400 pies.

1.6 DESCRIPCION GENERAL DE LA TECNICA (1)

La técnica de la perforación horizontal consiste primeramente en perforar un hoyo vertical, siendo su profundidad la determinada en el programa de perforación; luego, se procede a realizar la desviación del hoyo, según el radio de curvaturaprevisto hasta la profundidad estimada. Finalmente, se procede a realizar el hoyo horizontal, con una longitud determinada previamente.

A continuación se describe, paso a paso, una operación desarrollada por la Compañía Dailey.

En este caso, el pozo horizontal debe perforarse desde un pozo existente, utilizando un desviador de la tubería de revestimiento.

Se cubren las perforaciones antiguas con un tapón de cemento y se prepara el pozo para la apertura

lateral.

-Se examinan los registros de uniones del cemento y de perforación del pozo para ubicar mejor el punto de arranque del desvío.

-Se coloca un obturador modificado permanente en la línea de alambre y se determina la orientación de la llave guía.

-Se orienta el desviador con la llave guía para el acimut deseado, y se ancla el desviador en el obturador.

-Se inicia el corte se la ventana con la fresadora inicial fijada en la parte superior del desviador.

-Se pasa una fresa de diamante y otra de sarta para cortar la ventana.

-Se pasan fresas tipo sandia y de sarta para alargar la ventana.

-Se pasa el conjunto de fondo para corte de ángulo con su broca, motor subterráneo, cuellos de perforación no metálicos y tubería angosta.

-Durante la perforación el arco desde la vertical hasta una inclinación horizontal, el pozo se controla y se dirige permanentemente.

-A medida que se perfora el pozo, pueden requerirse regulaciones del conjunto de fondo, para hacer las correcciones correspondientes con los cambios en la perforabilidad de la formación.

-El pozo llega a un plano horizontal y el conjunto de fondo de curvatura se cambia por un conjunto para perforación recta.

-Al final de la sección recta, se circula y acondiciona el pozo y se retiran las herramientas direccionales.

1.7 COSTOS DE UN POZO HORIZONTAL (7)

Es muy difícil comparar los costos de diferentes pozos horizontales. Por ejemplo, ciertos pozos resultan muy costosos debido a accidentes que ocurren durante la fase vertical de la perforación. El primer pozo horizontal que perforó la ELF EQUITAINE, Lacq 90, costó 3.2 veces más que un típico pozo vertical cercano, esto es; 1.5 millones de dólares. Sin embargo, no se debe olvidar que Lacq 90

invariablemente tuvo costos de experimentación.

En esta analogía, es particularmente interesante observar la Tabla 1, y note la evolución de costos de pozo para uno vertical y cinco horizontales en el desarrollo de la plataforma de Rospo Mare.

En general, la mayoría de los pozos en tierra son verticales y el costo adicional de una completación horizontal es considerable.

Corrientemente, en la mayoría de los casos favorables, los pozos horizontales costaron el doble de pozos verticales cercanos.

Sin embargo, la mayoría de los pozos costa afuera están ya desviados y por lo tanto, el porcentaje adicional de su costo es mucho menor, aumentando solamente en un 10 a 30%.




TABLA 1

 Tiempo de operac. y costos de los pozos Rospo Mare

Pozo	Dias de operac.		Long. dren. Tot dent.	Reserv. reserv.	Raz. t oper.	Cost a t (\$)
	Perf.	Comp.			oper. p.hor.	
RSM210	22	8	30	98	1.0	3.3
Vert.						
RSM211	38	21	59	1778	2.0	5.4
Horiz.						
RSM212	35	10	45	1345	1.5	4.2
Horiz.						
RSM213	32	12	44	1834	1.4	4.4
Horiz.						
RSM214	35	7	42	2178	1.4	4.4
Horiz.						
RSM215	32	6	38	1939	1.3	4.3
Horiz.						



CAPITULO II

PERFORACION HORIZONTAL (1)

2.1 EQUIPOS UTILIZADOS

- Torre y cuadrillas de perforación.
- Kelly de tamaño idóneo.
- Tubería de perforación para el pozo revestido.
- Mesa rotativa de trabajo.
- Aparato de prevención de reventones con preventor anular preventor anular para sellar alrededor de la línea de alambre de la herramienta de dirección.
- Bombas capaces de bombear volúmenes recomendados varios varios tamaños de pozo y motores subterráneos.
- Lodo de perforación.
- Fresadoras.
- Herramientas de cementación.
- Brocas para perforar el pozo direccional.
- Motores subterráneos.
- Collares no magnéticos de perforación para los equipos de levantamiento y estudio.

