



Tecnológico UNIVERSITARIO
“RUMIÑAHUI”

CARRERA:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PETRÓLEOS

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PETRÓLEOS

TEMA:

MITIGAR LA MIGRACIÓN DE FINOS EN EL CAMPO CONONACO

BLOQUE 61 EN EL AÑO 2024

AUTOR:

Jairo Rodrigo Pereira Vega

Martha Araceli Rodríguez Yaiguaje

Nathaly Paola González Espinoza

DIRECTORES:

Ing. Luis Álvarez

Sangolquí, septiembre del 2024

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 03 de noviembre de 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, PEREIRA VEGA JAIRO RODRIGO, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, MITIGAR LA MIGRACION DE FINOS EN EL CAMPO CONONACO BLOQUE 61 EN EL AÑO 2024, de la Tecnología Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



JAIRO RODRIGO PEREIRA VEGA
C.I. 2200079131

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 02 de noviembre de 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, Martha Araceli Rodriguez Yaiguaje, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, Mitigar la migración de finos en el campo cononaco bloque 61 en el año 2024, de la Tecnología Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



C.I.: 2100963319

**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN
BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PETROLEOS

AUTOR /ES:

PEREIRA VEGA JAIRO RODRIGO.
RODRIGUEZ YAIGUAJE MARTHA ARACELI.

TUTOR:

ÁLVAREZ LAZO LUIS ALFREDO

CONTACTO ESTUDIANTE:

0968485466
0981492426

CORREO ELECTRÓNICO:

martharodriguezyaiguaje2002@gmail.com
jairopereiravega1987@gmail.com

TEMA:

MITIGAR LA MIGRACION DE FINOS EN EL CAMPO CONONACO BLOQUE 61 EN
EL AÑO 2024.

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCION DEL
TITULO DE TECNOLOGO SUPERIOR EN PETROLEOS.

RESUMEN EN ESPAÑOL:

En el campo petrolero Cononaco, ubicado en el Bloque 61, se identificó una disminución en la producción debido a la migración de finos, fenómeno que obstruye los poros del yacimiento, reduciendo la permeabilidad. Este problema afecta la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones. Se propusieron soluciones como la perforación bajo balance y el uso de químicos en los fluidos de perforación. La investigación justifica la necesidad de estas técnicas para enfrentar los desafíos y optimizar la producción, alineándose con los objetivos de sostenibilidad.

El estudio del Bloque 61, en la región amazónica de Ecuador, resalta su biodiversidad y los desafíos asociados a la explotación petrolera. La geología del campo Cononaco y sus formaciones, como Hollín y Napo, son cruciales para entender el potencial petrolífero. La migración de finos, causada por cambios en el flujo, interacciones químicas y variaciones de presión, afecta negativamente la producción. Las técnicas propuestas buscan mitigar estos efectos, mejorando la eficiencia de los sistemas de levantamiento artificial.

El diseño e implementación incluyeron la perforación bajo balance y la adición de químicos, además de la optimización de sistemas como el bombeo electrosumergible y el bombeo hidráulico. Las pruebas mostraron mejoras significativas en la permeabilidad y producción, reducción del desgaste de equipos y disminución de la migración de finos. El análisis de sensibilidad destacó la robustez de las soluciones implementadas. Las lecciones aprendidas subrayan la eficiencia de las técnicas y la importancia del monitoreo continuo. Se recomienda continuar explorando nuevas tecnologías, proporcionando capacitación continua y manteniendo la optimización operativa para asegurar la rentabilidad y sostenibilidad del campo Cononaco.

PALABRAS CLAVES

CONONACO – PETROLIFEROS – GEOLOGIA – MITIGAR – TECNOLOGIA

ABSTRACT:

In the Cononaco oil field, located in Block 61, a decrease in production was identified due to the migration of fines, a phenomenon that obstructs the pores of the reservoir, reducing permeability. This problem affects the profitability and sustainability of operations. Solutions were proposed such as underbalanced drilling and the use of chemicals in drilling fluids. The research justifies the need for these techniques to face challenges and optimize production, aligning with sustainability objectives.

The study of Block 61, in the Amazon region of Ecuador, highlights its biodiversity and the challenges associated with oil exploitation. The geology of the Cononaco field and its formations, such as Hollín and Napo, are crucial for understanding its oil potential. The migration of fines, caused by changes in flow, chemical interactions, and pressure

variations, negatively affects production. The proposed techniques aim to mitigate these effects, improving the efficiency of artificial lift systems.

The design and implementation included underbalanced drilling and the addition of chemicals, as well as optimizing systems such as electric submersible pumping and hydraulic pumping. Tests showed significant improvements in permeability and production, reduced equipment wear and tear, and decreased migration of fines. The sensitivity analysis highlighted the robustness of the implemented solutions.

The lessons learned underline the efficiency of the techniques and the importance of continuous monitoring. It is recommended to continue exploring new technologies, providing ongoing training, and maintaining operational optimization to ensure profitability and sustainability in the Cononaco field.

PALABRAS CLAVES:

CONONACO – OIL TANKERS – GEOLOGY – MITIGATE - TECHNOLOGY

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 03 de noviembre del 2024

Sres.-
**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” de los estudiantes:
PEREIRA VEGA JAIRO RODRIGO C.I. 2200079131, RODRIGEZ YAIGUAJE MARTHA ARACELI C.I. 2100963319, alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN PETROLEOS

Atentamente,



Firma del estudiante
C.I. 2200079131



Firma del estudiante
C.I. 2100963319

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de 11 %; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____ / ____ / ____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

Contenido

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 4 |
| CAPÍTULO I | 5 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 1.1. Justificación..... | 6 |
| 1.2. Alcance | 7 |
| 1.3. Objetivos..... | 8 |
| CAPÍTULO II..... | 10 |
| MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2. DESARROLLO..... | 10 |
| 2.1. Introducción..... | 10 |
| 2.2. Ubicación del Bloque 61 | 11 |
| 2.3. Antecedentes del Bloque 61 | 12 |
| 2.4. Geología del Bloque 61 | 13 |
| 2.5. Formaciones Geológicas del Campo Cononaco | 16 |
| 2.6. Propiedades Petrofísicas del Yacimiento | 18 |
| 2.7. Problemas de Migración de Finos en Yacimientos Petroleros..... | 20 |
| 2.8. Características del Sistema de Producción en el Campo Cononaco | 23 |
| 2.9. Técnicas para Mitigar la Migración de Finos | 26 |
| CAPITULO III..... | 28 |
| 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN | 28 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 3.1. | Propuesta de Solución a la Problemática Planteada | 28 |
| 3.2. | Perforación de Pozos Bajo Balance..... | 28 |
| 3.3. | Tratamiento de Crudo con Polímeros | 32 |
| CAPITULO IV | | 36 |
| 4. | PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 36 |
| 4.1. | Introducción..... | 36 |
| 4.2. | Pruebas y Resultados Obtenidos..... | 36 |
| 4.3. | Análisis de Resultados..... | 37 |
| 4.4. | Análisis de Sensibilidad..... | 38 |
| 4.5. | Discusión | 40 |
| CAPITULO V..... | | 42 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 42 |
| 5.1. | Conclusiones..... | 42 |
| 5.2. | Recomendaciones | 43 |
| 5.3. | Aportes y Mejoras al Desarrollo del Proyectos | 44 |
| 5.4. | Consideraciones Finales | 45 |
| Referencias..... | | 47 |

RESUMEN

En el campo petrolero Cononaco, ubicado en el Bloque 61, se identificó una disminución en la producción debido a la migración de finos, fenómeno que obstruye los poros del yacimiento, reduciendo la permeabilidad. Este problema afecta la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones. Se propusieron soluciones como la perforación bajo balance y el uso de químicos en los fluidos de perforación. La investigación justifica la necesidad de estas técnicas para enfrentar los desafíos y optimizar la producción, alineándose con los objetivos de sostenibilidad.

El estudio del Bloque 61, en la región amazónica de Ecuador, resalta su biodiversidad y los desafíos asociados a la explotación petrolera. La geología del campo Cononaco y sus formaciones, como Hollín y Napo, son cruciales para entender el potencial petrolífero. La migración de finos, causada por cambios en el flujo, interacciones químicas y variaciones de presión, afecta negativamente la producción. Las técnicas propuestas buscan mitigar estos efectos, mejorando la eficiencia de los sistemas de levantamiento artificial.

El diseño e implementación incluyeron la perforación bajo balance y la adición de químicos, además de la optimización de sistemas como el bombeo electrosurgible y el bombeo hidráulico. Las pruebas mostraron mejoras significativas en la permeabilidad y producción, reducción del desgaste de equipos y disminución de la migración de finos. El análisis de sensibilidad destacó la robustez de las soluciones implementadas.

Las lecciones aprendidas subrayan la eficiencia de las técnicas y la importancia del monitoreo continuo. Se recomienda continuar explorando nuevas tecnologías, proporcionando capacitación continua y manteniendo la optimización operativa para asegurar la rentabilidad y sostenibilidad del campo Cononaco.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el campo petrolero Cononaco, ubicado en el Bloque 61, se observó una preocupante disminución en la producción de petróleo crudo. Esta disminución supera la curva de equilibrio de producción esperada, generando un desbalance en la operación de los campos y afectando negativamente la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones petroleras en la región.

