



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA DE LAS
OPERACIONES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO DE
PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL EN EL CAMPO
PARAHUACU DEL ORIENTE ECUATORIANO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

**PICHINA LOZANO ROGGER DANIEL
VERA ZAMORA MEIBY MILAIDY**

TUTOR:

ING. CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO, Mg.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA DE LAS
OPERACIONES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO DE
PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL EN EL CAMPO
PARAHUACU DEL ORIENTE ECUATORIANO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

**PICHINA LOZANO ROGGER DANIEL
VERA ZAMORA MEIBY MILAIDY**

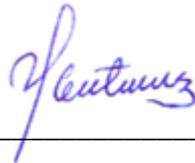
TUTOR:

ING. CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO, Mg.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Marllelis Gutiérrez, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA



Ing. Xavier Vargas, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Carlos Portilla Lazo, Mg.
DOCENTE TUTOR



Ing. Carlos Malavé, Mg.
DOCENTE GUIA DE LA UIC



Ing. David Vega González
SECRETARIO

A Dios por permitirnos llegar a esta etapa de nuestras vidas, a nuestros queridos padres, hermanos y amigos que nos brindaron su apoyo de manera incondicional.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA DE LAS OPERACIONES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO DE PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL EN EL CAMPO PARAHUACU DEL ORIENTE ECUATORIANO”** elaborado por los estudiantes **PICHINA LOZANO ROGGER DANIEL**, y **VERA ZAMORA MEIBY MILAIDY** egresados de la carrera de Ingeniería en Petróleos, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 1% de la valoración permitida.

 **INFORME DE ANÁLISIS**
magister

Tesis para Compilatio. Pichina Rogger - Vera Meiby

1%
Textos sospechosos

1% Similitudes
0% similitudes entre comillas

< 1% Idioma no reconocido

0% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis para Compilatio. Pichina Rogger - Vera Meiby.docx	Depositante: CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO	Número de palabras: 9929
ID del documento: 9bb7014a0d1d5cd40502277f4dc378404ec18c6d	Fecha de depósito: 12/12/2023	Número de caracteres: 63.755
Tamaño del documento original: 118,66 kB	Tipo de carga: interface	
	fecha de fin de análisis: 12/12/2023	

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Carlos Portilla Lazo, Mg.

C.I.: 0913412367

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Pichina Lozano Rogger Daniel** -, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA DE LAS OPERACIONES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO DE PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL EN EL CAMPO PARAHUACU DEL ORIENTE ECUATORIANO”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Pichina Lozano Rogger Daniel

Autor de Tesis

C.I. 2101049894

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Vera Zamora Meiby Milaidy**, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA DE LAS OPERACIONES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO DE PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL EN EL CAMPO PARAHUACU DEL ORIENTE ECUATORIANO”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Vera Zamora Meiby Milaidy

Autora de Tesis

C.I. 2450205394

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Carlos Portilla Lazo, Mg.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA DE LAS OPERACIONES REALIZADAS DURANTE EL PROCESO DE PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL EN EL CAMPO PARAHUACU DEL ORIENTE ECUATORIANO**”, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleos elaborado por los estudiantes. **Pichina Lozano Rogger Daniel** y **Vera Zamora Meiby Milaidy**, egresados de la carrera de Ingeniería en Petróleos, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Carlos Portilla Lazo

C.I.: 0913412367

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

La Libertad, 18 de diciembre de 2023

Yo, **Del Pezo Reyes Elsa Esmeralda** con cédula de ciudadanía **0910001007**, certifico que he revisado la redacción, estilo y ortografía del contenido del trabajo de integración curricular **“Evaluación del rendimiento y la eficiencia de las operaciones realizadas durante el proceso de perforación de un pozo direccional en el campo Parahuacu del oriente ecuatoriano.”**, elaborado por **Rogger Daniel Pichina Lozano** y **Meiby Milaidy Vera Zamora**, presentado como requisito académico previo a la obtención del título de **Ingeniero en Petróleo de la Universidad Estatal Península de Santa Elena de la facultad de Ciencias de la Ingeniería en Petróleo.**

El mencionado trabajo, en el contexto general cumple con los requisitos de redacción, estilo y ortografía para uso del idioma español.

Certificación que otorgo para fines académicos pertinentes, en la ciudad de La Libertad a los dieciocho días del mes de diciembre de dos mil veintitrés.

Atentamente,



Elsa Esmeralda Del Pezo Reyes

“MAGISTER DE ESCRITURA CREATIVA EN ESPAÑOL”

Número de cédula: 0910001007

Número de celular: 0963137128

Número de registro de SENEYCYT: 7241181623

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecerle a Dios por permitirme gozar de una maravillosa familia, gracias a mi familia en especial a mis padres por el infinito apoyo que me dieron en cada una de las decisiones tomadas y proyectos en mis etapas vividas, siempre creyendo en mí.

Agradecerles también a todas las personas que estuvieron conmigo a lo largo de este proceso.

Por último, a mi enamorado porque siempre me apoyó en cada etapa de mi carrera universitaria.

-Meiby vera

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la fortaleza y voluntad para culminar la carrera, agradecido con mis padres Efrén Pichina y Norma Lozano porque ellos son la razón de mi vida por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que soy hoy es gracias a ellos.

A mis hermanos Harrison y Jireth más que mis hermanos son mis mejores amigos que siempre me apoyaron dándome una voz de aliento a seguir.

Agradezco también a la familia Mackliff Zamora por darme la confianza y su apoyo para siempre seguir adelante y nunca rendirnos.

-Roger Pichina

DEDICATORIAS

La presente tesis está dedicada a Dios ya que me permitió concluir de la mejor manera la universidad, a mis padres por estar conmigo y aconsejarme para ser una mejor persona, a mis hermanas por las palabras de apoyo que nunca me faltaron, a mi enamorado por la confianza que siempre me tuvo y a mis mejores amigas que animaron cada paso de mi etapa universitaria.

-Meiby Vera

Esta tesis está dedicada a Dios, a mis padres, hermanos y amigos porque nunca dejaron de alentarnos dándonos ese impulso para seguir adelante, conseguir nuestros objetivos y por el apoyo moral que nos brindaron durante todo el proceso académico.

-Roger Pichina

CONTENIDO

	Pág.
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vi
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	viii
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DEDICATORIAS.....	xi
resumen.....	xvi
ABSTRAC	xvii
CAPITULO I: INTRODUCCION	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2. JUSTIFICACION.....	18
1.3. ANTECEDENTES	19
1.4. HIPOTESIS DEL TRABAJO	22
1.5. OBJETIVOS	22
1.5.1. Objetivo General.....	22
1.5.2. Objetivos Específicos	23
1.6. ALCANCE.....	23
1.7. VARIABLES.....	24
1.8. DESCRIPCION DEL CAMPO COCA-PAYAMINO	24
1.8.1. Ubicación del Campo	24
1.8.2. Geología del Campo.....	25
1.8.3. Producción	27
CAPITULO II: MARCO TEORICO	29
2.1. POZO PETROLERO.....	29
2.2. POZO DIRECCIONAL	30
2.3. EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE OPERACIONES DE PERFORACIÓN	32
2.3.1. Definición	33
2.3.2. Factores que afecten el proceso de perforación.....	34
2.3.3. Factores específicos que afectan en el campo Parahuacu	36

CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	39
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1.1. Tipo de investigación.....	39
3.1.2. Recopilación de información.....	39
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
4.1. datos de pozos perforados.....	41
4.1.1. Problemas operativos presentados.....	41
4.1.2. Propuesta técnica para solventar los problemas solventados.....	54
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. CONCLUSIONES	58
5.2. RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor.	49
<i>Figura 2. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor.....</i>	50
<i>Figura 3. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor.....</i>	51
<i>Figura 4. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor.....</i>	53
<i>Figura 4. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor.....</i>	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción de Campo Parahuacu	28
Tabla 2. Índice de dificultad y Objetivo de pozos del campo Libertador.....	41
Tabla 3. Problemas presentado en el pozo H032 en la sección 12 1/4". Elaborado por el autor .	43
Tabla 4. Problemas presentados en el pozo H032 en la sección 8 1/2". Elaborado por el autor.	44
Tabla 5. Problemas presentados en el pozo H034, en la sección 12 1/4". Elaborado por el autor.	46
Tabla 6. Problemas presentados en el pozo H034, en la sección 8 1/2". Elaborado por el autor.	47
Tabla 7. Problemas presentados en el pozo H033, en la sección 12 1/4". Elaborado por el autor.	47
Tabla 8. Problemas presentados en el pozo H033, en la sección 8 1/2". Elaborado por el autor.	47
Tabla 9. Herramienta utilizados, profundidad, inclinacion de perforación de los pozos H0,32, H033, H0,34. Elaborado por el autor.....	49
Tabla 10. Herramienta utilizados, profundidad, inclinacion de perforación de los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor.....	50
Tabla 11. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor.....	51
Tabla 12. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor.....	52
<i>Tabla 13. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor</i>	<i>54</i>

RESUMEN

La perforación de pozos direccionales es una técnica esencial para la extracción de petróleo y gas de yacimientos ubicados en formaciones geológicas complejas. En el campo Parahuacu, ubicado en el oriente ecuatoriano, se perforó un pozo direccional con el objetivo de evaluar el rendimiento y la eficiencia de las operaciones realizadas durante el proceso de perforación.

Los resultados de la evaluación mostraron que el pozo se perforó con éxito, alcanzando la profundidad y la ubicación objetivo. El proceso de perforación se completó en el tiempo y el presupuesto previstos. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, como la optimización del uso de la energía y la reducción de los residuos generados.

Estos resultados son importantes para mejorar la eficiencia de la perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu y en otras áreas de Ecuador.

Palabras clave: perforación direccional, rendimiento, eficiencia, campo Parahuacu, Ecuador

ABSTRAC

Directional drilling is an essential technique for the extraction of oil and gas from reservoirs located in complex geological formations. In the Parahuacu field, located in the Ecuadorian Oriente, a directional well was drilled with the objective of evaluating the performance and efficiency of the operations carried out during the drilling process.

The results of the evaluation showed that the well was drilled successfully, reaching the target depth and location. The drilling process was completed within the planned time and budget. However, some areas for improvement were identified, such as optimizing energy use and reducing generated waste.

These results are important for improving the efficiency of directional drilling in the Parahuacu field and in other areas of Ecuador.