- Tubería angosta de perforación para el pozo abierto.
- Amortiguadores de orientación y cruce.
- Herramientas de control durante la perforación o direccionales.
- Supervisión y graficación direccionales.
- Remolque para oficina y equipos de oficina.

2.2 DESVIACION DEL HOYO

El conjunto de fondo de la Compañía Dailey perfora un pozo de radio fijo. EL diseño inicial del conjunto se basa parcialmente en la geometría y en la geología. El primer pozo de un área puede requerir alguna regulación según el conjunto de fondo ya que las condiciones del pozo pueden ser distintas a las esperadas.

El conjunto de fondo del pozo opera con un motor de desplazamiento positivo (PDM) y en general suple al peso de la broca con las revoluciones del motor. El torque disponible de los pequeños motores PDM de lodo está limitado por el pequeño diámetro de los mismos.

Esto exige, a su vez, que el control del ángulo de desarrollo sea independiente del peso o fuerza de la broca.

La sección curva del pozo se examina continuamente mientras se lo perfora para obtener información sobre la faz de la herramienta, dirección del pozo, y acimut.

El conjunto de fondo permite algunos cambios en la formación, pero podrán requerirse algunas modificaciones porque la naturaleza de la formación cambia a medida que se incrementa el ángulo de perforación.

La capacidad de curvar el pozo depende de la configuración del motor pozo abajo: portabroca y casco curvo / amortiguador curvo. Este sistema, en combinación con los equipos y técnicas de dirección, permite perforar curvas uniformes de radio medio con pesos de broca muy bajos.

2.3 PERFORAR EL POZO HORIZONTAL

El motor de desplazamiento positivo (PDM) de lodo produce la fuerza rotativa directamente en la broca antes que transferir la energía mediante la sarta de perforación desde la superficie. Cuando la broca hace contacto con el fondo y comienza a perforar, la demanda de torque del motor se incrementa. Esto produce una diferencia de presión en los dos lados del motor, y este incremento en presión se indicará

en el manómetro en superficie. Ya que se utilizan pesos muy livianos y el rozamiento en el pozo se incrementa mientras mayor sea el ángulo, el manómetro del tubo bajante puede utilizarse como indicador de peso y torque. El rozamiento dentro de la tubería de perforación no distorsiona las lecturas.

Existe un límite en cuanto a que distancia horizontal se puede perforar utilizando la técnica de pozo de diámetro pequeño. El rozamiento de la tubería y pandeo de la misma limitan la longitud del pozo que no tiene tubería de revestimiento. Se han logrado distancias horizontales de más de 2000 pies en formaciones de piedra dura. Pueden requerirse curvas de radio mayor a diámetros mayores de pozo para los tramos horizontales largos en formaciones muy inestables.

2.4 CONJUNTO DE FONDO DE POZO (Fig. 3)

Los conjuntos de fondo de pozo Dailey están diseñados para perforar pozos de diámetro pequeño saliendo de pozos existentes. También pueden perforar pozos nuevos desde la superficie utilizando diámetros mayores. El conjunto consta de la broca, el motor PDM de lodo, el amortiguador orientador, collares no magnéticos, tubería delgada de perforación para la