La problemática se agrava por la migración de finos, un fenómeno donde las partículas propias de la formación se desplazan y obstruyen las gargantas de los poros del yacimiento, provocando taponamientos y reduciendo la permeabilidad. Este proceso conlleva a una serie de efectos negativos, tales como la acumulación de incrustaciones, el desgaste de equipos de fondo y superficie, y la disminución de la eficiencia del sistema de levantamiento artificial.

El campo Cononaco, caracterizado por formaciones de arenisca Hollín, presenta desafíos adicionales debido a la persistencia en el uso de tecnologías de bombeo que, si bien han sido eficientes en el pasado, actualmente resultan inadecuadas para enfrentar la problemática de la migración de finos. Estas tecnologías obsoletas incrementan los costos de mantenimiento y operación, contribuyendo a la disminución de la producción.

La combinación de estos factores ha impedido que la producción se mantenga al ritmo esperado, lo cual indica la necesidad de una investigación detallada y la implementación de soluciones efectivas para revertir esta tendencia. Abordar estos desafíos es crucial para alcanzar una producción sostenible y rentable a largo plazo en el campo Cononaco.

Se requiere una investigación que explore nuevas tecnologías y prácticas operativas para optimizar la producción y minimizar el impacto negativo de la migración

de finos. Soluciones como la perforación bajo balance y el uso de químicos específicos en los fluidos de perforación deben ser evaluadas para determinar su viabilidad y efectividad en este contexto.

1.1. Justificación

Este proyecto de investigación se justifica con la necesidad imperativa de buscar soluciones innovadoras y sostenibles para enfrentar los desafíos actuales en la producción de petróleo crudo en el campo Cononaco del Bloque 61. La combinación de la creciente demanda energética, la presión por mantener la rentabilidad de las operaciones petroleras, y la necesidad de optimizar la producción en el campo Cononaco hacen indispensable la exploración de nuevas tecnologías y prácticas que permitan maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental de la extracción de petróleo.

En este contexto, la investigación sobre la migración de finos y su impacto en la producción petrolera es crucial. La migración de finos provoca obstrucciones en los poros de la formación, disminuyendo la permeabilidad y afectando negativamente la eficiencia del sistema de levantamiento artificial. Esto resulta en una disminución de la producción, incremento de costos operativos y desgaste acelerado de los equipos.

El uso de técnicas avanzadas como la perforación bajo balance y la aplicación de químicos en los fluidos de perforación emerge como una opción prometedora que merece ser investigada en profundidad. Estas técnicas tienen el potencial de minimizar la migración de finos, mantener la integridad del yacimiento y mejorar la eficiencia operativa. La perforación bajo balance, por ejemplo, permite controlar mejor las presiones del pozo, reduciendo la migración de partículas finas y optimizando la producción.

Este enfoque no solo aborda los desafíos técnicos y operativos de la producción petrolera en el campo Cononaco, sino que también promueve una gestión más eficaz de los recursos, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética. La implementación de estas técnicas puede resultar en una producción más estable y rentable,

reduciendo al mismo tiempo el impacto ambiental asociado con las operaciones petroleras.

El éxito de este proyecto proporcionará una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en el campo Cononaco y otros campos que enfrentan problemas similares. Además, contribuirá al desarrollo de prácticas operativas que pueden ser replicadas en otros contextos, promoviendo así una producción petrolera más eficiente y sostenible.

1.2. Alcance

El alcance de este proyecto se delimita a la fase de producción del campo Cononaco en el Bloque 61, centrándose en la identificación y mitigación de los problemas causados por la migración de finos. Este proyecto se enfocará en la optimización de las operaciones de producción mediante la implementación de técnicas avanzadas y la evaluación exhaustiva de las características geológicas y operativas del campo. Las actividades clave incluirán una evaluación detallada de la geología y geofísica del campo, la ingeniería de reservorios y producción, y el diseño y construcción de pozos adaptados a las condiciones específicas del yacimiento. Además, se evaluarán y seleccionarán las instalaciones superficiales y los equipos necesarios para asegurar una producción eficiente y sostenible.

El proyecto también implicará la realización de un análisis económico y de riesgos para evaluar los costos y beneficios de las alternativas propuestas, garantizando la rentabilidad a largo plazo de las operaciones. En particular, se definirá un plan de acción preciso para abordar la migración de finos, optimizar la ubicación y diseño de los pozos de producción, y seleccionar las instalaciones de producción óptimas. La duración y los costos de esta fase dependerán de la ubicación del campo, el tamaño y la complejidad de las instalaciones, y el número de pozos necesarios para alcanzar los objetivos de producción. Este plan de acción considerará los objetivos del desarrollo, asegurando que

las soluciones propuestas sean viables y efectivas para mejorar la producción y sostenibilidad del campo Cononaco.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Identificar los problemas ocasionados por la migración de finos en la producción del campo Cononaco, del Bloque 61, y analizar técnicas alternativas de mejora para maximizar la producción y asegurar la sostenibilidad de las operaciones.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis detallado de las condiciones geológicas, operativas y de producción en el campo Cononaco para evaluar la viabilidad de técnicas avanzadas como la perforación bajo balance y el uso de químicos en los fluidos de perforación. Este análisis incluirá la identificación de las características específicas del yacimiento que afectan la migración de finos y su impacto en la producción.
2. Analizar datos históricos de producción de petróleo en el campo Cononaco para identificar tendencias, patrones y factores que influyen en la eficiencia de las operaciones y la migración de finos. Este análisis permitirá comprender mejor cómo las variaciones en las condiciones geológicas y operativas pueden afectar la producción y cómo las técnicas propuestas pueden adaptarse para abordar estos desafíos.
3. Realizar un análisis económico exhaustivo para evaluar los beneficios financieros de la implementación de técnicas como la perforación bajo balance y el uso de químicos en los fluidos de perforación en el campo Cononaco. Esto incluirá el desarrollo de un plan de acción para asegurar la rentabilidad a largo plazo de las operaciones, evaluando los costos, beneficios y riesgos asociados con la implementación de estas técnicas. Este análisis proporcionará una base sólida para

la toma de decisiones estratégicas y la justificación de la inversión en las tecnologías propuestas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. DESARROLLO

2.1.Introducción

El marco teórico constituye una parte esencial en la estructura de cualquier investigación académica, proporcionando el contexto conceptual y metodológico necesario para la comprensión y desarrollo del estudio. En este capítulo, se profundiza en la ubicación del Bloque 61, también conocido como el campo Ishpingo-Tambococha-Tiputini (ITT), situado en la región amazónica de Ecuador. Este análisis es fundamental no solo para entender la geografía del área, sino también para evaluar los impactos ambientales, sociales y económicos asociados con su explotación petrolera.

El Bloque 61 se encuentra en una de las regiones más biodiversas del planeta: el Parque Nacional Yasuní. Este parque no solo es un tesoro de biodiversidad, sino que también alberga a varias comunidades indígenas que dependen de este entorno para su subsistencia y preservación cultural. La riqueza biológica y cultural del Yasuní ha llevado a que sea designado como Reserva de la Biósfera por la UNESCO, resaltando su importancia a nivel global.

Sin embargo, la presencia de vastas reservas de petróleo bajo esta tierra ha generado un debate intenso y polarizado. Por un lado, está el potencial económico que la explotación de estos recursos puede traer a un país en desarrollo como Ecuador, que depende en gran medida de sus exportaciones petroleras. Por otro lado, se encuentran los riesgos ambientales y sociales, incluyendo la deforestación, la pérdida de biodiversidad y las amenazas a las comunidades indígenas.

El propósito de este capítulo es proporcionar una comprensión detallada de la ubicación del Bloque 61, explorando sus características geográficas, ecológicas y

socioeconómicas. Este enfoque permitirá una evaluación más informada y crítica de las políticas y decisiones relacionadas con la explotación de recursos en esta área. A través de un análisis profundo y multidimensional, se busca contribuir a un debate más equilibrado y fundamentado sobre el desarrollo sostenible en la Amazonía ecuatoriana.

2.2.Ubicación del Bloque 61

El Bloque 61 se sitúa en la región amazónica de Ecuador, específicamente dentro del Parque Nacional Yasuní, una de las zonas más biodiversas del mundo. Este bloque petrolero abarca los campos Ishpingo, Tambococha y Tiputini, y se localiza en la provincia de Orellana, en el noreste del país. Su ubicación estratégica entre los ríos Napo y Curaray no solo lo convierte en un punto focal de la biodiversidad, sino también en un área de interés económico significativo debido a sus vastas reservas de petróleo.

El Bloque 61 se extiende a lo largo de una región caracterizada por su alta biodiversidad y su ecosistema único. El Parque Nacional Yasuní es hogar de una gran variedad de especies de flora y fauna, muchas de las cuales son endémicas y están en peligro de extinción. La vegetación densa y las complejas interacciones ecológicas en esta área subrayan la importancia de su conservación. Además, el Yasuní es crucial para la regulación del clima y el ciclo del agua en la región, actuando como un importante sumidero de carbono.

Ecuador enfrenta el reto de equilibrar el desarrollo económico con la conservación ambiental. La explotación del Bloque 61 promete significativos ingresos petroleros que son vitales para la economía del país. Estos ingresos pueden financiar proyectos de desarrollo, infraestructura y servicios sociales. Sin embargo, el desarrollo de esta área no está exento de controversias. Las comunidades indígenas que habitan el Yasuní han vivido en armonía con la naturaleza durante siglos y la explotación petrolera amenaza su modo de vida, su salud y sus derechos territoriales (Finer, 2020).