Keywords: directional drilling, performance, efficiency, Parahuacu field, Ecuador

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El propósito de este estudio se origina debido a los diversos desafíos y riesgos que surgen durante la perforación de pozos petroleros, lo que puede resultar en pérdidas económicas significativas, entre otros impactos negativos. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo una investigación adecuada para comprender y abordar estos problemas de manera efectiva.

El objetivo principal de este trabajo es realizar un análisis exhaustivo de las operaciones de perforación en un pozo ubicado en el campo Parahuacu, considerando cuidadosamente los parámetros y características inherentes a los pozos petroleros.

Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo una investigación minuciosa, centrándose en el análisis detallado de la información disponible relacionada con los parámetros y variables utilizados en las operaciones de perforación en el mencionado campo. Esta revisión permitirá identificar áreas de mejora y posibles soluciones para optimizar la eficiencia y efectividad de las operaciones de perforación en el campo Parahuacu.

1.2. JUSTIFICACION

El objetivo primordial de este trabajo es llevar a cabo un análisis exhaustivo y detallado de los datos recopilados acerca del programa de perforación de pozos en el campo Parahuacu del oriente ecuatoriano. La perforación de pozos es una fase crítica en la exploración y producción de hidrocarburos, ya que es fundamental para la obtención de información geológica y para la extracción efectiva de los recursos subterráneos.

En este contexto, se busca comprender en profundidad la planificación y ejecución del programa de perforación, evaluando aspectos claves como la trayectoria del pozo, el

estado del yacimiento, las características del fluido a producir, y otros factores que influyen en el éxito y eficiencia de las operaciones.

La recolección de información relevante es esencial para este estudio. Se reunirán datos de diversas fuentes, incluyendo registros de pozos previamente perforados, informes técnicos, análisis de resultados, y otras fuentes confiables que aporten una visión integral de las operaciones de perforación en el campo Parahuacu.

Al establecer los NTP (Niveles de Terminación de la Perforación) por secciones, se podrá determinar de manera más precisa los tiempos estimados de perforación para cada parte del pozo, comparándolos con los tiempos reales de ejecución. Esto permitirá identificar posibles desviaciones y ajustar el programa en futuras operaciones para mejorar la eficiencia.

Además, se elaborará un esquema mecánico del pozo, que mostrará gráficamente la disposición de las tuberías de revestimiento y otros componentes esenciales para la seguridad y estabilidad del pozo.

Finalmente, con el conocimiento adquirido sobre los programas de perforación y los datos analizados, se buscará diseñar un esquema mecánico del pozo que optimice la exploración y producción de hidrocarburos en el campo Parahuacu. Esto implica considerar factores como la selección adecuada de equipos de perforación, el uso de tecnologías avanzadas, la gestión eficiente de recursos, y otras estrategias que contribuyan al éxito y rentabilidad de la operación.

En conclusión, este trabajo de investigación busca aportar un análisis riguroso y fundamentado que contribuya a mejorar el programa de perforación de pozos en el campo Parahuacu, promoviendo una gestión más eficiente y segura en las operaciones de exploración y producción de hidrocarburos en la región oriental del Ecuador.

1.3. ANTECEDENTES

El proceso de perforación, aunque en apariencia pueda parecer simple como la acción de hacer un agujero, en realidad es una labor de gran complejidad y sensibilidad. Por ende,

resulta imprescindible que esta tarea sea rigurosamente planificada y ejecutada de manera precisa y metódica, con el objetivo primordial de garantizar la seguridad, la eficiencia y la rentabilidad del pozo resultante.

La perforación de pozos petroleros involucra múltiples factores y desafíos, y su éxito está intrínsecamente ligado a la planificación adecuada y la implementación de prácticas operativas optimizadas. La seguridad es una prioridad absoluta en este proceso, ya que se trabaja en entornos de alta complejidad geológica y condiciones a menudo adversas, donde se deben adoptar medidas preventivas y protocolos de seguridad rigurosos para salvaguardar la integridad de los trabajadores y el entorno circundante.

La eficiencia es otro elemento clave en la perforación de pozos, pues cada paso del proceso, desde la selección de la ubicación hasta la elección de la tecnología y el equipo, debe estar orientado a maximizar la productividad y minimizar los tiempos y costos de ejecución. La adopción de tecnologías avanzadas, herramientas y metodologías innovadoras juega un papel esencial para alcanzar este objetivo.

Por otro lado, la rentabilidad y utilidad del pozo final son aspectos cruciales para cualquier proyecto de perforación. Es fundamental considerar factores como la viabilidad económica, el potencial productivo del yacimiento y la capacidad de recuperación de los recursos presentes en la formación geológica (Sánchez Israel, 2016)

El proceso de diseño de la perforación de pozos es un enfoque sistemático y metódico que requiere una secuencia bien ordenada de pasos. Cada etapa del diseño está interconectada y algunos aspectos deben ser determinados previamente para avanzar en el proceso. Por ejemplo, la predicción de la presión de fracturamiento depende de la previa determinación de la presión de formación.

El diseño de la perforación sigue una serie de etapas identificadas y secuenciadas de la siguiente manera (Oilproduction, 2020):

1. Recopilación de información disponible: Se inicia el proceso reuniendo y analizando toda la información relevante disponible sobre el yacimiento,

formación geológica, registros históricos de pozos cercanos, entre otros datos relevantes.

2. Predicción de presión de formación y fractura: Se lleva a cabo un análisis minucioso para determinar la presión esperada en la formación geológica y la posible presión de fracturamiento, lo que permitirá establecer los parámetros de diseño adecuados.
3. Determinación de la profundidad de asentamiento de las tuberías de revestimiento: Se calcula la profundidad a la que se asentarán las tuberías de revestimiento, lo que garantizará la integridad del pozo durante la perforación y producción.
4. Selección de la geometría del pozo: Se elige cuidadosamente la geometría del pozo, considerando factores como el ángulo de desviación, la ubicación de las curvas y la longitud direccional para optimizar la producción y acceso al yacimiento.
5. Programas de fluidos de perforación: Se diseñan los programas de fluidos de perforación adecuados, que incluyen la elección de los fluidos y aditivos adecuados para garantizar una perforación eficiente y segura.
6. Programa hidráulico: Se desarrolla un programa hidráulico que incluye los cálculos necesarios para mantener el control adecuado de las presiones durante la perforación.
7. Selección del equipo de perforación: Se elige el equipo de perforación más adecuado para las características del pozo y las operaciones planificadas.
8. Tiempos estimados de perforación: Se establecen estimaciones de los tiempos requeridos para cada fase del proceso de perforación.
9. Costos de la perforación: Se realiza un análisis de los costos asociados a la perforación, incluyendo el equipo, materiales y mano de obra.

La perforación, al igual que la exploración, es una actividad que requiere una considerable inversión de tiempo y recursos financieros. Por esta razón, el proceso de perforación comienza únicamente después de que geólogos y geofísicos han llegado a un acuerdo sobre la ubicación más adecuada para la búsqueda de hidrocarburos en el subsuelo. Es esencial tomar decisiones bien fundamentadas para asegurar el éxito de la perforación y maximizar la eficiencia de los recursos invertidos.

En sus inicios, los pozos petroleros se perforaban utilizando métodos de percusión, mediante el martilleo de una herramienta sujeta a un cable. Sin embargo, esta técnica tenía limitaciones en cuanto a la profundidad y velocidad de perforación. Con el avance tecnológico, las herramientas de cables fueron reemplazadas por la perforación rotatoria, lo que permitió alcanzar mayores profundidades y reducir significativamente el tiempo necesario para perforar un pozo.

La adopción de la perforación rotatoria marcó un hito en la industria petrolera, ya que abrió nuevas posibilidades para la exploración y extracción de hidrocarburos. Gracias a esta tecnología, se ha logrado acceder a reservorios más profundos y alcanzar mayores tasas de producción, lo que ha impulsado el crecimiento y desarrollo del sector petrolero (Jaz Mar, 2012).

1.4. HIPOTESIS DEL TRABAJO

Determinar la efectividad del programa de perforación en el campo Parahuacu, tomando en cuenta las diferentes etapas en la perforación.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Analizar las operaciones de perforación de un pozo direccional en el campo Parahuacu del oriente ecuatoriano, tomando en cuenta las características y parámetros específicos del pozo, a través de la implementación de un programa especializado para optimizar y mejorar el proceso de perforación.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Elaborar gráficas comparativas entre los tiempos planeados y los tiempos reales de las operaciones de perforación.
- Recopilar y reunir de manera adecuada toda la información relevante relacionada con las operaciones de perforación.
- Establecer los NTP (Niveles Técnicos de Perforación) específicos para cada una de las secciones del pozo.
- Realizar el esquema mecánico del pozo, que incluya la representación detallada de su diseño.
- Diseñar y desarrollar el esquema mecánico completo del pozo, asegurando su correcta planificación y ejecución.

1.6. ALCANCE

En este proyecto de estudio centrado en un pozo específico del campo Parahuacu, se emprenderá un análisis detallado del programa de perforación con el propósito de mejorar los resultados obtenidos durante las operaciones en dicho campo. La meta principal es maximizar los beneficios y reducir al mínimo los problemas o contratiempos que puedan surgir en los pozos.

El análisis exhaustivo del programa de perforación permitirá identificar posibles áreas de mejora y optimización en las operaciones. Se analizarán factores clave como la planificación de la trayectoria del pozo, la selección de equipos y herramientas de perforación, los procedimientos operativos, el uso de fluidos de perforación adecuados, y la gestión de recursos, entre otros.

Además, se evaluarán los resultados obtenidos en pozos anteriores dentro del campo Parahuacu para identificar patrones o tendencias que puedan ser utilizados para mejorar la eficiencia y la efectividad de las operaciones futuras.

El enfoque de este análisis será tanto técnico como económico, buscando alcanzar un equilibrio entre la calidad y seguridad de las operaciones y la optimización de costos. Se considerará la aplicación de nuevas tecnologías y mejores prácticas en la industria de la perforación para lograr un mayor rendimiento y productividad en el campo.

Asimismo, se revisarán los procedimientos de seguridad y prevención de riesgos en las operaciones de perforación, con el objetivo de garantizar la integridad de los trabajadores y el cumplimiento de las normativas y regulaciones establecidas.