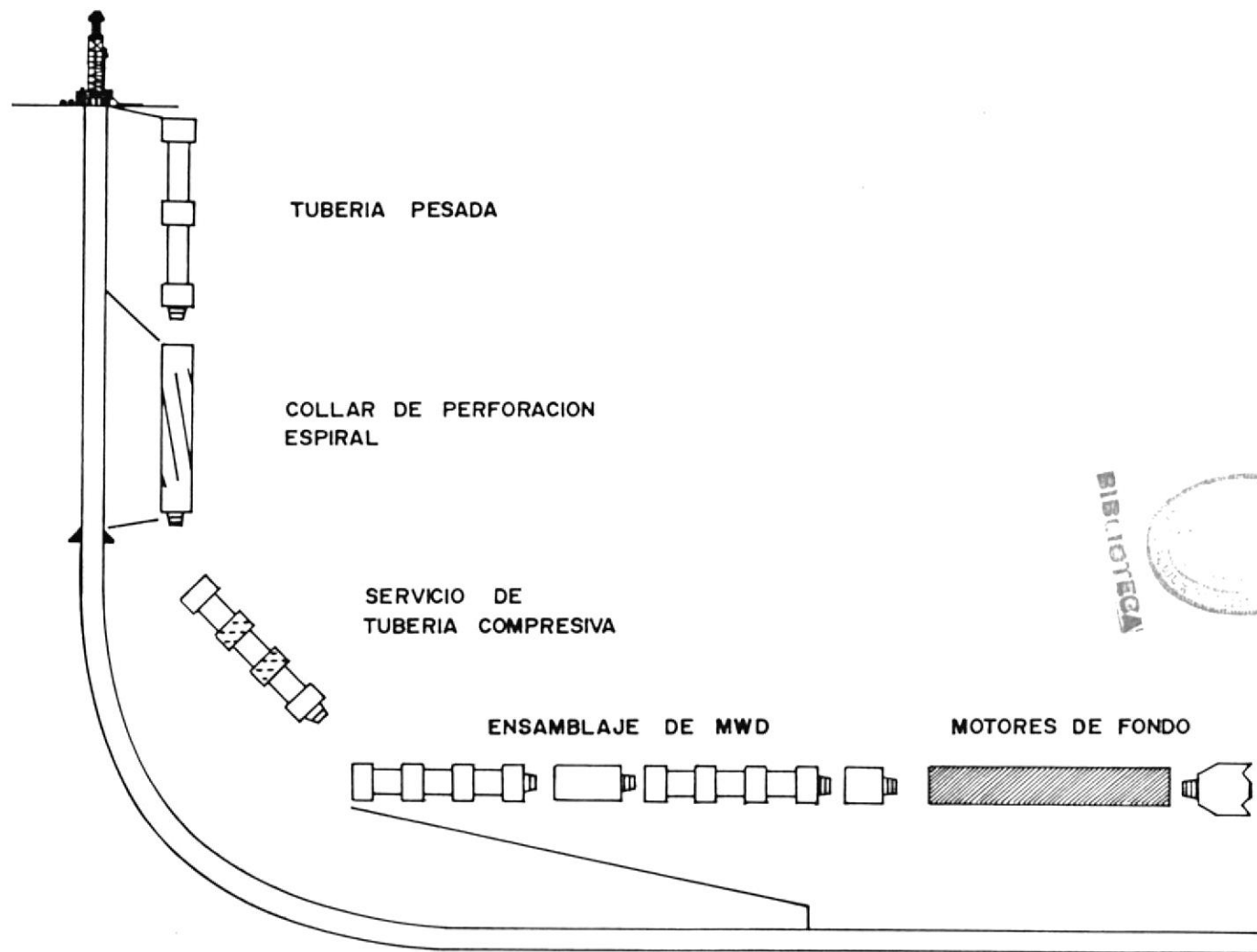


FIGURA 3. CONFIGURACION DE LA SARTA DE PERFORACION PERFORACION HORIZONTAL DE CURVATURA MEDIA.

porción abierta del pozo, y herramientas direccionales de control durante la perforación por impulso de lodo o por línea de alambre.

2.4.1 BROCA

Los motores de desplazamiento positivo de lodo giran a velocidades altas (350-1500 RPM). EL tamaño pequeño de la broca, combinado con estas velocidades altas, no permite usar brocas de rodillos, ya que los rodamientos son demasiado pequeños para semejantes velocidades de rotación. Por lo tanto, las brocas que se utilizan son de diamante natural, de diamante térmicamente estable (TSD) o diamante policristalino compactado (PDC). Estas brocas están diseñadas especialmente para poder curvar en el radio pequeño y para perforar con la mayor agresividad que permita la capacidad del motor. Estas brocas de diamante que funcionan a altas velocidades generan virutas finas como polvo, lo que reduce los problemas para la limpieza del pozo.

2.4.2 AMORTIGUADOR ORIENTADOR

El amortiguador orientador tiene varias

El amortiguador orientador tiene varias funciones.

Esta constituido con varios pórticos de desvío hasta el espacio anular. Durante las operaciones normales de perforación, estos pórticos se sellan y todo el fluido pasa hasta el motor. Si la circulación debe desviarse del motor y pasar hasta el espacio anular, se deja caer una bola desde la superficie, y esta al asentarse corta el pasador, causando que una camisa se deslice hacia abajo, abriendo los pórticos para circulación hasta el espacio anular.