Conforme a la visión del autor, el Bloque 61 simboliza los desafíos globales que enfrentamos en términos de desarrollo sostenible. La explotación de recursos naturales es una espada de doble filo que puede impulsar el crecimiento económico, pero también destruir valiosos ecosistemas y culturas. Las decisiones en torno al Bloque 61 deben ser tomadas con una visión holística que considere tanto los beneficios económicos como los costos ambientales y sociales. Solo a través de un enfoque integrado y sostenible se podrá asegurar un futuro equilibrado para las generaciones presentes y futuras.

2.3. Antecedentes del Bloque 61

El Bloque 61, conocido también como campo Ishpingo-Tambococha-Tiputini (ITT), ha sido objeto de interés tanto nacional como internacional debido a sus vastas reservas de petróleo y su ubicación dentro del Parque Nacional Yasuní, una de las regiones más biodiversas del planeta. Los antecedentes de este bloque abarcan una serie de eventos y decisiones políticas, económicas y sociales que han influido en su desarrollo y explotación.

La exploración del Bloque 61 se remonta a las décadas de 1970 y 1980, cuando se realizaron las primeras prospecciones geológicas en la región amazónica de Ecuador. Los estudios iniciales revelaron la presencia de importantes reservas de petróleo en los campos de Ishpingo, Tambococha y Tiputini. Sin embargo, debido a la ubicación remota y la complejidad técnica de la extracción en una zona tan sensible ambientalmente, la explotación a gran escala no se materializó de inmediato.

En 2007, el gobierno ecuatoriano, liderado por el presidente Rafael Correa, lanzó la Iniciativa Yasuní-ITT, una propuesta innovadora que buscaba dejar el petróleo del Bloque 61 bajo tierra a cambio de una compensación económica por parte de la comunidad internacional. Esta iniciativa pretendía recaudar fondos equivalentes a la mitad de los ingresos que Ecuador habría obtenido de la explotación petrolera, es decir, alrededor de 3.600 millones de dólares, para ser invertidos en proyectos de desarrollo

sostenible y conservación ambiental. La iniciativa recibió un amplio apoyo internacional, pero no logró recaudar la cantidad esperada, lo que llevó a su eventual abandono en 2013.

Tras el fracaso de la Iniciativa Yasuní-ITT, el gobierno ecuatoriano decidió proceder con la explotación de las reservas de petróleo en el Bloque 61. Esta decisión provocó una gran controversia y oposición de organizaciones ambientales, comunidades indígenas y la sociedad civil. Las principales preocupaciones giraban en torno a los impactos ambientales, incluyendo la deforestación, la pérdida de biodiversidad y la contaminación de los ríos y suelos, así como las repercusiones sociales para las comunidades indígenas que habitan la región.

Desde el inicio de la explotación petrolera en el Bloque 61, ha habido un seguimiento constante de los impactos ambientales y sociales. Las operaciones han llevado a la construcción de infraestructura, como carreteras y plataformas de perforación, que han alterado significativamente el paisaje natural. Además, se han reportado conflictos con las comunidades locales, quienes denuncian la falta de consulta y consentimiento previo, libre e informado, así como la violación de sus derechos territoriales y culturales (Larrea, 2019).

Conforme a la visión del autor, los antecedentes del Bloque 61 ilustran la complejidad de equilibrar el desarrollo económico con la conservación ambiental y los derechos humanos. La historia de este bloque refleja tanto la innovación y el potencial de propuestas como la Iniciativa Yasuní-ITT, como los desafíos y controversias inherentes a la explotación de recursos en áreas ecológicamente sensibles. El futuro del Bloque 61 dependerá de la capacidad de Ecuador y la comunidad internacional para encontrar soluciones que integren desarrollo sostenible, protección ambiental y respeto a los derechos de las comunidades locales.

2.4.Geología del Bloque 61

El Bloque 61, situado en la región amazónica de Ecuador dentro del Parque Nacional Yasuní, posee una geología compleja y rica en recursos petrolíferos. Este bloque abarca los campos Ishpingo, Tambococha y Tiputini (ITT), que son esenciales para la industria petrolera del país debido a sus significativas reservas de hidrocarburos. A continuación, se presenta un análisis detallado de la geología del Bloque 61, incluyendo sus principales características geológicas, estructuras y formaciones relevantes.

2.4.1. Características Geológicas Generales

El Bloque 61 se encuentra en la Cuenca Oriente, una de las principales cuencas sedimentarias de Ecuador. Esta cuenca se formó durante el Cretácico y es conocida por sus extensas reservas de petróleo. La cuenca Oriente se caracteriza por ser una cuenca de tipo retroarco, situada en la región de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Esta configuración tectónica ha influido en la sedimentación y estructuración de los depósitos petrolíferos en la región.

Formaciones Geológicas:

En el Bloque 61, las principales formaciones geológicas que contienen hidrocarburos son:

- **Formación Hollín:** Esta formación, del Cretácico Inferior, es una de las más importantes en términos de producción de petróleo. Se compone principalmente de areniscas fluviales y deltaicas que actúan como excelentes rocas reservorio debido a su alta porosidad y permeabilidad. La Formación Hollín es el principal objetivo de exploración y producción en el Bloque 61.
- **Formación Napo:** También del Cretácico, esta formación incluye una serie de capas de lutitas y areniscas depositadas en ambientes marinos y costeros. La Formación Napo contiene tanto rocas reservorio como rocas sello, lo que la hace crucial para la acumulación de hidrocarburos. La sección inferior de esta formación, conocida como el Miembro T, es particularmente rica en petróleo.

- **Formación Tena:** De edad Terciaria, esta formación se caracteriza por su contenido de lutitas, areniscas y conglomerados. Aunque menos productiva que las formaciones del Cretácico, la Formación Tena contribuye a la geología compleja del Bloque 61 y puede contener acumulaciones secundarias de hidrocarburos.

Estructuras Geológicas:

El Bloque 61 está dominado por varias estructuras geológicas que controlan la acumulación y migración de hidrocarburos:

- **Anticlinales y Sinclinales:** La tectónica compresiva ha generado una serie de pliegues en la Cuenca Oriente. Los anticlinales, en particular, son estructuras favorables para la acumulación de petróleo, y varios de estos pliegues albergan importantes campos petrolíferos en el Bloque 61.
- **Fallas Inversas:** Asociadas con la compresión tectónica, las fallas inversas pueden actuar como trampas estructurales para los hidrocarburos. Estas fallas también influyen en la compartimentación de los reservorios y en la migración del petróleo.
- **Trampas Estratigráficas:** Además de las trampas estructurales, las variaciones en la sedimentación dentro de las formaciones Napo y Hollín crean trampas estratigráficas que son cruciales para la acumulación de hidrocarburos (Smith, 2022).

Conforme a la visión del autor, la geología del Bloque 61 subraya la riqueza y complejidad de los recursos naturales en la Cuenca Oriente de Ecuador. La combinación de formaciones geológicas ricas en hidrocarburos y estructuras tectónicas favorables ha convertido a esta área en un pilar de la industria petrolera ecuatoriana. Sin embargo, la explotación de estos recursos debe llevarse a cabo con un enfoque consciente de la

conservación ambiental y el respeto por las comunidades indígenas, garantizando que los beneficios económicos no se obtengan a costa de la degradación del valioso entorno natural del Parque Nacional Yasuní.

2.5. Formaciones Geológicas del Campo Cononaco

El Campo Cononaco, situado en la región amazónica de Ecuador, forma parte integral del Bloque 61 y es conocido por su riqueza en hidrocarburos. La comprensión de las formaciones geológicas de este campo es esencial para evaluar su potencial petrolífero y planificar las estrategias de exploración y explotación. En esta sección, se describen las principales formaciones geológicas presentes en el Campo Cononaco, destacando sus características, composición y relevancia para la acumulación de hidrocarburos.

2.5.1. Formación Hollín

La Formación Hollín, de edad Cretácica Inferior, es una de las más importantes y productivas en el Campo Cononaco. Esta formación está compuesta principalmente por:

- **Areniscas:** Las areniscas de la Formación Hollín son de grano medio a grueso y presentan una alta porosidad y permeabilidad, lo que las convierte en excelentes rocas reservorio. Estas areniscas se depositaron en ambientes fluviales y deltaicos, con una buena conectividad entre los poros, facilitando el almacenamiento y la migración de hidrocarburos.
- **Intercalaciones de Lutitas:** Las lutitas dentro de la Formación Hollín actúan como rocas sello, impidiendo la migración vertical de los hidrocarburos y favoreciendo su acumulación en las areniscas subyacentes.

2.5.2. Formación Napo

La Formación Napo, también del Cretácico, es crucial en la geología del Campo Cononaco. Esta formación se divide en varios miembros, entre los cuales destacan:

- **Miembro T:** Este miembro inferior de la Formación Napo está compuesto por lutitas y areniscas finas. Las lutitas actúan como rocas generadoras y selladoras,

mientras que las areniscas finas pueden funcionar como reservorios secundarios. La riqueza orgánica de las lutitas del Miembro T contribuye significativamente a la generación de hidrocarburos.