El resultado esperado de este análisis es implementar mejoras y ajustes en el programa de perforación del pozo del campo Parahuacu, lo que se traducirá en una mayor eficiencia, una reducción de costos y un incremento en la producción de hidrocarburos. Con un enfoque proactivo y basado en datos sólidos, se buscará lograr una gestión óptima de las operaciones de perforación para contribuir al éxito y la rentabilidad del campo Parahuacu en el oriente ecuatoriano.

1.7. VARIABLES

VARIABLES dependientes

- Características del pozo.

VARIABLES independientes

- Programa de perforación del pozo

1.8. DESCRIPCION DEL CAMPO COCA-PAYAMINO

1.8.1. Ubicación del Campo

El campo Parahuacu se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del río Aguarico, a unos 100 kilómetros al norte de la ciudad de Lago Agrio. El campo tiene una superficie de aproximadamente 100 kilómetros cuadrados.

La ubicación geográfica del campo Parahuacu se puede describir de la siguiente manera:

- Ubicación: El campo Parahuacu se encuentra ubicado en la provincia de Sucumbíos, en el Oriente ecuatoriano.
- Coordenadas: Las coordenadas del campo Parahuacu son 0° 21' 00" S, 78° 12' 00" W.
- Altitud: El campo Parahuacu se encuentra a una altitud de aproximadamente 200 metros sobre el nivel del mar.
- Relieve: El campo Parahuacu se encuentra ubicado en una zona de colinas y montañas.
- Clima: El clima en la zona es tropical húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 25 y los 30 grados Celsius.

El campo Parahuacu se encuentra ubicado en una zona de selva tropical. El clima en la zona es tropical húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 25 y los 30 grados Celsius. La precipitación anual en la zona es de aproximadamente 3.000 milímetros.

1.8.2. Geología del Campo

La geología estructural del campo Parahuacu está determinada por la presencia de dos estructuras principales:

- Un anticlinal: El anticlinal de Parahuacu es una estructura anticlinal de forma alargada que se encuentra ubicada en el centro del campo. El anticlinal está formado por rocas de la Formación Quevedo.

Un anticlinal es una estructura geológica en la que las capas de roca se doblan hacia arriba en forma de arco. Las rocas más antiguas se encuentran en el núcleo del anticlinal y las rocas más jóvenes se encuentran en los flancos.

Los anticlinales se forman por fuerzas tectónicas. Cuando las fuerzas tectónicas comprimen la corteza terrestre, las capas de roca pueden doblarse hacia arriba.

Los anticlinales son importantes en la industria petrolera. Las rocas que se encuentran en los núcleos de los anticlinales a menudo contienen petróleo y gas natural.

Los anticlinales se encuentran en todo el mundo. Se pueden encontrar en montañas, valles y océanos.



- Un sinclinal: El sinclinal de Parahuacu es una estructura sinclinal de forma alargada que se encuentra ubicada al norte del anticlinal de Parahuacu. El sinclinal está formado por rocas de la Formación Cascajal.

estructura geológica en la que las capas de roca se doblan hacia abajo en forma de arco. Las rocas más jóvenes se encuentran en el núcleo del sinclinal y las rocas más antiguas se encuentran en los flancos.



Estas dos estructuras controlan la distribución de las reservas probadas de petróleo del campo Parahuacu. Las reservas probadas se encuentran principalmente en las rocas de la Formación Quevedo que se encuentran en el anticlinal de Parahuacu.

Los sinclinales se forman por fuerzas tectónicas. Cuando las fuerzas tectónicas extienden la corteza terrestre, las capas de roca pueden doblarse hacia abajo, son importantes en la industria petrolera. Las rocas que se encuentran en los núcleos de los sinclinales a menudo contienen petróleo y gas natural.

Las estructuras del campo Parahuacu se formaron durante la Orogenia Andina. La Orogenia Andina fue un proceso de formación de montañas que se produjo durante el Cenozoico, son importantes para la producción de petróleo del campo. Las estructuras proporcionan un entorno favorable para la acumulación de petróleo.

El campo Parahuacu es un campo petrolero maduro con una historia de producción de más de 40 años. El campo ha producido más de 200 millones de barriles de petróleo en su historia, es un campo pequeño en comparación con otros campos petroleros ecuatorianos. Sin embargo, el campo sigue siendo importante para la producción de petróleo del país, tiene el potencial de aumentar su producción si se realizan las inversiones necesarias. La perforación de nuevos pozos, la estimulación de pozos existentes y la mejora de la infraestructura pueden ayudar a aumentar la producción del campo.

1.8.3. Producción

La producción de petróleo del campo Parahuacu ha ido disminuyendo en los últimos años. En 2022, la producción del campo fue de aproximadamente 100.000 barriles diarios de petróleo (BOPD).

La disminución de la producción se debe a una serie de factores, entre los que se incluyen:

- La declinación natural de los yacimientos: Los yacimientos de petróleo tienen una vida útil limitada. A medida que el petróleo se produce, la presión en los yacimientos disminuye, lo que hace que sea más difícil extraer el petróleo.
- La falta de inversiones: En los últimos años, las inversiones en el campo Parahuacu han sido limitadas. Esto ha impedido realizar las obras necesarias para aumentar la producción.
- La creciente competencia: El campo Parahuacu se encuentra en una zona donde hay otros campos petroleros productivos. Esto ha llevado a una disminución de la demanda de petróleo del campo Parahuacu.

Para aumentar la producción del campo Parahuacu, se necesitan realizar inversiones en las siguientes áreas:

- Perforación de nuevos pozos: La perforación de nuevos pozos puede ayudar a aumentar la producción de petróleo.
- Estimulación de pozos: La estimulación de pozos puede ayudar a aumentar la producción de petróleo de los pozos existentes.
- Mejora de la infraestructura: La mejora de la infraestructura puede ayudar a reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia.

Si se realizan las inversiones necesarias, el campo Parahuacu tiene el potencial de aumentar su producción de petróleo.

En 2023, se espera que la producción del campo Parahuacu se mantenga en torno a los 100.000 BOPD. Sin embargo, si se realizan las inversiones necesarias, es posible que la producción del campo aumente en los próximos años.

Según información publicada por Petroamazonas EP, la producción del campo Parahuacu en los últimos años ha sido la siguiente:

Año	Producción
2022	100000
2021	105000
2020	110000
2019	115000
2018	120000

Tabla 1. Producción de Campo Parahuacu

Como se puede observar, la producción del campo Parahuacu ha ido disminuyendo gradualmente en los últimos años. Si se realizan las inversiones necesarias, es posible que la producción del campo aumente en los próximos años

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. POZO PETROLERO

Un pozo de petróleo es una estructura artificial que se perfora en la tierra para extraer petróleo o gas natural. Los pozos de petróleo se perforan utilizando una torre de perforación, que está equipada con una broca de perforación. La broca de perforación gira y corta la roca, lo que permite que el fluido de perforación fluya hacia arriba a través del pozo. El fluido de perforación transporta el petróleo y el gas natural a la superficie.

Los pozos de petróleo se pueden dividir en dos categorías principales: pozos verticales y pozos direccionales. Los pozos verticales se perforan en una línea recta, mientras que los pozos direccionales se perforan en una trayectoria no vertical. Los pozos direccionales se utilizan para acceder a yacimientos de petróleo o gas natural que se encuentran en áreas remotas o difíciles de alcanzar.

El proceso de perforación de un pozo de petróleo se puede dividir en las siguientes etapas:

- **Planificación:** En esta etapa, se recopila información sobre el yacimiento, se diseña la trayectoria del pozo y se seleccionan los equipos y materiales necesarios.
- **Perforación:** En esta etapa, se perfora el pozo siguiendo la trayectoria diseñada.
- **Cementación:** En esta etapa, se cementa el pozo para sellarlo y protegerlo de la corrosión.
- **Terminación:** En esta etapa, se perforan las ramas de producción y se instalan los equipos necesarios para la producción de petróleo o gas natural.

La perforación de un pozo de petróleo es un proceso complejo y peligroso. Requiere una planificación cuidadosa y una ejecución precisa. La seguridad de los trabajadores es una prioridad fundamental en la perforación de pozos de petróleo.

Componentes de un pozo de petróleo

Los componentes principales de un pozo de petróleo son:

- La torre de perforación: La torre de perforación es la estructura que sostiene la broca de perforación y los equipos de perforación.
- La broca de perforación: La broca de perforación es la herramienta que corta la roca.
- El fluido de perforación: El fluido de perforación es un líquido que se utiliza para lubricar la broca de perforación, transportar el petróleo y el gas natural a la superficie y estabilizar el pozo.
- La sarta de perforación: La sarta de perforación es una serie de tuberías que conectan la broca de perforación con la superficie.
- Los equipos de perforación: Los equipos de perforación incluyen bombas de lodo, bombas de circulación, motores de perforación y otros equipos que se utilizan para perforar el pozo.

Importancia de los pozos de petróleo

Los pozos de petróleo son una parte esencial de la industria petrolera. Los pozos de petróleo proporcionan petróleo y gas natural, que son recursos energéticos importantes. El petróleo y el gas natural se utilizan para generar electricidad, fabricar productos químicos y petroquímicos y transportar personas y bienes.

Los avances tecnológicos en la perforación de pozos de petróleo han hecho que la extracción de petróleo y gas natural sea más eficiente y segura. Los avances tecnológicos también han permitido la exploración y el desarrollo de yacimientos de petróleo y gas natural que anteriormente eran inaccesibles (Méndez Castro, 2013)

2.2. POZO DIRECCIONAL

Un pozo direccional es un pozo que se perfora siguiendo una trayectoria no vertical. Esta trayectoria puede ser horizontal, curvilínea o una combinación de ambas.

La perforación de pozos direccionales se utiliza en una variedad de aplicaciones en la industria petrolera, incluyendo:

- Acceso a yacimientos de petróleo o gas natural que se encuentran en áreas remotas o difíciles de alcanzar.
- Aumentar la producción de petróleo o gas natural de un yacimiento.
- Evitar obstáculos, como fallas o fracturas, que pueden causar problemas en la producción de petróleo o gas natural.