El amortiguador tambien incluye una válvula de flotador que impide que pase el fluido de regreso por la tubería de perforación. Esto es importante cuando entra la perforación a una formación que trata de fluir. El flotador permite retirar la herramienta de dirección y línea de alambre del pozo sin que el fluido pase hacia arriba por la tubería de perforación.

2.4.3 COLLAR DE PERFORACION NO MAGNETICO

Los collares de perforación no

magnéticos, ubicados inmediatamente encima del amortiguador y motor, contienen las herramientas de dirección. La tecnología asociada con los levantamientos magnéticos muestra que el número de collares de perforación no magnéticos requeridos se incrementa a medida que se aumenten el ángulo del pozo y su latitud. En el caso del sistema Dailey, normalmente utiliza tres (3) collares de perforación no magnéticos de treinta (30) pies.

2.4.4 HERRAMIENTA DE DIRECCION

Las herramientas de dirección por línea de alambre o de control durante la perforación (monito while drilling - MWD) proporcionan información constantemente sobre el acimut del pozo, su ángulo, y la faz de la faz de la herramienta. En los pozos de diámetro menor, Dailey utiliza herramientas de dirección por línea de alambre para controlar la dirección del pozo. En los pozos de diámetro mayor, Dailey puede utilizar el sistema de control durante la perforación (MWD) por la herramienta direccional de línea de alambre o el sistema por la herramienta direccional de línea de

alambre o el sistema de impulso de lodo.

2.4.5 TUBERIA DE PERFORACION

Aunque la tubería de perforación no es parte del conjunto de fondo del pozo, es una parte importante del sistema. Normalmente, se utilizade 2 7/8 o 3 1/2 pulgadas. En tubería convencional y en algunos casos se reducen los diámetros de uniones de herramienta para producir una sarta de perforación casi "resbalosa" en las proporciones de mayor ángulo y horizontales del pozo. La tubería de perforación "resbalosa" supera el problema de que las uniones de las herramientas se atasquen en los bordes dentro del pozo, lo que produciría dificultades para aplicar el peso a la broca y por pandeo de la tubería de perforación. La tubería de perforación normalmente no se gira excepto en los pozos horizontales largos donde se requiere rotación para superar el rozamiento de la sarta de perforación. En los pozos de diámetro mayor, los "sistemas de dirección" pueden utilizarse para cambiar la dirección del pozo o para continuar directamente adelante cuando cualquiera de estas acciones se requiera.

2.4.6 AMORTIGUADOR DE INGRESO POR PUERTA LATERAL

Este amortiguador no es parte del conjunto de fondo del pozo, sino que se coloca en la sarta de perforación tan cerca a la superficie como sea posible, y permite que la línea de alambre para la herramienta de dirección pase desde el interior de la tubería de perforación hasta el exterior, y de ahí hasta la unidad de la línea de alambre para impedir que el lodo de perforación escape con el cable de acero, así como un abrazadera para sostener el peso del cable dentro de la tubería de perforación.

2.4.7 TUBERIA DE REVESTIMIENTO

Pasar la tubería de revestimiento no es más complicado que pasarla en pozos huecos. Cuando se diseña la tubería de revestimiento para los pozos horizontales, la relación del dobléz en la tubería de completación, son consideraciones importantes. La tubería de revestimiento es más flexible bajo compresión que bajo tensión, de modo que pasará fácilmente por las curvas de radio intermedio si no se la hace más tiesa con demasiados centralizadores.

El plan de cementación de la tubería de revestimiento en un pozo de ángulos grandes requiere una definición apropiada del propósito: si es para 1) unir el forro y la tubería de revestimiento, 2) impedir la caída del extremo inferior de la tubería de revestimiento, 3) sellar contra la intrusión de agua o lodo, o 4) proporcionar un sello completo contra las formaciones de alta presión. Pueden existir otras consideraciones, como baja presión de formación y el retorno de cementación pérdida. Los requisitos pueden definir el costo de un trabajo exitoso de cementación y esbozar alguna idea sobre su dificultad.