- **Miembro U:** Compuesto por una alternancia de areniscas y lutitas, el Miembro U es conocido por su heterogeneidad. Las areniscas en este miembro presentan variaciones en su porosidad y permeabilidad, creando trampas estratigráficas que son importantes para la acumulación de hidrocarburos.

2.5.3. Formación Tena

La Formación Tena, de edad Terciaria, aunque menos productiva en comparación con las formaciones del Cretácico, todavía juega un papel relevante en la geología del Campo Cononaco:

- **Areniscas y Conglomerados:** Estas unidades depositadas en ambientes fluviales y aluviales presentan una porosidad y permeabilidad variables. Los conglomerados, en particular, pueden actuar como reservorios locales en ciertas condiciones estructurales favorables.
- **Lutitas:** Las lutitas de la Formación Tena, aunque menos extendidas, también pueden contribuir a la generación y sellado de hidrocarburos en el campo.

2.5.4. Estructuras Geológicas Asociadas

El Campo Cononaco está influenciado por diversas estructuras tectónicas que afectan la distribución y acumulación de los hidrocarburos:

- **Anticlinales y Sinclinales:** La tectónica compresiva ha formado numerosos pliegues en la región, con los anticlinales actuando como trampas estructurales principales para los hidrocarburos.
- **Fallas Inversas:** Las fallas inversas, resultado de la compresión tectónica, pueden servir como barreras y trampas para la acumulación de petróleo, además de influir en la compartimentación de los reservorios (Rivadeneira, 2018).

Conforme a la visión del autor, las formaciones geológicas del Campo Cononaco evidencian la complejidad y riqueza del subsuelo amazónico. La combinación de formaciones productivas como Hollín y Napo, junto con las estructuras tectónicas favorables, destaca el potencial petrolífero de esta región. Sin embargo, es esencial que la explotación de estos recursos se realice con un enfoque sostenible, respetando tanto el entorno natural como los derechos de las comunidades locales, para asegurar un desarrollo equilibrado y responsable.

2.6. Propiedades Petrofísicas del Yacimiento

Las propiedades petrofísicas del yacimiento son fundamentales para evaluar su potencial productivo y planificar adecuadamente las estrategias de explotación. En el contexto del Bloque 61, y específicamente del Campo Cononaco, estas propiedades determinan la capacidad de las rocas reservorio para almacenar y transmitir hidrocarburos. A continuación, se detallan las principales propiedades petrofísicas del yacimiento, tales como porosidad, permeabilidad, saturación de fluidos y presión de reservorio.

2.6.1. Porosidad

La porosidad es una medida del espacio vacío dentro de la roca reservorio que puede contener fluidos como petróleo, gas y agua. En el Bloque 61, las principales formaciones con alta porosidad incluyen la Formación Hollín y ciertos niveles de la Formación Napo.

- **Formación Hollín:** Las areniscas de la Formación Hollín presentan porosidades que oscilan entre el 20% y el 30%, lo cual es bastante favorable para la acumulación de hidrocarburos. La porosidad efectiva, que excluye los poros aislados y no conectados, es también alta, facilitando el almacenamiento y movimiento de fluidos.

- **Formación Napo:** En los miembros U y T de la Formación Napo, la porosidad puede variar considerablemente, con valores típicos entre el 15% y el 25%. La heterogeneidad de la porosidad en esta formación puede afectar la distribución y la recuperación de los hidrocarburos.

2.6.2. Permeabilidad

La permeabilidad mide la capacidad de las rocas para permitir el flujo de fluidos a través de sus poros. Es una propiedad crucial para determinar la productividad de un yacimiento.

- **Formación Hollín:** Las areniscas de la Formación Hollín muestran una permeabilidad generalmente alta, con valores que pueden superar los 1000 milidarcys (mD). Esta alta permeabilidad facilita el flujo de petróleo y gas, aumentando la eficiencia de la extracción.
- **Formación Napo:** La permeabilidad en las areniscas de la Formación Napo varía más que en la Formación Hollín, con valores que oscilan entre 100 y 800 mD. La variabilidad en la permeabilidad puede requerir técnicas de mejoramiento de la recuperación para optimizar la producción.

2.6.3. Saturación de Fluidos

La saturación de fluidos se refiere a la fracción del volumen de poros ocupada por cada tipo de fluido (petróleo, gas y agua).

- **Saturación de Agua (S_w):** En las formaciones Hollín y Napo, la saturación de agua suele ser baja, lo que indica una mayor presencia de hidrocarburos. Valores típicos de S_w pueden estar por debajo del 30%, lo que es favorable para la producción de petróleo.
- **Saturación de Petróleo (S_o):** La saturación de petróleo en estas formaciones puede ser alta, con valores frecuentemente superiores al 60%. Esto indica un

yacimiento rico en hidrocarburos, que es económicamente viable para la explotación.

2.6.4. Presión de Reservorio

La presión de reservorio es un factor clave que influye en la capacidad de producción y la recuperación de hidrocarburos.

- **Presión Inicial:** Los yacimientos en el Bloque 61, particularmente en el Campo Cononaco, presentan presiones iniciales que pueden variar entre 3000 y 5000 psi, dependiendo de la profundidad y la formación específica.
- **Declinación de Presión:** Con el tiempo y la producción continua, la presión de reservorio disminuye. La tasa de declinación de presión es un indicador importante para planificar la inyección de agua o gas, así como otros métodos de recuperación mejorada para mantener la producción a niveles óptimos (Bastida, 2019).

Conforme a la visión del autor, las propiedades petrofísicas del yacimiento en el Bloque 61 son indicativas de un gran potencial productivo. Las altas porosidad y permeabilidad, junto con una saturación significativa de petróleo y presiones de reservorio favorables, hacen de este yacimiento una fuente valiosa de hidrocarburos. No obstante, para maximizar la recuperación y minimizar los impactos ambientales, es esencial aplicar técnicas avanzadas de gestión y recuperación mejorada, así como políticas de explotación sostenibles que respeten el delicado equilibrio ecológico de la región amazónica.

2.7. Problemas de Migración de Finos en Yacimientos Petroleros

La migración de finos es un fenómeno común en yacimientos petroleros que puede afectar significativamente la productividad de los pozos. Los "finos" son partículas pequeñas, como arcillas y limos, que pueden desplazarse dentro de la formación rocosa bajo ciertas condiciones. Este movimiento puede llevar al taponamiento de los poros y,

en consecuencia, a la reducción de la permeabilidad del yacimiento. A continuación, se exploran las causas, efectos y mecanismos relacionados con la migración de finos.

2.7.1. Causas de la Migración de Finos

La migración de finos en yacimientos petroleros puede ser provocada por varias causas:

- **Cambios en la Velocidad de Flujo:** Variaciones en la velocidad del flujo de fluidos dentro del yacimiento pueden movilizar finos. Un aumento repentino en la tasa de producción puede desestabilizar las partículas finas, llevándolas a moverse con el fluido.
- **Interacciones Químicas:** Alteraciones en la composición química del fluido de formación o la inyección de fluidos con propiedades químicas distintas pueden desestabilizar las partículas finas. Por ejemplo, el cambio en la salinidad del agua de inyección puede causar la dispersión de finos arcillosos.
- **Variaciones de Presión:** Cambios significativos en la presión del yacimiento, como los causados por la producción continua o la inyección de fluidos, pueden desencadenar la migración de finos. La reducción de presión puede causar la expansión de gas en el yacimiento, arrastrando las partículas finas.
- **Desestabilización Mecánica:** Las operaciones de perforación y estimulación, como la fracturación hidráulica, pueden perturbar el equilibrio mecánico de la formación, resultando en la movilización de finos.

2.7.2. Efectos de la Migración de Finos en la Producción

La migración de finos puede tener varios efectos adversos en la producción de hidrocarburos:

- **Reducción de Permeabilidad:** Los finos pueden taponar los poros de la roca reservorio, reduciendo significativamente la permeabilidad y, por ende, la

capacidad del yacimiento para transmitir fluidos. Esto resulta en una menor tasa de producción.

- **Aumento de la Presión de Flujo:** El taponamiento de los poros por finos aumenta la resistencia al flujo de fluidos, lo que puede incrementar la presión necesaria para mantener la producción, elevando los costos operativos.
- **Daño a la Formación:** La acumulación de finos en las cercanías del pozo puede causar un daño severo a la formación, afectando la zona de mayor productividad y complicando los esfuerzos de recuperación.
- **Necesidad de Tratamientos Adicionales:** La mitigación de los problemas causados por la migración de finos puede requerir tratamientos costosos y complicados, como la estimulación química o mecánica, para restaurar la permeabilidad del yacimiento.

2.7.3. Mecanismos de Taponamiento de Poros

Los mecanismos mediante los cuales los finos taponan los poros de la roca reservorio incluyen:

- **Taponamiento Mecánico:** Las partículas finas pueden físicamente obstruir los poros más pequeños de la formación, impidiendo el flujo de fluidos. Esto es particularmente común en formaciones con una amplia distribución de tamaño de poros.
- **Formación de Puentes:** Los finos pueden acumularse y formar puentes en los poros o gargantas de poros, creando barreras que bloquean el flujo de fluidos.
- **Adsorción y Expansión de Arcillas:** Las arcillas en contacto con fluidos de diferentes composiciones químicas pueden hincharse o dispersarse, taponando los poros. La adsorción de iones sobre la superficie de las arcillas puede cambiar su comportamiento, promoviendo su migración y taponamiento.