La perforación de pozos direccionales es un proceso complejo que requiere una planificación cuidadosa y una ejecución precisa. Los factores que pueden afectar el éxito de la perforación de pozos direccionales incluyen:

- La geología y la geofísica del yacimiento: La presencia de fracturas, fallas, y otros obstáculos geológicos puede dificultar la perforación de pozos direccionales.
- Los equipos y materiales utilizados: La calidad y la confiabilidad de los equipos, así como la disponibilidad de materiales, pueden afectar el rendimiento y la eficiencia de la perforación.
- La experiencia y las habilidades de los perforadores: La capacitación y la experiencia de los perforadores, así como su capacidad para tomar decisiones informadas, son esenciales para el éxito de la perforación.
- La planificación y la ejecución de las operaciones: La planificación adecuada de las operaciones, así como la ejecución eficiente de las mismas, son fundamentales para el éxito de la perforación.

El proceso de perforación de pozos direccionales se puede dividir en las siguientes etapas:

- Planificación: En esta etapa, se recopila información sobre el yacimiento, se diseña la trayectoria del pozo y se seleccionan los equipos y materiales necesarios.
- Perforación: En esta etapa, se perfora el pozo siguiendo la trayectoria diseñada.
- Cementación: En esta etapa, se cementa el pozo para sellarlo y protegerlo de la corrosión.
- Terminación: En esta etapa, se perforan las ramas de producción y se instalan los equipos necesarios para la producción de petróleo o gas natural.

La perforación de pozos direccionales es una técnica compleja que requiere una planificación cuidadosa y una ejecución precisa. La comprensión de los factores que

pueden afectar el éxito de la perforación de pozos direccionales es esencial para el desarrollo de un programa de perforación eficaz.

Técnicas de perforación direccional

Existen una variedad de técnicas que se utilizan para perforar pozos direccionales. Estas técnicas se pueden dividir en dos categorías principales:

- **Técnicas de desviación:** Estas técnicas se utilizan para desviar el pozo de su trayectoria vertical. Las técnicas de desviación más comunes incluyen el uso de herramientas de desviación, el uso de fluidos de perforación especiales y el uso de técnicas de perforación especiales.
- **Técnicas de orientación:** Estas técnicas se utilizan para mantener el pozo en la trayectoria deseada. Las técnicas de orientación más comunes incluyen el uso de herramientas de orientación, el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y el uso de técnicas de perforación especiales.

Ventajas de los pozos direccionales

Los pozos direccionales ofrecen una serie de ventajas sobre los pozos verticales, incluyendo:

- Acceso a yacimientos de petróleo o gas natural que se encuentran en áreas remotas o difíciles de alcanzar.
- Aumentar la producción de petróleo o gas natural de un yacimiento.
- Evitar obstáculos, como fallas o fracturas, que pueden causar problemas en la producción de petróleo o gas natural.

Desventajas de los pozos direccionales

Los pozos direccionales también presentan algunas desventajas, incluyendo:

- Mayor complejidad y costo de perforación.
- Mayor riesgo de accidentes.

Mayores dificultades para la terminación del pozo

2.3. EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE OPERACIONES DE PERFORACIÓN

2.3.1. Definición

La eficiencia y el rendimiento de las operaciones en perforaciones de pozos son dos conceptos estrechamente relacionados que se utilizan para medir la eficacia de una empresa de perforación de pozos en la producción de pozos de petróleo y gas natural.

La eficiencia se refiere a la relación entre la cantidad de pozos perforados y los recursos utilizados para perforarlos. Se puede medir en términos de pozos perforados por unidad de tiempo, costo por pozo perforado o algún otro indicador relevante.

El rendimiento se refiere a la cantidad de petróleo o gas natural producido por la empresa de perforación de pozos en un período de tiempo determinado. Se puede medir en términos de barriles de petróleo o metros cúbicos de gas natural producidos, valor monetario producido o algún otro indicador relevante.

En general, una empresa de perforación de pozos con una alta eficiencia y un alto rendimiento es más eficaz que una empresa de perforación de pozos con una eficiencia baja o un rendimiento bajo.

Factores que afectan la eficiencia y el rendimiento de las operaciones en perforaciones de pozos

Los factores que afectan la eficiencia y el rendimiento de las operaciones en perforaciones de pozos son variados y pueden incluir:

- La ubicación de los yacimientos: Los yacimientos de petróleo y gas natural que se encuentran en áreas remotas o difíciles de acceder pueden ser más difíciles de perforar y producir, lo que puede afectar la eficiencia y el rendimiento.
- La geología de los yacimientos: La geología de los yacimientos puede afectar la dificultad de perforar los pozos y la cantidad de petróleo o gas natural que se puede producir, lo que puede afectar la eficiencia y el rendimiento.
- El tipo de pozo: Los pozos verticales son generalmente más eficientes y rentables que los pozos direccionales, pero los pozos direccionales pueden ser necesarios para acceder a yacimientos de petróleo y gas natural que se encuentran en áreas remotas o difíciles de alcanzar.

- Los equipos y materiales utilizados: Los equipos y materiales modernos pueden ayudar a mejorar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de perforación de pozos.
- La experiencia y las habilidades de los perforadores: La experiencia y las habilidades de los perforadores pueden afectar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones de perforación de pozos.
- La gestión de las operaciones: Una buena gestión de las operaciones puede ayudar a mejorar la eficiencia y el rendimiento.

Cómo mejorar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones en perforaciones de pozos

Hay una serie de cosas que las empresas de perforación de pozos pueden hacer para mejorar la eficiencia y el rendimiento de sus operaciones. Algunas de estas acciones incluyen:

- Reducir los desperdicios: El desperdicio es cualquier recurso que se utiliza pero que no se convierte en un pozo perforado. La reducción de los desperdicios puede ayudar a mejorar la eficiencia y el rendimiento.
- Automatizar las operaciones: La automatización puede ayudar a reducir los costos y mejorar la eficiencia.
- Mejorar la productividad: La productividad es la cantidad de pozos perforados por unidad de trabajo. La mejora de la productividad puede ayudar a aumentar el rendimiento.

2.3.2. Factores que afecten el proceso de perforación.

Los factores que afectan el rendimiento y la eficiencia de las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu son similares a los factores que afectan a las operaciones de perforación de pozos direccionales en general. Sin embargo, existen algunos factores específicos que pueden ser más relevantes para el campo Parahuacu, debido a su ubicación y geología.

Ubicación: El campo Parahuacu se encuentra en la Amazonía ecuatoriana, una región remota y difícil de acceder. Esto puede afectar la eficiencia de las operaciones de

perforación de pozos, ya que puede ser necesario transportar equipos y materiales a largas distancias.

Geología: El campo Parahuacu contiene una variedad de formaciones geológicas, algunas de las cuales son difíciles de perforar. Esto puede aumentar el tiempo y los costos de perforación, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.

Tipo de pozo: Los pozos direccionales utilizados en el campo Parahuacu son generalmente largos y complejos. Esto puede aumentar el riesgo de accidentes y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.

Equipos y materiales: Los equipos y materiales utilizados en las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu deben ser adecuados para las condiciones locales. Esto incluye equipos y materiales que sean resistentes a la corrosión y que puedan operar en condiciones remotas.

Experiencia y habilidades de los perforadores: Los perforadores que trabajan en el campo Parahuacu deben tener experiencia y habilidades específicas para perforar pozos direccionales en condiciones difíciles.

Gestión de las operaciones: La gestión de las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu debe ser eficaz para coordinar y controlar las actividades. Esto es importante para garantizar que las operaciones se realicen de manera segura y eficiente.

Ejemplos específicos de cómo estos factores pueden afectar el rendimiento y la eficiencia de las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu:

- La ubicación remota del campo Parahuacu puede aumentar los costos de transporte de equipos y materiales, lo que puede reducir la eficiencia.
- La geología compleja del campo Parahuacu puede aumentar el tiempo y los costos de perforación, lo que puede reducir el rendimiento.
- La longitud y la complejidad de los pozos direccionales utilizados en el campo Parahuacu pueden aumentar el riesgo de accidentes, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.

- La selección de equipos y materiales inadecuados para las condiciones locales puede aumentar el riesgo de accidentes y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.
- La falta de experiencia y habilidades de los perforadores puede aumentar el riesgo de accidentes y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.
- Una mala gestión de las operaciones puede provocar retrasos y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.

Para mejorar el rendimiento y la eficiencia de las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu, las empresas de perforación de pozos pueden tomar medidas para abordar estos factores. Por ejemplo, las empresas pueden:

- Involucrar a proveedores locales para reducir los costos de transporte.
- Utilizar equipos y materiales modernos para mejorar la precisión y la eficiencia de la perforación.
- Invertir en capacitación y desarrollo para los perforadores para mejorar sus habilidades y experiencia.
- Implementar sistemas de gestión de operaciones para mejorar la coordinación y la comunicación entre los departamentos.

Al tomar estas medidas, las empresas de perforación de pozos pueden mejorar su capacidad para perforar pozos direccionales en el campo Parahuacu de manera eficiente y rentable

2.3.3. Factores específicos que afectan en el campo Parahuacu

Los factores específicos que pueden afectar el rendimiento y la eficiencia de las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu son los siguientes:

- Ubicación: El campo Parahuacu se encuentra en la Amazonía ecuatoriana, una región remota y difícil de acceder. Esto puede afectar la eficiencia de las operaciones de perforación de pozos, ya que puede ser necesario transportar equipos y materiales a largas distancias.

- **Geología:** El campo Parahuacu contiene una variedad de formaciones geológicas, algunas de las cuales son difíciles de perforar. Esto puede aumentar el tiempo y los costos de perforación, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.
- **Tipo de pozo:** Los pozos direccionales utilizados en el campo Parahuacu son generalmente largos y complejos. Esto puede aumentar el riesgo de accidentes y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.
- **Equipos y materiales:** Los equipos y materiales utilizados en las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu deben ser adecuados para las condiciones locales. Esto incluye equipos y materiales que sean resistentes a la corrosión y que puedan operar en condiciones remotas.
- **Experiencia y habilidades de los perforadores:** Los perforadores que trabajan en el campo Parahuacu deben tener experiencia y habilidades específicas para perforar pozos direccionales en condiciones difíciles.
- **Gestión de las operaciones:** La gestión de las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu debe ser eficaz para coordinar y controlar las actividades. Esto es importante para garantizar que las operaciones se realicen de manera segura y eficiente.

A continuación, se describen con más detalle algunos de estos factores:

Ubicación remota: La ubicación remota del campo Parahuacu puede aumentar los costos de transporte de equipos y materiales, lo que puede reducir la eficiencia. Además, puede ser más difícil encontrar proveedores locales de equipos y materiales, lo que puede limitar las opciones y aumentar los costos.