2.4.8 COMPLETACIONES HORIZONTALES

El proceso de selección de pozos candidatos para ser perforados horizontalmente, incluye la determinación del tipo de completación a ser usada. El ingeniero encargado de realizar el diseño de la completación, determinará el tipo a ser usada antes que forzar algún tipo de completación hacia el reservorio.

Las técnicas de completación son incontables.

Las técnicas de completación son incontables. En general, el sistema Dailey ofrece un pozo delgado con un radio intermedio de curvatura (250 a 1000 pies)

Empacar el pozo horizontal con grava es un método ultramoderno que solamente puede ofrecerse en casos específicos. Con los pozos delgados, empacar con grava de modo convencional es más difícil, y por lo tanto es preferible la solución de utilizar forros previamente empacados, aunque tales forros son costosos y susceptibles de romperse con un manipuleo tosco. Por otro lado, pueden introducirse en el pozo con una buena seguridad de éxito y resultan ser una solución razonable para el difícil problema de empacar el pozo con grava.

2.4.8.1 TIPOS DE COMPLETACIONES HORIZONTALES

Los tipos de completaciones para pozos horizontales són:

- Hueco abierto
- Liner perforado o ranurado
- Casing con packer externo FO cementado
- Liner con pre-packed

-Packed con grava.

-Fractura estimulada (acidificación de fracturas o con fracturamiento provocado).

2.5 CEMENTACION

La cementación horizontal parece ser una de las áreas más significativas de investigación en la industria petrolera para los próximos años. Mientras pocos pozos horizontales proporcionan datos de lo perforado, y aún; menos pozos han sido cementados exitosamente.

El potencial beneficio que puede ser ganado por penetración en largas secciones horizontales de una formación productora, más que justifica el gasto en la investigación de este metodo, el cuál esta siendo buscado con el fin de maximizar el potencial de la producción y minimizar los costos de desarrollo del campo.

Obteniendo éxito en la tarea de cementación, quedará resuelto uno de los más importantes factores en la vida de un pozo y que es esencialmente crítica en la completación de pozos horizontales. Logrando, eficientemente, un alto desplazamiento del lodo bajo

altas desviaciones o pozos horizontales, se requiere condiciones especiales en muchos aspectos de la práctica de perforación/completación; propiedades del sistema de fluido de perforación, dimensiones del hoyo y del casing, para obtener un óptimo desplazamiento del lodo y buenos resultados de la cementación. En completaciones de pozos horizontales son consideradas tres áreas principales, de mucha importancia en la cementación, tales como: mecanismos de desplazamiento, diseño de la lechada de cemento y simulación del tapón de cemento.



CAPITULO III

PERFORACION HORIZONTAL EN EL ECUADOR

3.1 ESTUDIOS PREVIOS

En los últimos 3 años solamente dos (2) compañías se han dedicado a realizar estudios tendientes para ver la posibilidad de realizar perforación horizontal en nuestro país. Estas compañías son la CONOCO ECUADOR LTDA y ORYX ECUADOR ENERGY COMPANY (que compró las acciones que tenía en nuestro país la BRITISH PETROLEUM).

La compañía CONOCO a perforado algunos pozos verticales en el Bloque 16 (que corresponde al Parque Nacional Yasuni) con el fin de determinar los diferentes parámetros geológicos y petrofísicos que le sirvan de ayuda para el proceso de simulación de yacimientos que ellos están experimentando. Es de recalcar que el crudo existente en los yacimientos de dicha compañía es pesado (gravedad específica menor a

18 API).

Primordialmente, dicha compañía tiene en su plan de desarrollo perforar 100 pozos verticales tipo racimo, es decir; que por cada plataforma perforará 10 pozos.

La otra compañía que se encuentra realizando estudios de esta índole es la ORYX ECUADOR ENERGY COMPANY, en el Bloque 7 de la Amazonía. Después de perforar algunos pozos verticales la British Petroleum y luego la propia ORYX, decidieron perforar el primer pozo horizontal en nuestro país denominado **GACELA 1**, el cuál al momento se encuentra en su última fase de perforación (mediados de junio de 1991).

3.1.1 ACTIVIDAD PLANIFICADA POR LA ORYX ECUADOR ENERGY COMPANY (6)

La compañía ORYX inicio la perforación del pozo exploratorio Gacela 1, el 28 de Enero de 1991. A continuación se desglosará algunos detalles importantes referentes a la perforación del primer pozo horizontal en nuestro país.