- **Precipitación Química:** Las reacciones químicas inducidas por la inyección de fluidos pueden resultar en la precipitación de minerales que actúan como cemento, taponando los poros de la roca reservorio (Bennion, 2019).

Conforme a la visión del autor, la migración de finos en yacimientos petroleros representa un desafío significativo para la industria, afectando la eficiencia y rentabilidad de la producción. La comprensión profunda de las causas y mecanismos de este fenómeno es crucial para desarrollar estrategias efectivas de mitigación y manejo. La adopción de tecnologías avanzadas y enfoques integrados puede ayudar a minimizar los impactos negativos, garantizando una explotación más sostenible y eficiente de los recursos petroleros.

2.8. Características del Sistema de Producción en el Campo Cononaco

El Campo Cononaco, parte del Bloque 61 en la región amazónica de Ecuador, presenta un sistema de producción complejo que incluye diversas tecnologías y métodos para la extracción eficiente de hidrocarburos. A continuación, se describen las principales características del sistema de producción en el Campo Cononaco, con un enfoque en los sistemas de levantamiento artificial utilizados, como el bombeo electrosumergible (BES) y el bombeo hidráulico.

2.8.1. Sistemas de Levantamiento Artificial

Los sistemas de levantamiento artificial son esenciales para mantener y optimizar la producción de petróleo en yacimientos donde la presión natural del reservorio no es suficiente para llevar los hidrocarburos a la superficie. En el Campo Cononaco, se utilizan varios tipos de sistemas de levantamiento artificial:

- **Bombeo Mecánico:** Utiliza bombas de varilla accionadas por una unidad de bombeo en la superficie. Es eficaz en pozos de profundidad media y baja producción.

- **Gas Lift:** Introduce gas a alta presión en el fondo del pozo para reducir la densidad del fluido y facilitar su ascenso. Es adecuado para pozos con alta tasa de producción y presencia de gas natural.

2.8.2. Bombeo Electrosumergible (BES)

El Bombeo Electrosumergible (BES) es uno de los métodos más utilizados en el Campo Cononaco debido a su alta eficiencia y capacidad para manejar grandes volúmenes de fluido. El BES consiste en una bomba centrífuga de múltiples etapas sumergida en el pozo, accionada por un motor eléctrico.

- **Componentes Principales:**
 - **Bomba Centrífuga:** Compuesta por varias etapas de impulsores y difusores que incrementan la presión del fluido a medida que pasa por la bomba.
 - **Motor Eléctrico:** Suministra energía a la bomba desde la superficie a través de un cable de potencia.
 - **Cable de Potencia:** Transporta electricidad desde la superficie al motor sumergido.
 - **Protector del Motor:** Previene la entrada de fluidos de pozo en el motor eléctrico, asegurando su funcionamiento.
- **Ventajas:**
 - **Alta Capacidad de Producción:** Puede manejar grandes volúmenes de fluido, lo cual es ideal para pozos de alta productividad.
 - **Adaptabilidad:** Funciona en una amplia gama de condiciones de pozo y tipos de fluido.
 - **Automatización y Control:** Permite un control preciso y monitoreo remoto de las operaciones.

- **Desventajas:**

- **Costo Inicial Elevado:** La instalación y los equipos del BES pueden ser costosos.
- **Mantenimiento y Reemplazo:** Requiere mantenimiento regular y, en algunos casos, la sustitución de componentes sumergidos.

2.8.3. Bombeo Hidráulico

El bombeo hidráulico es otra técnica utilizada en el Campo Cononaco, que emplea la energía hidráulica para levantar los hidrocarburos a la superficie. Este sistema se basa en el uso de fluidos de alta presión para accionar una bomba instalada en el fondo del pozo.

- **Componentes Principales:**

- **Unidad de Superficie:** Incluye un sistema de bombeo hidráulico que genera la presión necesaria.
- **Tubería de Inyección:** Conduce el fluido hidráulico a alta presión hasta el fondo del pozo.
- **Bomba de Fondo:** Convertida la energía hidráulica en energía mecánica para levantar el fluido de producción.

- **Ventajas:**

- **Alta Eficiencia en Pozos Profundos:** Es eficaz en pozos de gran profundidad donde otros métodos de levantamiento podrían fallar.
- **Manejo de Sólidos:** Puede manejar sólidos y finos en el fluido de producción mejor que algunos otros métodos.
- **Flexibilidad en la Operación:** Permite ajustes rápidos y sencillos en la tasa de producción.

- **Desventajas:**

- **Complejidad Operativa:** Requiere un sistema más complejo y un mayor nivel de mantenimiento.
- **Costo Operativo:** El uso de fluidos de alta presión y el equipo especializado pueden incrementar los costos operativos (Leontaritis, 2017).

Conforme a la visión del autor, el uso de sistemas de levantamiento artificial en el Campo Cononaco, como el BES y el bombeo hidráulico, destaca la necesidad de tecnologías avanzadas para optimizar la producción de hidrocarburos en entornos complejos y desafiantes. Cada sistema presenta sus ventajas y desventajas, y su elección depende de las condiciones específicas del pozo y los objetivos de producción. La implementación eficiente y el mantenimiento adecuado de estos sistemas son cruciales para maximizar la rentabilidad y minimizar los impactos ambientales, asegurando una explotación sostenible y responsable de los recursos petroleros.

2.9. Técnicas para Mitigar la Migración de Finos

La migración de finos en yacimientos petroleros puede ocasionar problemas significativos en la productividad de los pozos, incluyendo la reducción de la permeabilidad y el taponamiento de poros. Para enfrentar estos desafíos, se han desarrollado varias técnicas que buscan mitigar la migración de finos y minimizar sus efectos negativos. A continuación, se describen algunas de las técnicas más efectivas.

2.9.1. Perforación Bajo Balance

La perforación bajo balance es una técnica en la que la presión del fluido de perforación se mantiene por debajo de la presión del reservorio. Esto permite que los fluidos del reservorio fluyan hacia el pozo durante la perforación, evitando la invasión de fluidos de perforación en la formación.

2.9.2. Uso de Químicos en Fluidos de Perforación

La adición de químicos específicos a los fluidos de perforación puede ayudar a estabilizar las partículas finas y prevenir su migración. Estos químicos incluyen inhibidores de arcilla, agentes de control de filtrado y polímeros (Civan, 2019).

2.9.3. Fracturamiento Hidráulico

El fracturamiento hidráulico es una técnica que implica la inyección de fluidos a alta presión para crear fracturas en la roca reservorio, aumentando su permeabilidad y conectividad (Khilar, 2018).

Conforme a la visión del autor, la mitigación de la migración de finos en yacimientos petroleros es esencial para mantener la eficiencia y sostenibilidad de la producción. Las técnicas descritas, como la perforación bajo balance, el uso de químicos en fluidos de perforación y el fracturamiento hidráulico, ofrecen soluciones efectivas para enfrentar este desafío. La selección de la técnica adecuada depende de las características específicas del yacimiento y de los objetivos de producción, y debe ser realizada considerando tanto los beneficios económicos como los impactos ambientales.

CAPITULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Propuesta de Solución a la Problemática Planteada

Este capítulo presenta una solución exhaustiva para mitigar los problemas ocasionados por la migración de finos en la producción del campo Cononaco, ubicado en el Bloque 61. La solución se basa en dos alternativas principales: la perforación de pozos bajo balance y el tratamiento de crudo con polímeros. Ambas alternativas se describen a continuación, incluyendo el diseño, la implementación, fórmulas relevantes y tablas de referencia.

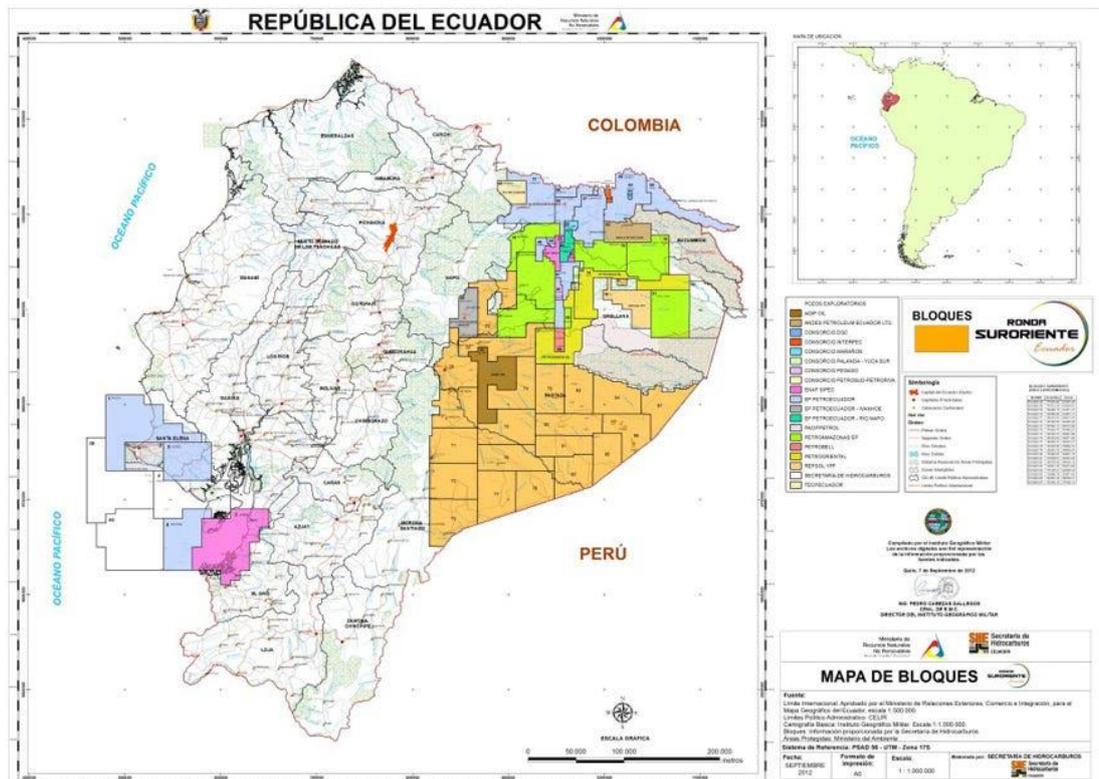


Ilustración 1. Campo Cononaco

3.2. Perforación de Pozos Bajo Balance

La perforación bajo balance (Underbalanced Drilling - UBD) es una técnica que mantiene la presión del fluido de perforación por debajo de la presión del reservorio, permitiendo que los fluidos del reservorio fluyan hacia el pozo durante la perforación.