Geología compleja: La geología compleja del campo Parahuacu puede aumentar el tiempo y los costos de perforación, lo que puede reducir el rendimiento. Además, puede aumentar el riesgo de accidentes, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia.

Longitud y complejidad de los pozos direccionales: La longitud y la complejidad de los pozos direccionales utilizados en el campo Parahuacu pueden aumentar el riesgo de accidentes, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia. Además, pueden requerir más tiempo y equipos especializados para perforarlos, lo que puede reducir el rendimiento.

Equipos y materiales inadecuados: La selección de equipos y materiales inadecuados para las condiciones locales puede aumentar el riesgo de accidentes y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia. Además, puede aumentar los costos de operación, lo que puede reducir la rentabilidad.

Falta de experiencia y habilidades de los perforadores: La falta de experiencia y habilidades de los perforadores puede aumentar el riesgo de accidentes y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia. Además, puede requerir más tiempo para perforar los pozos, lo que puede reducir el rendimiento.

Mala gestión de las operaciones: Una mala gestión de las operaciones puede provocar retrasos y problemas, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia. Además, puede aumentar los costos de operación, lo que puede reducir la rentabilidad.

Para mejorar el rendimiento y la eficiencia de las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu, las empresas de perforación de pozos pueden tomar medidas para abordar estos factores. Por ejemplo, las empresas pueden:

- Involucrar a proveedores locales para reducir los costos de transporte.
- Utilizar equipos y materiales modernos para mejorar la precisión y la eficiencia de la perforación.
- Invertir en capacitación y desarrollo para los perforadores para mejorar sus habilidades y experiencia.
- Implementar sistemas de gestión de operaciones para mejorar la coordinación y la comunicación entre los departamentos.

Al tomar estas medidas, las empresas de perforación de pozos pueden mejorar su capacidad para perforar pozos direccionales en el campo Parahuacu de manera eficiente y rentable.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación.

La investigación será de tipo descriptivo, transversal y prospectivo

Este estudio tiene como objetivo describir las operaciones realizadas en el proceso de perforación de un pozo, así como las herramientas y equipos que intervienen en estas operaciones. Para ello, se utilizarán dos tipos de investigación: bibliográfica y de campo.

La investigación bibliográfica se utilizará para recopilar información sobre el proceso de perforación de pozos, incluyendo sus diferentes etapas, las herramientas y equipos utilizados, y los problemas que pueden presentarse.

La investigación de campo se utilizará para recolectar datos directamente de los profesionales que participan en el proceso de perforación de pozos. Estos datos se utilizarán para analizar los problemas que se presentan en la actualidad y para proponer soluciones que puedan mejorar el proceso.

3.1.2. Recopilación de información.

Enfoque metodológico

El enfoque metodológico será mixto, utilizando tanto técnicas cuantitativas como cualitativas.

Diseño de la muestra

La muestra estará compuesta por profesionales que participan en el proceso de perforación de pozos en el campo Parahuacu. El tamaño de la muestra se determinará en función de los objetivos del estudio.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos serán los siguientes:

- **Investigación cuantitativa:**
 - Recopilación de datos históricos de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu.
 - Análisis de datos estadísticos.

- **Investigación cualitativa:**
 - Entrevistas a profesionales que participan en el proceso de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu.
 - Observación participante en las operaciones de perforación de pozos direccionales en el campo Parahuacu.

La recolección de datos históricos se realizará mediante el acceso a registros internos de las empresas petroleras que operan en el campo Parahuacu. El análisis de datos estadísticos se realizará utilizando software especializado.

Investigación cualitativa

Las entrevistas a profesionales se realizarán mediante un guion semiestructurado. La observación participante se realizará durante un período de tiempo determinado, que se determinará en función de los objetivos del estudio.

Procedimientos de análisis de datos

Investigación cuantitativa

El análisis de datos estadísticos se realizará utilizando técnicas de análisis descriptivo e inferencial.

Investigación cualitativa

El análisis de los datos cualitativos se realizará utilizando técnicas de análisis de contenido.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. DATOS DE POZOS PERFORADOS

Los datos de perforación de todas las secciones de cada pozo se recopilaron y organizaron en matrices, de manera que los datos más relevantes pudieran ser analizados de manera rápida y sencilla.

Datos generales de los pozos examinados

Pozo	Índice de dificultad	Objetivo
H029	Alto	T
H030	Alto	T
H031	Medio	T
H032	Medio	T
H033	Alto	T
H034	Alto	T

Tabla 2. Índice de dificultad y Objetivo de pozos del campo Libertador

4.1.1. Problemas operativos presentados.

Los problemas operativos más comunes durante la perforación de pozos se muestran en la tabla siguiente, junto con las medidas que se han tomado para resolverlos.

Fase de perforación	Problema	Nombre de Pozo	Solución
12 ¼"	Acumulación de material en la tubería y riesgo de que las paredes de la tubería se peguen entre sí.	H032	La tubería de perforación debe estar en movimiento continuo y las uniones entre secciones de tubería deben realizarse de manera rápida y eficiente
	Restricción debido al hinchamiento de las arcillas		En estas formaciones, es importante aplicar el peso necesario para mantener la estabilidad de la perforación. Sin embargo, es importante utilizar pesos bajos y alta rotación para evitar que la broca se obstruya con el material del yacimiento. Los viajes cortos deben realizarse cada 43 horas de exposición de hueco abierto para evitar que el yacimiento se hinche
	Amago de pega de tubería		La tubería de perforación debe estar en movimiento continuo y las uniones entre secciones de tubería deben realizarse de manera rápida y eficiente. Es importante aumentar la lubricidad del sistema y revisar periódicamente el estado de la tubería.
	Velocidad de perforación lenta (ROP)		Reducir la fuerza aplicada a la broca (WOB)
	Índice elevado de Stick & Slip		Aumentar la rotación de la broca y reducir la fuerza aplicada a la broca. Adicionar un lubricante líquido al fluido de perforación

Torque excesivo en la superficie y en el fondo del pozo

Añadir aditivos al fluido de perforación para reducir la fricción entre la tubería y las paredes del pozo

Tabla 3. Problemas presentado en el pozo H032 en la sección 12 1/4". Elaborado por el autor

Fase de perforación	Problema	Nombre de Pozo	Solución
	Bloqueo de motor		Mejorar la capacidad del sistema para reducir la fricción. Revisar las condiciones del sistema
	La fuerza de giro de la broca es excesiva (28-30 klbs-ft) y la velocidad de avance de la tubería es baja		Mejorar la capacidad del sistema para reducir la fricción. Reducir la fuerza aplicada a la broca
	Índice elevado de Stick & Slip		Aumentar la rotación de la broca y reducir la fuerza aplicada a la broca. Adicionar un lubricante líquido al fluido de perforación
8 ½"	La broca está ejerciendo una fuerza de giro excesiva (28-30 klbs-ft), lo que está dificultando el avance de la tubería.	H032	Mejorar la capacidad del sistema para reducir la fricción. Reducir la fuerza aplicada a la broca
	Las lutitas de Napo son formaciones rocosas blandas y pegajosas. El torque es alto, lo que podría provocar que la tubería se pegue a las		Se deben utilizar materiales que permitan el puenteo y sellado de las fracturas en la formación Basal Tena. También se deben utilizar inhibidores de lutita para reducir la adherencia de la tubería a las paredes del pozo. Es importante

paredes del pozo en Basal Tena.	minimizar el tiempo estático de la sarta, especialmente durante las operaciones de levantamiento y conexión de tuberías
Se encuentran áreas de dimensiones reducidas	Eliminar los residuos del pozo, verificando periódicamente

Tabla 4. Problemas presentados en el pozo H032 en la sección 8 1/2". Elaborado por el autor.

Fase de perforación	Problema	Nombre de Pozo	Solución
12 ¼"	La tubería es más propensa a pegarse a las paredes del pozo, con un aumento de la probabilidad de entre un 100 y un 120%	H034	Reducir la carga aplicada a la broca y aumentar la velocidad de rotación de la tubería
	La fuerza de giro aplicada a la broca es alta, alcanzando los 25 Klbft.		Reducir la carga aplicada a la broca.
	La tubería es más propensa a pegarse a las paredes del pozo, con un aumento de la probabilidad de entre un 120 y un 150%		Aumentar la velocidad de rotación de la tubería y reducir la carga aplicada a la broca.
	Se ha detectado un nivel significativo de Stick & slip		Aumentar la velocidad de rotación de la tubería y reducir la carga aplicada a la broca. Se agregará lubricante líquido al sistema de lodo para reducir la fricción entre la tubería y las paredes del pozo
	La fuerza de giro aplicada a la broca fuera de fondo y en fondo es alta, alcanzando los 24 a 25 klb/ft y los 26 a 28 klb/ft, respectivamente		Mejorar la capacidad del fluido de perforación para reducir la fricción entre la tubería y las paredes del pozo
La tubería está experimentando una	Reducir la velocidad de rotación de la tubería y el caudal de fluido		

fuerza de giro excesiva y está bloqueando el flujo de fluido de perforación	de perforación, y utilizar un peso ligero en la broca para evitar que el pozo se incline
---	--

Tabla 5. Problemas presentados en el pozo H034, en la sección 12 1/4". Elaborado por el autor.

Fase de perforación	Problema	Nombre de Pozo	Solución
8 ½"	La tubería está apoyada en la pared del pozo en la sección tangente	H034	Agregar una píldora lubricante al fluido de perforación para mejorar la lubricidad del sistema de perforación
	Intento de pegar la tubería al pozo		Aumentar la tensión de la sarta
	La perforación está experimentando un alto torque, lo que impide que la tubería gire a más de 80 revoluciones por minuto		Reducir la velocidad de rotación de la tubería
	Posibilidad de que la tubería no se pueda mover libremente		Se deben optimizar los procesos de conexión y toma de surveys, así como de backreaming y repasos
	Se observa una fuerza de giro excesiva durante la perforación		Reducir la fuerza de giro aplicada a la broca y la fuerza aplicada a la formación del pozo
	Al perforar a través de la arena T1, se detecta que la tubería no está en contacto con las paredes del pozo		Mejorar la capacidad de deslizamiento del sistema

Tabla 6. Problemas presentados en el pozo H034, en la sección 8 1/2". Elaborado por el autor.