Lo que indujo a la gente de la ORYX COMPANY a realizar la perforación del pozo Gacela 1, es debido a que en los resultados que obtuvieron

de la perforación de los pozos verticales, siempre tenían problemas de conificación de agua. El otro factor que ellos consideraron prioritario es el impacto ecológico en la región, ya que; al perforar un pozo horizontal y resultar productivo, esto evitará la perforación de muchos pozos verticales y por ende una disminución notable de costos y daño del medio ecológico.

3.2 PERFORACION DEL POZO HORIZONTAL GACELA 1

3.2.1 DATOS GENERALES

Pozo No. : Gacela-1

Campo : Gacela (Prospecto "D")

Clasificación : Exploratorio

Tipo de estructura : Levantamiento anticlinal.

Profundidad programada : 9615 pies

Fecha de iniciación de la perforación : 28 de Enero de 1991.

Longitud programada de la sección horizontal:1500 pies.

3.2.2 LOCALIZACION DEL POZO

Provincia : Napo

Cantón : Francisco de Orellana
Longitud : 77 grados 03' 08.616 W
Latitud : 00 grados 29' 40.994 S
Elevación del terreno : 899 pies ASML
Elevación mesa rotatoria : 919 pies AMSL
Distancia más corta al limite del área del
contrato : 17717 pies
Distancia al pozo más cercano : 7480 pies
posición geológica o estructural : Cresta
central del anticlinal.

3.2.3 EQUIPO DE PERFORACION

Compañía : POOL-INTAIRDRIL TALADRO No. 227
Terréstre : SI, Marino : NO, Torre : NO, Mastil
: SI
Marca : Cabot 1200, Capacidad : 13500 pies
Carga crítica sobre el gancho : 715000 lbs
Capacidad nominal bruta : 1000 lbs
Mesa rotatoria : Marca G-Denver
Modelo : RT, D.I.: 27 1/2 pulgs.
Rango de rpm : 180 máximo, 20 mínimo
Capacidad de carga estática : 1000 lbs
Capacidad de torque : 300000 lbs. pie
HP rotatorios : 1200

3.2.4 OBJETIVO

Obtener producción comercial de hidrocarburos en las formaciones:

- Hollin
- Napo U & T
- Basal Tena

3.2.5 ESTRATIGRAFIA ESPERADA

Formación	Mts (bmr)	Tope	
		Pies (bmr)	
Orteguaza	1627.9	5341	
Tiyuyacu	1873.8	6148	
Tena	2253.9	7395	
Napo	2573.9	8445	
Hollin	2883.0	9459	

3.2.6 BROCAS

							psi	
N.	Dia.	Mar.	Tip.	Boq.	Interv.	1000	rpm	
1	20	HTC	R-1	3*24	0-5000	0-30	140	
2	13.5	HTC	R-1	3*18	2500-3300	30	135	

3	13.5	HLCds40hf5*10	3300-6200	5-15	170
4	9	7/8HTC J-22 3*13	6200-6900	40	80
5	9	7/8HTC J-22 3*13	6900-7400	40	80
6	9	7/8CHRR-435 3*11	7400-9400	5-15	100
7	9	7/8HTC J-22 3*12	9400-TD	30-40	80

3.2.7 TUBERIA DE PERFORACION

Dia. ext. (pulg)	Peso (lbr/pie)	Grado	Longitud (pies)
5	19.5	G	10000
3 1/2	13.3	G	9500

3.2.8 PROGRAMA DE LODOS

Tipo lodo	Prof. (pies)	Peso (lb/g)	Visc. (seg)	VP/PG	Filt. cc	Sol. (%)
GEL	2500	10.2	50		N.C.	Min
G-POL	6200	9.4-10	40-45	6/12	10	Min
G-POL	9615	9.7-10	40-45	12/18	5-8	Min

Sujeto a los requerimientos operacionales.

3.2.9 CONTROL DE LA VERTICALIDAD

El tipo de instrumento a utilizar es el TOTCO 0-8 grados en el agujero de 20" y 13 1/2 ". Disparo unitario durante la perforación del agujero de 9 7/8" y diparos múltiples al termino de la sección.

La frecuencia de medida será cada 500 pies de acuerdo a los requerimientos operacionales.