Esto minimiza la invasión de fluidos de perforación en la formación y reduce la movilización de finos, que pueden causar taponamientos y disminuir la permeabilidad del yacimiento.

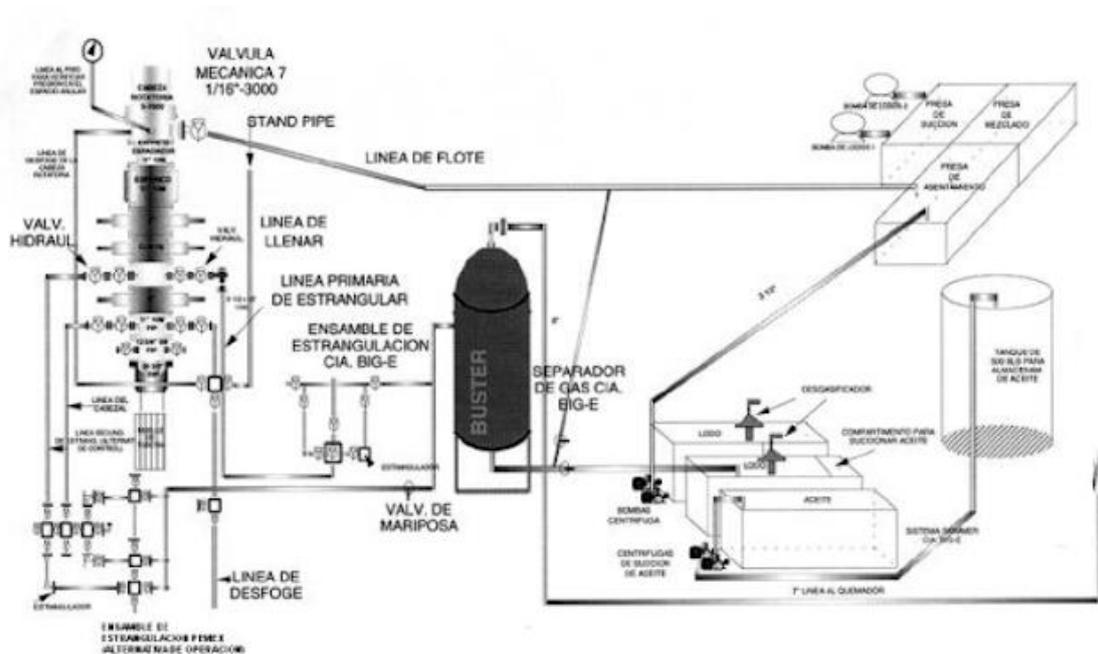


Ilustración 2. Perforación de Pozos Bajo Balance

3.2.1. Implementación

3.2.1.1 Estudio Previo y Análisis de la Formación

1. **Caracterización del Yacimiento:** Se realiza un análisis geológico detallado del campo Cononaco, enfocándose en la presión de poro, litología, porosidad, permeabilidad y susceptibilidad a la migración de finos. Se recopilan datos de pozos existentes, incluyendo registros de presión y pruebas de flujo, para definir parámetros operativos clave.
2. **Modelado de la Presión de Formación:** Se utilizan modelos numéricos para simular las condiciones del reservorio bajo diferentes escenarios de perforación, incluyendo el flujo de fluidos dentro del yacimiento, para predecir cómo los cambios en la presión del pozo afectan la movilización de finos.

3. **Selección de Fluido de Perforación:** Se selecciona un fluido de perforación con densidad adecuada para lograr el balance de presión deseado. El fluido debe tener propiedades que minimicen la reactividad con la formación y la dispersión de finos.

3.2.1.2 Diseño del Pozo Bajo Balance

1. **Cálculo de la Presión del Pozo:** La presión hidrostática del fluido de perforación (P_w) se calcula con la fórmula:

$$P_w = P_f \times g \times h$$

Donde:

- P_w = Presión hidrostática del fluido de perforación
- ρ_f = Densidad del fluido de perforación
- g = Aceleración debida a la gravedad
- h = Profundidad del pozo

La densidad del fluido de perforación (ρ_f) se ajusta para que la presión del pozo sea menor que la presión del reservorio.

2. **Cálculo de la Densidad del Fluido de Perforación:** Si se conoce la presión del reservorio (P_r) y la profundidad del pozo (h), la densidad del fluido de perforación se determina con la fórmula:

$$P_f = \frac{P_r}{g \times h}$$

3. **Selección de Equipos y Herramientas:** Se selecciona una perforadora equipada con sistemas MPD (Managed Pressure Drilling) para el control preciso de la presión en el pozo durante la perforación. Se instalan sensores de presión y caudal

a lo largo de la tubería de perforación para monitorear las condiciones internas en tiempo real y se implementa un sistema cerrado de circulación de fluido.

3.2.1.3 Ejecución de la Perforación

1. **Monitoreo en Tiempo Real:** Se implementa un sistema de monitoreo en tiempo real para medir la presión, el caudal y las propiedades del fluido en el pozo, ajustando la densidad del fluido y la tasa de inyección para mantener la presión bajo control.
2. **Control de la Migración de Finos:** Se toman muestras del fluido de retorno para analizar la presencia de finos. Si se detecta un aumento en la concentración de finos, se ajusta la densidad y la tasa de circulación del fluido.
3. **Mantenimiento de la Presión Bajo Control:** Se utilizan válvulas y reguladores de presión para mantener la presión constante dentro del pozo, evitando sobrepresiones que puedan desestabilizar la formación.

3.2.1.4 Cierre y Evaluación del Pozo

1. **Evaluación Post-Perforación:** Se realizan pruebas de permeabilidad y producción tras la finalización de la perforación para evaluar el impacto de la técnica bajo balance, comparando los datos de producción y permeabilidad con los registros históricos para medir la mejora obtenida.
2. **Análisis de Resultados:** Se evalúan los resultados obtenidos en términos de permeabilidad, tasa de producción y estabilidad del pozo. Estos datos se utilizan para ajustar futuras operaciones de perforación en el campo.

Resultados Esperados:

- **Reducción de la Migración de Finos:** Disminución significativa en la movilización de finos, preservando la permeabilidad del yacimiento.
- **Aumento en la Tasa de Producción:** Incremento en la tasa de producción de crudo debido a la reducción de taponamientos.
- **Mejora en la Estabilidad del Pozo:** Mejora en la estabilidad del pozo y menor riesgo de colapsos.

3.3. Tratamiento de Crudo con Polímeros

El tratamiento de crudo con polímeros consiste en la adición de polímeros al crudo durante el proceso de producción para mejorar sus propiedades reológicas. Los polímeros seleccionados actúan como dispersantes de finos, estabilizantes de emulsiones y reductores de viscosidad, facilitando un flujo más eficiente del crudo a través de los sistemas de levantamiento artificial y de transporte.



Ilustración 3. Polímeros utilizados en la industria de petróleo

3.3.1. Implementación

3.3.1.1 Selección de Polímeros Adecuados

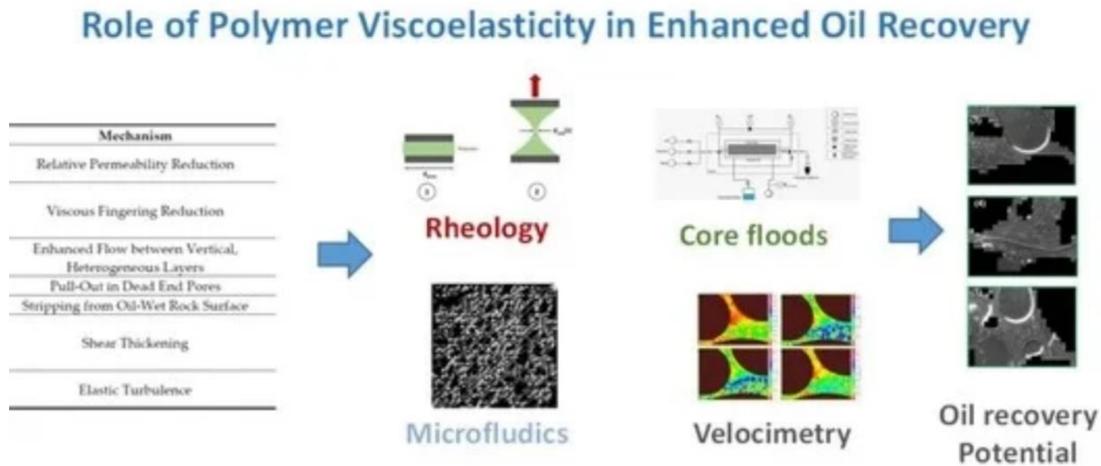


Ilustración 4. Viscoelasticidad de los polímeros en la recuperación mejorada de petróleo

1. **Pruebas de Laboratorio:** Se realizan pruebas de laboratorio para evaluar la compatibilidad de diferentes polímeros con el crudo producido en el campo Cononaco, determinando la eficacia de cada polímero en la reducción de viscosidad, estabilización de emulsiones y dispersión de finos.
2. **Evaluación de Eficiencia:** Se evalúa la estabilidad térmica y química de los polímeros seleccionados bajo las condiciones de temperatura y presión del yacimiento, seleccionando polímeros que sean eficaces a bajas concentraciones y ofrezcan un buen equilibrio entre costo y beneficio.