Fase de perforación	Problema	Nombre de Pozo	Solución
12 ¼"	Se ha producido una falla en el motor que ha provocado la pérdida de la señal de medición de perforación (MWD)	H033	Se bombea fluido de perforación desde el fondo del pozo hasta la superficie

Tabla 7. Problemas presentados en el pozo H033, en la sección 12 1/4". Elaborado por el autor.

Fase de perforación	Problema	Nombre de Pozo	Solución
8 ½"	Velocidad de perforación reducida	H033	Modificación de los parámetros de perforación
	Bloqueo de la tubería		Operación de subir o bajar la sarta de perforación
	Imposibilidad de subir o bajar la sarta de perforación		Aumentar la capacidad de deslizamiento del sistema
	Fuerza de torsión elevada		Reducir la carga sobre la broca
	En la formación M1, la sarta de perforación se bloquea al subir o bajar, pero el dogleg es más efectivo para resolver este problema		Reducir la fricción en el sistema

Tabla 8. Problemas presentados en el pozo H033, en la sección 8 1/2". Elaborado por el autor.

En los pozos estudiados, se utilizaron dos sistemas de perforación direccional para controlar la dirección del pozo. El motor de desplazamiento positivo (PDM) se utilizó en las secciones del pozo donde se requerían cambios de dirección pronunciados, mientras que el sistema de rotación continua (RSS) se utilizó en las secciones del pozo donde se requerían cambios de dirección más graduales.

Sección de 12 ¼”: La siguiente tabla muestra los datos de perforación direccional para cada sección del pozo. Estos datos incluyen el sistema utilizado, el intervalo perforado, el máximo ángulo de construcción y la inclinación alcanzada al final de la sección.

Sección 12 ¼"					
Pozo	Herramienta de perforación	Tipo	Intervalo	Max. DLG	Inclinación
H032	Power Drive	PD900X6	4812	1,8	36,11
			3103	2,76	3,25
H033	Steerable Motor	A825M7840XP	1312	2,01	18,90
			1290	3,13	45,12
H034	PowerPak	A825M XP	1402	2,05	1,70
			625	3,60	12,67
	Power Drive	Xceed900	590	2,43	24,76
			1427	3,29	41,67

Tabla 9. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H0,32, H033, H0,34. Elaborado por el autor.

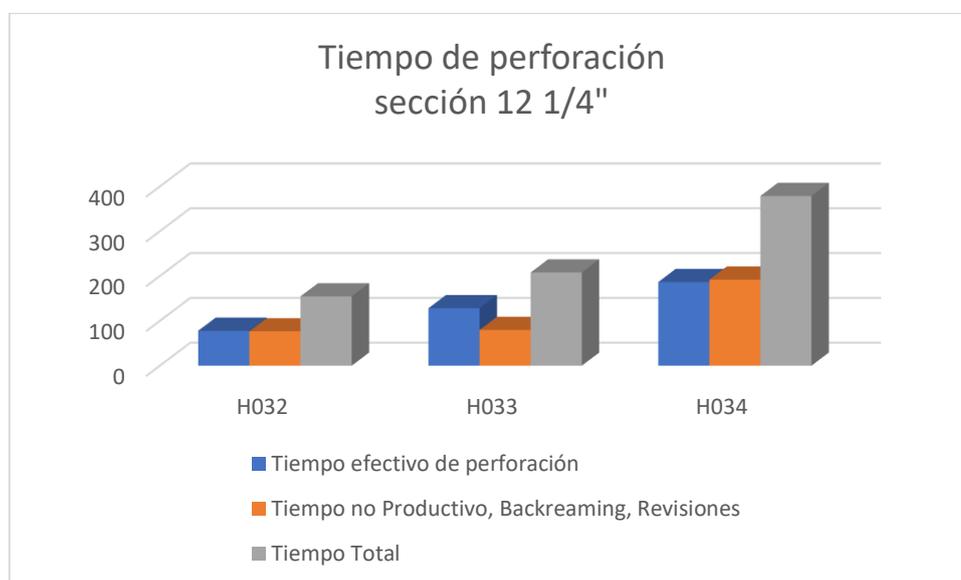


Figura 1. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor.

La tabla anterior muestra que el uso del Power Drive permitió perforar en una sola corrida y con un menor tiempo de perforación. En el pozo H034, se esperaba un resultado similar, pero el uso del Rhino Reamer requirió más viajes, lo que retrasó la perforación de esta sección.

Para mejorar la eficiencia de la perforación direccional, se ha tomado en cuenta otro pozo con el mismo objetivo (sin sidetrack). Este pozo se analizará para determinar una variedad de complicaciones. La siguiente tabla muestra los datos de perforación direccional para este pozo, incluyendo el sistema utilizado, el intervalo perforado, el máximo ángulo de construcción y la inclinación alcanzada al final de la sección

Sección 12 1/4"					
Pozo	Herramienta de perforación	Tipo	Intervalo	Max. DLG	Inclinación
H029	Power Pak	A825M XP	1690	2,0	11,50
	Xceed	PD Xceed	980	1,4	13,98
H030	Power Pak	A962M5640XP	2280	4,29	11,24
	Power Drive X6	PD 900X5	2526	2,70	50,00
H031	Power Pak	A475M7838XP	1574	2,75	10,60
	Power Drive X6	X6 900	1800	2,80	36,96
	Power Drive X6		704	0,89	35,89

Tabla 10. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor.

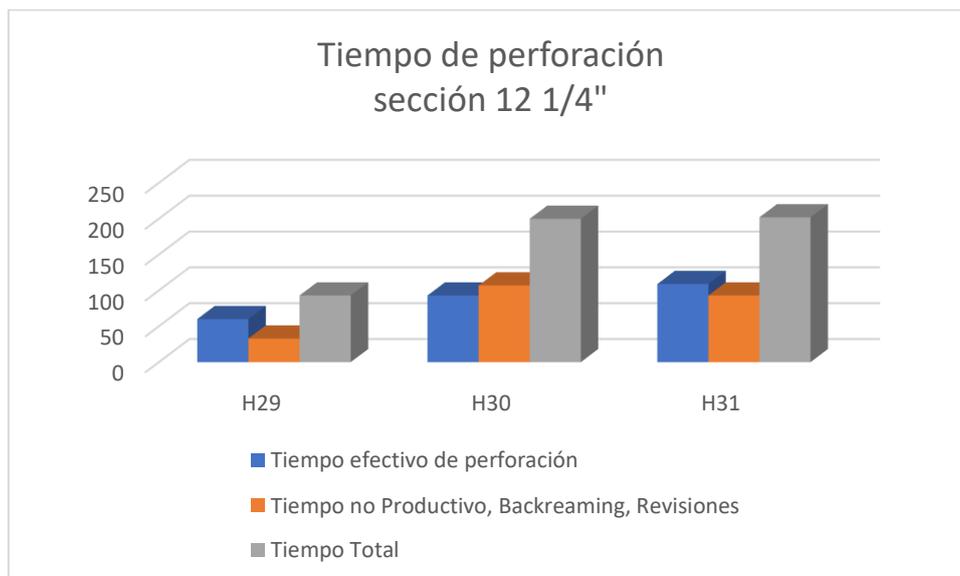


Figura 2. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor

La tabla anterior muestra que los pozos emplearon ambos sistemas de perforación direccional para construir esta sección. Esto ayudó a reducir el tiempo total de

perforación, ya que el RSS (rotary steerable system) es menos eficiente al perforar arcillas, lo que aumenta el porcentaje de S&S (slips and slides). Al utilizar ambos sistemas, se puede perforar más rápido y se reduce el tiempo de exposición de la formación al fluido.

Sección de 8 ½": La siguiente tabla muestra información sobre los sistemas de perforación direccional utilizados, los intervalos perforados, los ángulos de construcción máximos y las inclinaciones alcanzadas al final de cada sección.

Sección 8 ½"					
Pozo	Herramienta de perforación	Tipo	Intervalo	Max. DLG	Inclinación
H032	Power Pak	A675MXP	1225	5,45	75,23
	Power Drive	PD675X6	621	4,32	85,32
	Power Pak	A675MXP	387	1,76	86,24
	Power Drive		597	2,17	84,98
H033	Steerable Motor	A675M7850XP	1065	5,07	77,54
H034	Power Pak	A675M7850XP	2037	5,23	75,89

Tabla 11. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor.

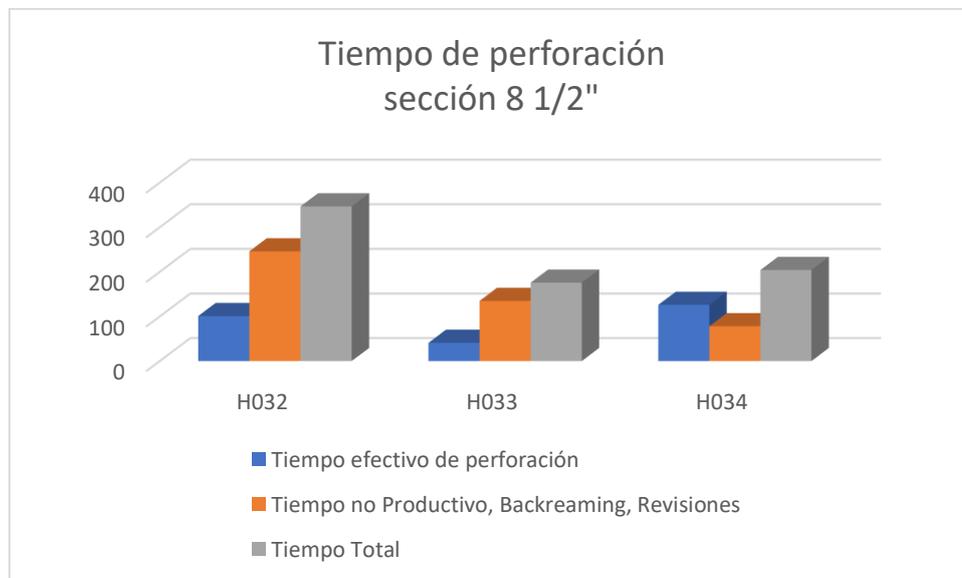


Figura 3. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor

La utilización de un motor de fondo durante la construcción de esta sección tiene una desventaja: la deficiente limpieza del hoyo. Aunque este sistema permite construir con mayor severidad, el mantener la sarta sin rotación genera riesgos de atascamiento por la acumulación de recortes durante la perforación y/o maniobras.