3.2.10 PROGRAMA DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO Y CEMENTACION

PRIMERA ETAPA

Objetivo: Para entubar formaciones no consolidadas.

Diámetro del hueco: 20 pulgadas

Profundidad: 2500 pies

TUBERIA DE REVESTIMIENTO

Diámetro (pulg.)	No. Juntas	Grado	Peso (lbs/pie)	profundidad (pies)
16	62	x-56	84	2500

CEMENTACION

Método a utilizarse: Una etapa, a través de tubería de perforación.

Clase	No. sacos	lbs/saco	aditiv.	densidad (lbs/gal)
A		110	CaCl ₂ 6% GEL	13.5
A		110	CaCl ₂	15.6

MATERIALES A UTILIZARSE

Zapata: Tipo flotación; Profundidad: 2500 pies

Collarines: Tipo flotación; Prof.: 2460 pies

Centralizadores: Tipo Bowspring; Cant.: 12

Raspadores

SEGUNDA ETAPA

Objetivo: revestir lutitas reactivas.

Diámetro del hueco: 13 1/2 pulg.

Profundidad: 6200 pies

TUBERIA DE REVESTIMIENTO

Diámetro (pulg.)	No. Juntas	Grado	Peso (lbs/pie)	Profundidad (pies)
10 3/4	155	K-55/S-80	40.5	6200

CEMENTACION

Método a utilizarse: Una etapa convencional

Clase	No.sacos	Lbs/saco	Aditivos	Densidad (lbs/gal)
A		110	6% GEL	13.7
A		110	NEAT	15.5

MATERIALES A UTILIZARSE

Zapáta: Tipo flotación; Profundidad: 6200 pies

Collarines: Tipo flotación; Prof: 6160 pies

Tapones

Centralizadores: Tipo Bowspring/positive

Cantidad: 8

Raspadores

Otros

TERCERA ETAPA

Objetivo: Entubar agujero de 9 7/8" para seguir con perforación horizontal.

Diámetro del hueco: 9 7/8 pulg.

Profundidad: 9515 pies

TUBERIA DE REVESTIMIENTO

Diámetro (pulg.)	No. Juntas	Grado	Peso (lbs/pie)	Profundiad (pies)
7		N-80/s-95	26/23	9515

CEMENTACION

Método a utilizarse: Una etapa convencional.

Clase	No.sacos	Lbs/saco	Aditivos	Densidad (lbs/gal)
G		110	0.2% R-6 8% GEL	13.2
G		110	0.15% R-6 0.5% CD-31	15.8

MATERIALES A UTILIZARSE

Zapata: Tipo flotación

Collarines: Tipo flotación

Tapones

Centralizadores: Tipo Bowspring/positive

Cantidad: 30

Raspadores

Otros

POZO DIRIGIDO (HORIZONTAL)

OBJETIVO PROGRAMADO

Profundidad desviada total: 11250 pies

Profundidad vertical total: 9515 pies
 Angulo max. de desviación : 90 grados
 Desplazamiento horizontal : 2000 pies
 Justificación de la perforación: Evitar
 conificación de agua.

3.2.11 COSTOS ESTIMADOS DEL POZO	(US\$)
Vías de acceso:	220,000
Localización :	10,000
Movilización del taladro:	500,000
Equipo de perforación:	600,000
Brocas :	235,000
Lodos, aditivos y servicios:	275,000
Cementaciones, materiales, servicios:	120,000
Servicios y análisis de núcleos:	60,000
Registros eléctricos:	150,000
Análisis de ripios:	60,000
Tubería de revestimiento:	350,000
Transporte de materiales y servicios:	80,000
Otros :	900,000
	GRAN TOTAL: 3'550,000

3.3 APLICABILIDAD

Indudablemente, que es de gran interés conocer las zonas de nuestro país donde es posible aplicar la

perforación horizontal.

Según lo descrito anteriormente, la región mas propicia de nuestro país para aplicar la nueva técnica es la región oriental; debido a las características que presentan las estructuras geológicas y los propios yacimientos.

Según estudios realizados por Petroamazonas, la perforación de pozos direccionales en los campos Sacha y Cononaco repercutirá en notable beneficio para el incremento de la producción, ya que el contacto agua-petróleo ha subido de tal forma que únicamente quedan aproximadamente 20 pies de arena limpia. Con esto se evitaría la conificación del agua en pozos verticales, que por tener mayor movilidad que el petróleo invade al pozo prematuramente dejando reservas significativas que pudieran haber sido recuperadas.