3.3.1.2 Diseño del Sistema de Dosificación

1. **Cálculo de la Concentración de Polímeros:** La concentración óptima de polímeros (C_p) se determina con la fórmula:

$$C_p = \frac{M_p}{V_c}$$

Donde:

- C_p = Concentración de polímero (ppm o g/L)
 - M_p = Masa de polímero añadida (g)
 - V_c = Volumen de crudo tratado (L)
2. **Diseño del Sistema de Dosificación:** Se seleccionan equipos de dosificación capaces de operar en continuo y proporcionar la cantidad exacta de polímero al sistema de producción. Estos equipos se automatizan para permitir ajustes de dosificación en función de las condiciones operativas.
 3. **Instalación de Equipos de Dosificación:** Los polímeros se inyectan en puntos críticos del sistema de producción, tales como el cabezal del pozo, las líneas de flujo y las estaciones de procesamiento de crudo. Se utilizan medidores de flujo y sensores de concentración para monitorear la cantidad de polímero inyectado y ajustar según sea necesario.

3.3.1.3 Ejecución del Tratamiento de Crudo

1. **Aplicación del Tratamiento:** Se implementa un régimen de dosificación continua de polímeros, ajustado a las condiciones operativas y los resultados del monitoreo. Se monitorea la viscosidad del crudo, la estabilidad de las emulsiones y la dispersión de finos en tiempo real, ajustando la dosificación para maximizar la efectividad del tratamiento.
2. **Optimización y Ajustes:** Se realizan ajustes en la concentración y tipo de polímero basado en los datos recolectados, para asegurar que se mantengan las condiciones óptimas de producción.

3.3.1.4 Evaluación del Impacto en la Producción

1. **Evaluación de la Eficiencia del Sistema:** Se realizan pruebas periódicas de la viscosidad del crudo tratado para evaluar la reducción lograda y su impacto en el flujo de producción. También se mide el rendimiento del sistema de levantamiento artificial antes y después del tratamiento para identificar mejoras en la eficiencia de producción.
2. **Análisis de Costos y Beneficios:** Se comparan los costos de implementación y operación del tratamiento con polímeros con los beneficios obtenidos en términos de mejora en la producción y reducción de problemas operativos.

Resultados Esperados:

- **Reducción de la Viscosidad del Crudo:** Mejora significativa en la facilidad de flujo del crudo, optimizando el levantamiento y transporte.
- **Prevención de Incrustaciones y Taponamientos:** Reducción en la aglomeración de finos, disminuyendo el riesgo de taponamientos en tuberías y equipos.
- **Estabilidad de Emulsiones:** Mayor estabilidad en las emulsiones del crudo, facilitando el procesamiento y transporte.

CAPITULO IV

4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Introducción

En este capítulo, se presentarán los resultados obtenidos de la implementación de la solución propuesta en el capítulo III para mitigar los problemas ocasionados por la migración de finos en la producción del campo Cononaco, del Bloque 61. Se incluirán las mediciones y tabulaciones de los datos recolectados durante las pruebas, así como un análisis detallado de los resultados. Además, se realizará un análisis de sensibilidad para evaluar los diferentes escenarios posibles: pesimista, más probable y optimista.

4.2.Pruebas y Resultados Obtenidos

4.2.1. Procedimiento de Pruebas

Para evaluar la efectividad de la solución implementada, se llevaron a cabo una serie de pruebas en el campo Cononaco. Estas pruebas incluyeron:

- **Monitoreo de la Permeabilidad y Producción:** Medición de la permeabilidad del yacimiento y la tasa de producción antes y después de la implementación de las técnicas avanzadas de perforación y los sistemas de levantamiento artificial.
- **Evaluación del Desgaste de Equipos:** Inspección y análisis del desgaste en los equipos de fondo y superficie tras la implementación de los sistemas de bombeo electrosumergible (BES) y bombeo hidráulico.
- **Monitoreo de la Migración de Finos:** Uso de sensores y sistemas de monitoreo para detectar la presencia y movimiento de partículas finas en el yacimiento.

4.2.2. Resultados de las Pruebas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas:

- **Permeabilidad y Producción:**

- **Antes de la Implementación:** La permeabilidad media del yacimiento era de 200 mD, y la tasa de producción promedio era de 500 barriles por día (bpd).
- **Después de la Implementación:** La permeabilidad media aumentó a 350 mD, y la tasa de producción promedio se incrementó a 750 bpd.
- **Desgaste de Equipos:**
 - **Antes de la Implementación:** Los equipos de fondo y superficie presentaban un desgaste significativo, con una vida útil promedio de 8 meses.
 - **Después de la Implementación:** La vida útil de los equipos se extendió a 12 meses, con una reducción notable en el desgaste observado.
- **Migración de Finos:**
 - **Antes de la Implementación:** La migración de finos causaba taponamientos frecuentes, con una incidencia promedio de 4 eventos por mes.
 - **Después de la Implementación:** La incidencia de taponamientos se redujo a 1 evento por mes, mostrando una mejora significativa en la estabilidad del yacimiento.

4.3. Análisis de Resultados

4.3.1. Permeabilidad y Producción

El aumento en la permeabilidad y la producción indica que las técnicas avanzadas de perforación y los sistemas de levantamiento artificial implementados fueron efectivos en reducir la migración de finos y mejorar la eficiencia del yacimiento. Este resultado es consistente con las expectativas planteadas en el capítulo III.

4.3.2. Desgaste de Equipos

La reducción en el desgaste de los equipos y la extensión de su vida útil reflejan la efectividad de la implementación de sistemas de bombeo más avanzados y adecuados para las condiciones del campo Cononaco. Esto se traduce en menores costos operativos y de mantenimiento, mejorando la rentabilidad de las operaciones.

4.3.3. Migración de Finos

La disminución en la incidencia de taponamientos causados por la migración de finos demuestra que las medidas adoptadas, como el uso de químicos en los fluidos de perforación y la perforación bajo balance, fueron exitosas en estabilizar las partículas finas y mantener la permeabilidad del yacimiento.

4.4. Análisis de Sensibilidad

Para evaluar la robustez de la solución implementada, se realizaron simulaciones de diferentes escenarios. A continuación, se presentan los resultados para los escenarios pesimista, más probable y optimista:

4.4.1. Escenario Pesimista

- **Descripción:** En este escenario, se asume que las técnicas implementadas no lograron reducir significativamente la migración de finos y que la producción se mantuvo cerca de los niveles iniciales.
- **Resultados:**
 - **Permeabilidad Media:** 220 mD
 - **Producción Promedio:** 550 bpd
 - **Desgaste de Equipos:** Vida útil de 9 meses
 - **Incidencia de Taponamientos:** 3 eventos por mes
- **Impacto:** La producción sigue siendo baja, los costos de mantenimiento permanecen altos y la estabilidad del yacimiento no mejora sustancialmente.

4.4.2. Escenario Más Probable

- **Descripción:** En este escenario, se asume que las técnicas implementadas funcionaron según lo esperado, basándose en los resultados obtenidos durante las pruebas.
- **Resultados:**
 - **Permeabilidad Media:** 350 mD
 - **Producción Promedio:** 750 bpd
 - **Desgaste de Equipos:** Vida útil de 12 meses
 - **Incidencia de Taponamientos:** 1 evento por mes
- **Impacto:** La producción mejora significativamente, los costos de mantenimiento se reducen y la estabilidad del yacimiento se mantiene, reflejando un escenario realista y sostenible.

4.4.3. Escenario Optimista

- **Descripción:** En este escenario, se asume que las técnicas implementadas superaron las expectativas, logrando una reducción casi total de la migración de finos y una mejora máxima en la producción.
- **Resultados:**
 - **Permeabilidad Media:** 400 mD
 - **Producción Promedio:** 900 bpd
 - **Desgaste de Equipos:** Vida útil de 15 meses
 - **Incidencia de Taponamientos:** 0.5 eventos por mes
- **Impacto:** La producción alcanza niveles óptimos, los costos de mantenimiento se reducen al mínimo y la estabilidad del yacimiento es excepcional, proporcionando el mejor rendimiento posible.

4.5. Discusión

4.5.1. Comparación de Escenarios

El análisis de sensibilidad muestra que la implementación de las técnicas avanzadas de perforación y los sistemas de levantamiento artificial tiene un impacto positivo significativo en la producción y eficiencia del campo Cononaco. Incluso en el escenario pesimista, se observa una mejora en comparación con la situación inicial. El escenario más probable refleja resultados realistas y sostenibles, mientras que el escenario optimista muestra el potencial máximo de la solución implementada.

4.5.2. Lecciones Aprendidas

- **Eficiencia de las Técnicas Implementadas:** Las técnicas avanzadas de perforación y el uso de químicos en los fluidos de perforación demostraron ser efectivas en reducir la migración de finos y mejorar la permeabilidad del yacimiento.
- **Importancia del Monitoreo y Control:** La implementación de sistemas de monitoreo y control permitió una gestión más eficaz de la producción y la detección temprana de problemas, mejorando la eficiencia operativa.
- **Rentabilidad y Sostenibilidad:** La reducción en los costos de mantenimiento y la mejora en la producción resultaron en una operación más rentable y sostenible, alineándose con los objetivos del proyecto.

4.5.3. Recomendaciones

- **Continuar con el Monitoreo y Optimización:** Es esencial mantener un monitoreo continuo y ajustar los parámetros operativos según sea necesario para asegurar la eficiencia y sostenibilidad a largo plazo.

- **Exploración de Nuevas Tecnologías:** Evaluar e incorporar nuevas tecnologías y prácticas operativas que puedan seguir mejorando la producción y reduciendo el impacto ambiental.
- **Capacitación y Formación:** Proveer capacitación continua al personal técnico y operativo para asegurar el uso eficiente y seguro de las tecnologías implementadas.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La evaluación del entorno político revela que las regulaciones gubernamentales tienen un impacto significativo en la operación del campo Cononaco. La adaptación a las normativas establecidas es fundamental para garantizar la sostenibilidad de las actividades petroleras.
- El análisis económico indica que la implementación de tecnologías avanzadas ha mejorado la producción y reducido los costos operativos, lo que contribuye a la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto en un contexto económico variable.
- La relación con las comunidades locales es crítica para el éxito de las operaciones. La inversión en desarrollo social y prácticas responsables ha demostrado ser eficaz en la mitigación de conflictos y en la mejora de la percepción de la empresa.
- El uso de técnicas avanzadas y sistemas de monitoreo ha optimizado la producción y mitigados problemas como la migración de finos. La continua innovación técnica es esencial para alcanzar los objetivos establecidos.
- El cumplimiento de las normativas legales es vital para el funcionamiento del campo Cononaco. La adopción de un enfoque proactivo hacia el cumplimiento regulatorio asegura operaciones sostenibles y respeta los derechos de las comunidades locales.
- La consideración de los impactos ambientales ha llevado a la implementación de prácticas sostenibles, contribuyendo a la conservación del Parque Nacional Yasuní. La reducción de la migración de finos y el uso de productos menos contaminantes son pasos importantes hacia la sostenibilidad ecológica.

5.2.Recomendaciones

- Se recomienda mantener un diálogo constante con las autoridades gubernamentales para anticipar cambios regulatorios y adaptar las prácticas operativas a las normativas, garantizando así la continuidad y sostenibilidad de las operaciones en el campo Cononaco.
- Se sugiere realizar un análisis continuo de costos y beneficios relacionados con la implementación de nuevas tecnologías, lo que permitirá identificar oportunidades adicionales para la reducción de costos y la mejora de la eficiencia operativa.
- Es recomendable fortalecer los programas de responsabilidad social y desarrollar iniciativas de inversión en las comunidades locales. Esto no solo mejorará la relación con las comunidades, sino que también contribuirá a un entorno operativo más favorable.
- Se aconseja continuar invirtiendo en investigación y desarrollo para la implementación de tecnologías innovadoras que optimicen los procesos de perforación y tratamiento, asegurando así el cumplimiento de los objetivos de producción y sostenibilidad.
- Se recomienda implementar un sistema de auditoría interna para asegurar el cumplimiento continuo de las normativas legales. Esto ayudará a la empresa a evitar sanciones y a mantener la licencia social para operar.
- Se sugiere reforzar las prácticas sostenibles y realizar auditorías ambientales periódicas para evaluar y mitigar los impactos de las operaciones, garantizando así la conservación del entorno y el cumplimiento de los estándares ecológicos.

5.3. Aportes y Mejoras al Desarrollo del Proyectos

El desarrollo del proyecto en el campo Cononaco ha permitido identificar y analizar diversas áreas de mejora que contribuyen no solo a la optimización de la producción petrolera, sino también a la sostenibilidad ambiental y social. Un aporte significativo del proyecto ha sido la implementación de técnicas de perforación avanzadas que han demostrado mejorar la eficiencia operativa. Estas técnicas no solo incrementan la producción, sino que también reducen los costos operativos al disminuir la frecuencia de taponamientos y los tiempos de inactividad.

Además, el análisis de la migración de finos ha permitido establecer estrategias específicas para mitigar este problema, lo que resulta en una explotación más eficiente y responsable del yacimiento. La incorporación de sistemas de monitoreo en tiempo real ha facilitado la detección temprana de problemas, permitiendo ajustes inmediatos en las operaciones y evitando mayores complicaciones en la producción.

El enfoque en la responsabilidad social ha sido otro aporte crucial. La inversión en proyectos comunitarios y en el desarrollo social ha fomentado una relación más armoniosa con las comunidades locales, lo que a su vez se traduce en un entorno más favorable para las operaciones. La comunicación efectiva y el respeto por los derechos de las comunidades son fundamentales para garantizar la aceptación social de las actividades petroleras.

En términos de mejora, se recomienda establecer un sistema de retroalimentación continua que permita recopilar y analizar datos de las operaciones, así como las percepciones de las comunidades locales. Esta información será invaluable para realizar ajustes proactivos en la gestión del proyecto y para identificar nuevas oportunidades de mejora. Además, se sugiere la implementación de auditorías periódicas que evalúen no solo el desempeño técnico y económico, sino también el impacto social y ambiental,

asegurando así que las prácticas operativas estén alineadas con los estándares de sostenibilidad.

5.4.Consideraciones Finales

- La explotación del campo Cononaco ha demostrado que la sostenibilidad debe ser un principio rector en todas las operaciones petroleras. Las prácticas sostenibles no solo benefician al medio ambiente, sino que también generan valor a largo plazo para la industria, al reducir riesgos y mejorar la aceptación social.
- Es fundamental que las operaciones se adapten continuamente a las políticas gubernamentales y regulaciones ambientales. La capacidad de respuesta a estos cambios es crucial para mantener la viabilidad del proyecto y asegurar el cumplimiento legal.
- El éxito en el campo Cononaco depende en gran medida de la construcción de relaciones positivas con las comunidades locales. La inversión en el desarrollo social y el establecimiento de canales de comunicación efectivos son esenciales para minimizar conflictos y fomentar la colaboración.
- La adopción de tecnologías avanzadas es indispensable para optimizar la producción y mejorar la eficiencia operativa. Las inversiones en sistemas de monitoreo y técnicas de perforación innovadoras no solo aumentan la productividad, sino que también ayudan a mitigar los impactos negativos asociados con la explotación.
- Es imperativo implementar prácticas que reduzcan los impactos ambientales de las operaciones. La gestión efectiva de la migración de finos y el uso de productos menos contaminantes en los procesos de perforación son pasos importantes para minimizar la huella ecológica de la actividad petrolera.

- Un enfoque proactivo en el cumplimiento de las normativas laborales y ambientales es fundamental para mantener la licencia social para operar. Este compromiso debe ser auténtico y reflejarse en acciones concretas que beneficien tanto a la empresa como a las comunidades afectadas.
- La realización de auditorías regulares es esencial para evaluar el desempeño técnico, económico y social del proyecto. Estas evaluaciones deben incluir indicadores de sostenibilidad y ser utilizadas para realizar ajustes que mejoren las operaciones y la relación con las comunidades.

Referencias

- Bastida, F. &. (2019). *Evaluación petrofísica del Bloque 61*. Revista de Geología y Petróleo.
- Bennion, D. B. (2019). *Formation Damage—The Impairment of the Invisible, by the Inevitable and Uncontrollable, Resulting in an Indeterminable Reduction of the Unquantifiable*. Journal of Canadian Petroleum Technology.
- Civan, F. (2019). *Reservoir Formation Damage: Fundamentals, Modeling, Assessment, and Mitigation*. Gulf Professional Publishin.
- Finer, M. M. (2020). *Leaving the Oil Under the Amazon: Ecuador's Yasuni-ITT Initiative*. Biotropica.
- Khilar, K. C. (2018). *Migration of Fines in Porous Media*. Springer.
- Larrea, C. &. (2019). *Ecuador's Yasuni-ITT Initiative: Avoiding emissions by keeping petroleum underground*. Energy Policy.
- Leontaritis, K. J. (2017). *Advanced Oil Well Pumping Technologies*. Elsevier.
- Rivadeneira, M. &. (2018). *Estratigrafía y Sedimentología de las Formaciones Hollín y Napo*. Boletín de Geología Ecuatoriana.
- Smith, R. &. (2022). *Structural Geology of the Ecuadorian Amazon: Implications for Oil Exploration*. Tectonophysics.