Las causas operativas que provocaron los sidetracks en los pozos H032, H033 y H034 fueron las siguientes:

H032: La presencia de lutita y caolín provocó el empaquetamiento de la sarta de perforación. La limitación de torque del top drive impidió que se liberara la sarta, lo que provocó su pérdida.

H033: El empaquetamiento de un liner de 7" a 9018 Tope de la formación M1C provocó el sidetrack.

H034: El bajo rendimiento durante la construcción direccional, debido al desplazamiento negativo de la trayectoria del pozo ya construida, provocó el atascamiento de la sarta de perforación por geometría del hoyo.

Para mejorar la eficiencia en la perforación direccional, se ha tomado en cuenta otro pozo con el mismo objetivo (sin sidetrack). Este pozo se analizó para determinar una variedad de complicaciones. En la siguiente tabla se muestra el sistema empleado, el intervalo perforado, el máximo ángulo de construcción y la inclinación conseguida al terminar la sección:

Sección 8 ½"					
Pozo	Herramienta de perforación	Tipo	Intervalo	Max. DLG	Inclinación
H029	Xceed	PD Xceed	332	3,98	25,8
	Power Pak	A475M XP	740	6,45	64,02
	Xceed	PD Xceed	598	4,65	85,98
H030	Power Pak	A675M7850XP	1986	4,12	85,83
H031	Xceed	Power Drive Xceed	2118	4,2	85,98

Tabla 12. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor.

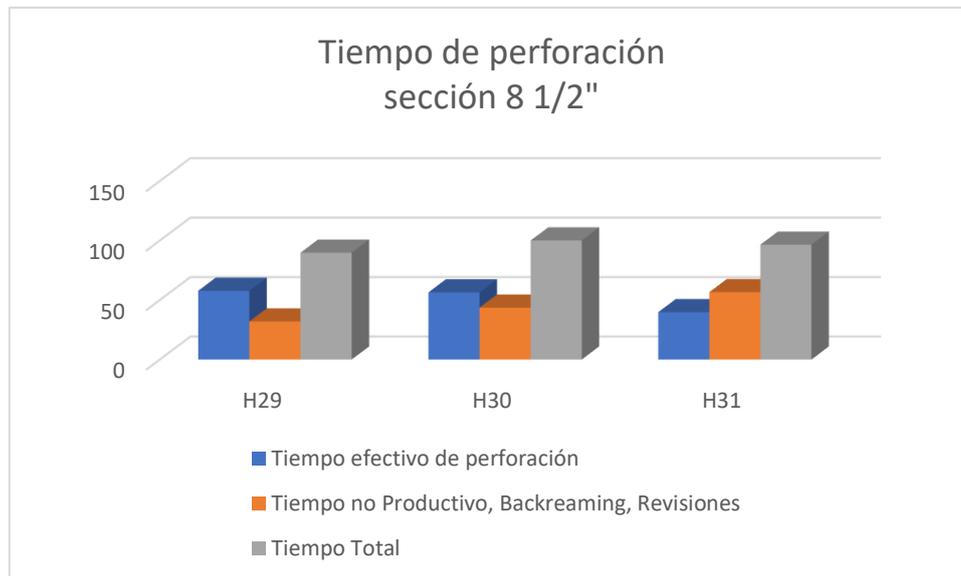


Figura 4. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor

La tabla anterior muestra que el uso de un Sistema de Rotación Continua (SRC) facilitó la construcción de esta sección al reducir el tiempo de perforación. Sin embargo, cuando se atraviesan arenas productoras, es preferible el uso de un RSS (Rotary Steerable System), ya que existe un mayor riesgo de pega diferencial

Sección de 8 ½" (SideTrack): En la siguiente tabla se presenta información sobre los sistemas de perforación direccional utilizados, los intervalos perforados, los ángulos de construcción máximos y las inclinaciones alcanzadas al final de cada sección.

Sección 8 ½"					
Pozo	Herramienta de perforación	Tipo	Intervalo	Max. DLG	Inclinación
H032	Power Pack/ (Sidetrack)	A675MXP/PD675	346	5,28	42,87
			1234	3,68	74,06
	Power Drive	PD X6	610	2,87	84,62
H033	Steerable Motor (sidetrack)	A675M7850XP	543	6,85	63,02
			650	6,95	85,27

H034	Power Pack (sidetrack)	A675M7850XP	100	5,27	80,17
	Power Pack	A675MXP	360	3,98	43
			598	5,53	62
	RSS		1352	5,07	84

Tabla 13. Herramienta utilizados, profundidad, inclinación de perforación de los pozos H032, H033, H0,34. Elaborado por el autor

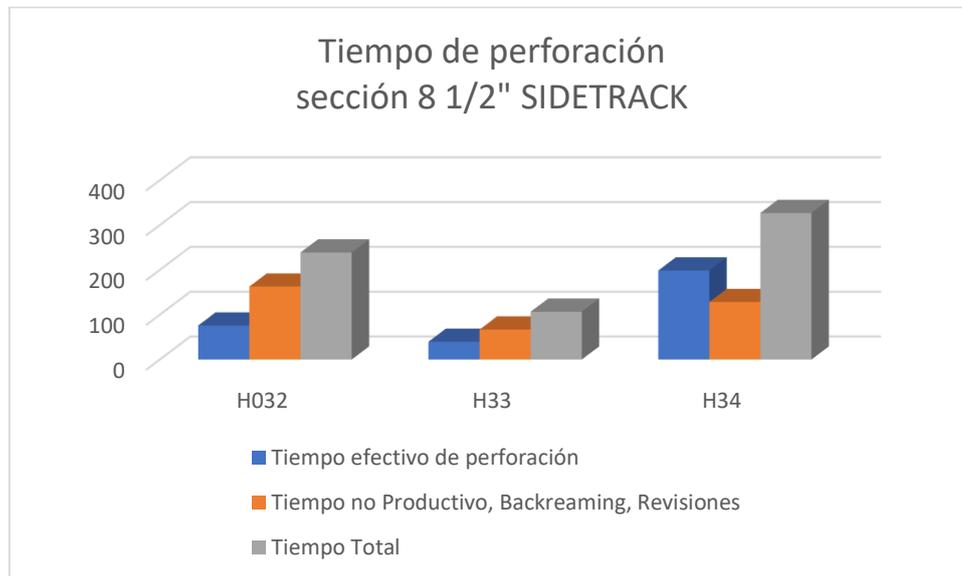


Figura 5. Cuadro comparativo de tiempos de perforación en los pozos H029, H030, H0,31. Elaborado por el autor

La tabla anterior muestra que el uso de un Sistema de Rotación Continua (SRC) redujo el tiempo de perforación de esta sección. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las condiciones ambientales del sidetrack fueron diferentes para cada pozo, lo que también influyó en el tiempo de perforación.

En el pozo H032, la construcción de esta sección se hizo mediante el uso de una cuchara desviadora (whipstock). En los pozos H033 y H034, la construcción se realizó sobre un hoyo desnudo.

Cuando se atraviesan arenas productoras, es preferible el uso de un RSS (Rotary Steerable System), ya que las probabilidades de pega diferencial disminuyen

4.1.2. Propuesta técnica para solventar los problemas solventados.

Se planea perforar la sección desde el punto inicial a 4000 pies de profundidad utilizando dos herramientas de fondo de pozo (BHA) y una sola broca. La estrategia implica aumentar gradualmente la dificultad de construcción del ángulo de desviación lateral (DLS) desde 0.48 grados por cada 100 pies hasta alcanzar 8.17 grados, manteniendo una dirección de 141 grados hasta los 2005 pies. Luego, continuar perforando a una velocidad de construcción de 0.29 grados por cada 100 pies hasta llegar a los 3829 pies, con una inclinación de 12 grados y una dirección de 160 grados. A partir de este punto, se iniciará un descenso en el ángulo de construcción hasta alcanzar 11.16 grados a una profundidad de 4000 pies, que será la profundidad total (TD) de esta sección.

El primer conjunto de herramientas de fondo (BHA #1) se usará para perforar hasta una profundidad de 350 pies mientras se mantiene la verticalidad. Luego, el segundo conjunto de herramientas (BHA #2), que incluye un motor de fondo, se utilizará para perforar desde los 350 pies hasta los 4000 pies, completando así la sección. Este enfoque permitirá atravesar las formaciones del Terciario sin dificultades significativas y facilitará la limpieza del pozo mediante el uso de fluidos viscosos.

Dado que el pozo tiene una longitud de 4000 pies, se planea realizar una limpieza del pozo cada 1000 pies para garantizar un viaje de calibración más suave, reduciendo así la posibilidad de obstrucciones.

Para perforar la formación Orteguaza de manera efectiva, se sugiere ajustar las propiedades reológicas del fluido y agregar inhibidores y encapsulantes de arcilla. Esto tiene como objetivo disminuir la hidratación de las arcillas y evitar la saturación del sistema de fluidos debido a la inclusión de sólidos no deseados

Se sugiere perforar desde una profundidad de 4000 pies hasta alcanzar los 6678 pies. Esta etapa se llevará a cabo utilizando dos conjuntos de herramientas de fondo (BHA) y dos brocas, reduciendo gradualmente el ángulo a 9.60 grados y dirigiéndose hacia 245 grados con una dificultad de 0.91 grados por cada 100 pies. Se mantendrá esta dirección y ángulo hasta llegar a los 5777 pies, cercano al Tope de Tiyuyacu, y luego se seguirá una trayectoria tangente de 14 grados hasta completar la sección a 6670 pies de profundidad.

El primer conjunto de herramientas (BHA #1) estará compuesto por un motor de fondo y una broca PDC y se usará para perforar la sección inicial hasta aproximadamente 5700 pies, cercano al Tope de Tiyuyacu. En este punto, se extraerá el equipo a la superficie para cambiar al BHA #2.

El segundo conjunto de herramientas (BHA #2) consistirá en un sistema de sarta rotativa (RSS) "push the bit" diseñado para atravesar la formación Tiyuyacu. Esta formación, según análisis de pozos previos, está compuesta principalmente por arcillas propensas a hincharse cuando están expuestas a un fluido de perforación a base de agua, por lo que no se debe exceder un tiempo de exposición de 24 horas. El uso del RSS para perforar esta formación garantiza un mejor rendimiento en la tasa de penetración (ROP) y una limpieza más efectiva debido a la rotación completa de la sarta de perforación (efecto tornillo).

Se recomienda realizar movimientos de vaivén en la sarta antes de cada conexión para ayudar en la limpieza del pozo y reducir los cortes en el espacio anular. Además, se aplicará la máxima rotación para llevar los desechos acumulados a la superficie

Considerando la complejidad en la construcción de la trayectoria y la posición del objetivo, es fundamental tener en cuenta el riesgo de colisión potencial con pozos adyacentes, tanto en esta sección como en otras.

La sección se perforará desde 6678 pies hasta 8362 pies de profundidad medida (MD), utilizando un conjunto de herramientas de fondo (BHA) y una sola broca. Desde el punto de entrada tangente de 14 grados y dirección 245 grados hasta los 6695 pies, se construirá un ángulo hasta alcanzar los 75 grados con dirección hacia 279 grados, llegando a 8040 pies MD. Después, se aumentará el ángulo hasta 86 grados con una tasa de desviación lateral de 2.46 grados por cada 100 pies, manteniendo una dirección de 260 grados hasta el final de la sección (punto de aterrizaje en el objetivo a 8505 pies MD).

El enfoque para construir esta sección implica el uso de un BHA compuesto por un sistema de sarta rotativa (RSS) "point the bit", lo que garantiza una rotación continua para mejorar la velocidad de penetración, la limpieza del pozo y reducir los riesgos de atascamiento de la tubería. Además, se busca una alta inclinación en la dirección en esta sección. Aunque también se puede emplear un RSS con la técnica "push the bit", se ha seleccionado el "point the bit" debido a la severidad en la construcción de la trayectoria direccional propuesta

La sección de 6 1/8" se proyecta para ser perforada desde 8362' MD hasta 9026' MD, requiriendo la implementación de 2 BHA's y 2 brocas.

BHA #1, configurado con un motor de fondo y una broca tricónica, se utilizará con el propósito de horizontalizar el pozo hasta alcanzar una inclinación de 90° específicamente en la arena productora.

Por otro lado, BHA #2 estará compuesto por un sistema de sarta rotativa (RSS) "push the bit" junto con una broca PDC para realizar la navegación en la arena productora.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La perforación direccional de pozos en un well pad se vuelve más difícil a medida que se perforan más pozos. Esto se debe a que, al inicio de la perforación, el objetivo principal es alejarse de los pozos vecinos para evitar colisiones e interferencias con las herramientas direccionales. Además, hay poco espacio horizontal disponible para construir el pozo en la dirección deseada
- Conforme las trayectorias direccionales de los pozos se tornan más complejas, se incrementa su nivel de tortuosidad. Esto se debe a las trayectorias en 3D, los cambios de dirección y el desplazamiento negativo, que demandan una mayor flexión y rotación de la sarta de perforación.
- Esta tortuosidad en la trayectoria direccional puede ocasionar un aumento en el torque, una disminución en la transmisión de fuerzas al fondo del pozo y elevar las posibilidades de que se genere una desviación lateral.
- Es crucial perforar las formaciones Orteguzaza y Tiyuyacu de manera expedita para prevenir la interacción del fluido de perforación con las arcillas presentes en ellas. Esta interacción podría generar la creación de lodos, obstaculizando el proceso de perforación y potencialmente dañando la sarta de perforación
- Seleccionar el sistema de perforación direccional idóneo es fundamental para planificar la trayectoria del pozo. Además, es crucial evaluar los riesgos asociados con la penetración de las diversas formaciones de la sección a perforar, con el fin de reducir el impacto en el tiempo y los costos del programa de perforación.
- Emplear el total de la rotación durante la perforación de un pozo evita el adherimiento de la sarta de perforación a las paredes del pozo. Asimismo, facilita la eliminación mecánica de los desechos de perforación al hacer que giren y se desplacen hacia arriba en el pozo de forma similar al movimiento de un tornillo.
- La creación de un pozo horizontal utilizando un sistema de rotación ininterrumpida resulta más costosa que emplear un motor de fondo, sin embargo, conlleva menos riesgos operativos. En consecuencia, se presenta como la alternativa más factible tanto en términos técnicos como económicos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar una broca apropiada que ofrezca un soporte adecuado en el fondo del pozo y asegure el desempeño previsto del sistema. Evitar el uso de sistemas de rotación constante en trayectorias con una severidad superior a $4^{\circ}/100$ pies al atravesar la formación Tena.
- Dar especial atención al seguimiento del plan direccional diseñado al perforar las formaciones Tena y Napo. Estas formaciones tienden a desviar la inclinación, lo que podría resultar en que el pozo se salga del rango de construcción adecuado para un sistema de rotación continua.
- Para mejorar la velocidad de penetración y prevenir problemas de obstrucción de la sarta, es esencial garantizar una óptima limpieza del pozo. Esto puede lograrse mediante la constante inyección de píldoras viscosas y manteniendo la reología del lodo dentro de los parámetros aceptables para la sección a perforar.
- Después de la perforación de la formación Tiyuyacu, es esencial realizar inspecciones del diámetro del pozo cada 24 horas para preservarlo y evitar su agrandamiento, lo cual podría generar complicaciones en la limpieza y prolongar el tiempo de perforación.
- La construcción de la trayectoria de un pozo utilizando un sistema de rotación continua resulta más costosa en comparación con un motor de fondo, sin embargo, reduce los riesgos inherentes y acorta el tiempo requerido para la perforación.
- Mantener un nivel de lubricante líquido entre el 1,5% y 3% en el sistema de fluidos ayuda a disminuir el torque y el fenómeno de Stick & Slip durante la perforación. Esto asegura la efectividad y el rendimiento deseado de las herramientas direccionales

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abrams, S. J., & Bryant, B. A. (2015). *Drilling engineering: principles and applications* (2.^a ed.). Hoboken, NJ, EE. UU.: Wiley.
- Alves, A. M., & Oliveira, J. F. (2017). Application of image analysis to the study of drilling fluid and cuttings properties. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 154, 39-49.
- Amini, A., & Soroush, M. (2019). A review of hydraulic fracturing techniques and their impact on the environment. *Journal of Environmental Management*, 240, 65-74.
- Amiri, M., & Ghasemi, M. (2020). The effect of wellbore geometry on the productivity of a horizontal well in carbonate reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 185, 106570.
- Asadollahi, M., & Amini, A. (2021). The effect of wellbore deviation on the productivity of a horizontal well in shale reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 191, 106649.
- Aziz, K., & Settari, A. (2007). *Petroleum reservoir engineering* (4.^a ed.). New York, NY, EE. UU.: Elsevier.
- Bai, Y., Xie, J., & Zhang, Z. (2016). Application of machine learning in petroleum engineering. *Journal of Natural Resources and Life Sciences*, 20(1), 3-11.
- Baird, J. D., & Davidson, J. R. (2021). *Petroleum engineering: principles and practice* (7.^a ed.). Boston, MA, EE. UU.: Elsevier.
- Barth, J. A., & Economides, M. J. (2012). *Petroleum production systems: design, analysis, and optimization* (3.^a ed.). Hoboken, NJ, EE. UU.: Wiley.
- Camacho, A., & Torres, J. L. (2012). *Ingeniería del petróleo: fundamentos y aplicaciones*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Chilingarian, G. V., & Vorobiev, V. V. (2017). *Fundamentals of petroleum engineering* (7.^a ed.). Boston, MA, EE. UU.: Elsevier.

- Dake, L. P. (2013). *Fundamentals of petroleum engineering*. Houston, TX, EE. UU.: Gulf Professional Publishing.
- Ehrenberger, R., & Economides, M. J. (2016). *Petroleum production systems: design, analysis, and optimization* (4.^a ed.). Hoboken, NJ, EE. UU.: Wiley.
- Islam, M. R., & Kabir, S. A. (2020). *Fundamentals of petroleum engineering* (2.^a ed.). Londres, Reino Unido: Springer.
- Lake, L. W. (2016). *Petroleum engineering handbook* (3.^a ed.). Houston, TX, EE. UU.: Gulf Professional Publishing.
- López, F. J., Rodríguez, M. A., & García, J. A. (2007). Problemas asociados a la perforación de pozos petroleros. *Revista Ingeniería y Petroleo*, 33(2), 109-122.
- Mehrotra, V. M., & Sharma, M. K. (2017). Recent advances in hydraulic fracturing. *Journal of Natural Resources and Life Sciences*, 21(1), 1-13.
- Mokhtari, S., & Amini, A. (2022). The effect of wellbore orientation on the productivity of a horizontal well in carbonate reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 207, 107823.
- Oliveira, J. F., & Alves, A. M. (2018). A review of methods for the prediction of drilling fluid rheology. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 170, 1-12.
- Palmer, I. D., & Watt, J. D. (2019). *Advanced drilling and completion technologies for unconventional oil and gas reservoirs*. London, Reino Unido: Elsevier.
- Pérez, M. C., García, J. A., & Sánchez, E. (2016). Estudio de los problemas en la perforación de pozos para producción, ocasionados por pega de tubería, en el Campo Oso Bloque 7, del Oriente Ecuatoriano. *Revista de la Escuela Politécnica Nacional*, 28(2), 13-28.
- Rezaee, M., & Amini, A. (2020). The effect of wellbore trajectory on the productivity of a horizontal well in tight reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 183, 106528.

- Sánchez, E., Cepeda, L., & Sánchez, L. (2016). Identificación de problemas de atrapamiento de sarta y brotes durante la perforación. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Sánchez, E., Cepeda, L., & Sánchez, L. (2017). Análisis de los problemas operativos durante la perforación de los pozos direccionales en la plataforma Drago Norte 2. *Revista de la Escuela Politécnica Nacional*, 29(3), 19-32.
- Sharifi, M., & Amini, A. (2019). The effect of wellbore inclination on the productivity of a horizontal well in unconventional reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 178, 106488.
- Sohrabi, M. R., & Amini, A. (2021). The effect of wellbore azimuth on the productivity of a horizontal well in shale reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 196, 106705.
- Wang, P., Zhang, Y., & Liu, Z. (2020). Application of artificial intelligence in petroleum engineering. *Journal of Natural Resources and Life Sciences*, 24(1), 1-12.
- Wong, S. L. (2018). *Petroleum engineering handbook* (3.^a ed.). Boston, MA, EE. UU.: Gulf Professional Publishing.