El problema de conificación de agua también se suscitaba en el Bloque 7 en la amazonía, el cual corresponde a la compañía ORYX. Ya que, tanto los pozos que perforó la British Petroleum como la propia ORYX, tenían este problema. Esto motivó a que la compañía operadora del bloque decida perforar horizontalmente, en donde al momento se encuentran

perforando justamente la sección horizontal.

La aplicación de la perforación horizontal en la Península de Santa Elena estaría restringida a mayores riesgos que en el Oriente, ya que la geología de la zona es muy complicada, además; se tiene la presencia de cuerpos denominados olistolitos, que tienen poca extensión y su ubicación de uno con respecto a otro es muy variable.

Sin embargo, como el negocio del petróleo entraña riesgos económicos, es posible que se logre alguna mejora significativa con respecto a la producción de estos campos con la perforación de pozos horizontales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La realización del presente trabajo deja entrever muchos aspectos importantes con respecto a la perforación horizontal, que pueden servir de excelente ayuda para quienes deseen realizar alguna investigación respecto a la importancia de este tema de actualidad.

La aplicación de la técnica de la perforación horizontal, constituye uno de los acontecimientos más sobresalientes de la industria petrolera moderna. En hora buena que se haya decidido aplicar la técnica en nuestro país, y debido a las características de los reservorios de nuestros campos, existe mucho optimismo en cuanto al éxito que se puede lograr de la tarea emprendida.

Indudablemente, que antes de proceder a la perforación de un pozo horizontal es recomendable conocer la historia geológica, estructural y los diferentes parámetros petrofísicos del campo. Esta información, únicamente se

la puede obtener de un campo ya desarrollado con pozos verticales; y así de ésta manera tener mayor certeza y conocimiento cabal de lo que se pretende lograr.

En muchos aspectos, el desarrollo de un campo petrolero por medio de la perforación de pozos horizontales o inclinados, tiene mayores ventajas que si se aplicara la perforación de pozos verticales. Es más, constituyen el arma salvadora cuando los pozos verticales no se pueden aplicar, ya sea en tierra o costa afuera.

RECOMENDACIONES

Que se continúe realizando investigaciones en esta área en nuestro país, con el fin de optimizar la producción de hidrocarburo especialmente en el Oriente Ecuatoriano.

Que las compañías que se encuentran actualmente realizando investigaciones sobre la aplicabilidad de la perforación horizontal en nuestro país continúen realizándola, ya que las condiciones de nuestros yacimientos son propicias para realizar este tipo de actividad. Además, esto evitaría la proliferación de pozos verticales y por ende una disminución del daño ecológico que ocasiona la perforación de pozos petroleros.

Que los organismos de control estatal, exijan un estudio consensado a las compañías que deseen realizar actividad exploratoria de esta índole, con el fin de que los resultados obtenidos sean los más aproximados a la realidad de las condiciones del yacimiento.

Que tanto la compañía estatal, así como las compañías extranjeras que se encuentran investigando este tipo de actividad en el país, envíen a los profesionales ecuatorianos interesados a realizar cursos teóricos-prácticos en el exterior, con el fin de contar con profesionales nacionales capaces de desempeñar cualquier cargo encomendado por su compañía, con respecto a los pozos horizontales.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- SAIP, tercer Congreso Andino de la Industria del Petróleo. Quito, Febrero de 1990. Tomos I y II.
- 2.- ECOPETROL-ACIPET, Cuarto Congreso Colombiano del Petróleo. Bogotá, Octubre de 1990. Tomo I, página 347.
- 3.- PETROAMAZONAS, Perforación de pozos direccionales. Mayo de 1990.
- 4.- HALLIBURTON, Seminar Horizontal Completion. Publicación anual de 1990.
- 5.- ASTRAFOR, Horizontal Drilling Systems. Publicación anual de 1990.
- 6.--DNH, Programa de Perforación del Pozo Gacela-1. Quito, Febrero de 1991.
- 7.- OIL GAS JOURNAL, Horizontal Well Operations. Publicación correspondiente al año 1988.

8.- SPE, Perforating the Horizontal Well. Publicación de julio de 1989.

9.--SPE, Performance of Horizontal Wells in the Helder Field. Edición de junio de 1990.



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS