

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI**

**ESCUELA DE POSGRADOS
MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN EXTRACCIÓN,
LEVANTAMIENTO Y TRATAMIENTO DE CRUDOS
PESADOS**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título en
Magister Tecnológico en Extracción, Levantamiento y
Tratamiento de Crudos Pesados**

Tema: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO MECÁNICO LINEAL (LRP) POZO BERMEJO SUR 14 PARA LA PRODUCCIÓN CRUDO EN EL BLOQUE 49.

Autor: LUIS NEY ZAMBRANO CEVALLOS

Tutor: MSc. CHRISTOPHER JONATHAN MAYORGA ZAMBRANO

Fecha:

4 de octubre de 2024

Sangolquí, Ecuador

Autor:



Zambrano Cevallos Luis Ney

Título a Obtener: Magister Tecnológico en Extracción,
Levantamiento y Tratamiento de Crudos Pesados

Matriz: Sangolquí - Ecuador

Correo electrónico: luis.zambrano@ister.edu.ec

Dirigido por:



Msc. Mayorga Zambrano Christopher Jonathan

Título: Magíster en Petróleos con mención en Recobro por
Inyección de Agua y Gas

Matriz: Sangolquí - Ecuador

Correo electrónico: christopher.mayorga@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

@2024 Tecnológico Universitario Rumiñahui

Sangolquí – Ecuador

Luis Ney Zambrano Cevallos



APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO TITULACIÓN

Sangolquí, 30 de septiembre del 2024

MSc. Elizabeth Aldás
Directora de Posgrados
Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui
Presente

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: Implementación del sistema de bombeo mecánico lineal (LRP) pozo Bermejo Sur 14 para la producción crudo en el Bloque 49. Realizado por Luis Ney Zambrano Cevallos ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la institución, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

MSc. Christopher Jonathan Mayorga Zambrano
Director del Trabajo de Titulación
C.I.: 1311871717
Correo electrónico: christopher.mayorga@ister.edu.ec



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Sangolquí, 30 de septiembre del 2024

MSc. Elizabeth Aldás
Directora de Posgrados
Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui
Presente

Por medio de la presente, yo, Luis Ney Zambrano Cevallos, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: ser autor del trabajo de titulación denominado " Implementación del sistema de bombeo mecánico lineal (LRP) pozo Bermejo Sur 14 para la producción crudo en el Bloque 49" de la Maestría Tecnológica En Extracción, Levantamiento y Tratamiento De Crudos Pesados; manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui 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,

Luis Ney Zambrano Cevallos
CI: 1309858015



**FORMULARIO PARA ENTREGA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN EN
BIBLIOTECA DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO
RUMIÑAHUI**

MAESTRÍA TECNOLÓGICA: EN EXTRACCIÓN, LEVANTAMIENTO Y
TRATAMIENTO DE CRUDOS PESADOS

AUTOR /ES:

Zambrano Cevallos Luis Ney

TUTOR:

Christopher Jonathan Mayorga Zambrano

CONTACTO ESTUDIANTE:

0994659943

CORREO ELECTRÓNICO:

luis.zambrano@ister.edu.ec

TEMA:

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO MECÁNICO LINEAL (LRP)
POZO BERMEJO SUR 14 PARA LA PRODUCCIÓN CRUDO EN EL BLOQUE 49.**

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El proyecto se basa en la implementación del Sistema de Bombeo Mecánico Lineal (SBLM) en el pozo Bermejo Sur 14, ubicado en el Bloque 49, con el objetivo principal de su implementación del sistema de bombeo mecánico lineal (LRP) al pozo Bermejo Sur 14 para la producción de su crudo en el Bloque 49. Este método es esencial para la extracción de petróleo en pozos que han perdido su presión natural. Consiste en una bomba sumergible conectada a una sarta de varillas que, a su vez, está unida a un motor en la superficie. El movimiento generado por el motor permite elevar el crudo desde el fondo del pozo hasta la superficie. El uso del Sistema de Bombeo Mecánico Lineal es clave para prolongar la vida útil de los equipos y mejorar la eficiencia en la producción del pozo Bermejo Sur 14 en el Bloque 49. En el Capítulo I se detalla la problemática de no contar con esta tecnología, mientras que el Capítulo II aborda los aspectos conceptuales del sistema. Finalmente, se concluye que la implementación del Sistema de Bombeo Mecánico Lineal presenta oportunidades para mejorar la producción de crudo en el Bloque 49.

El Cambio de sistema beneficia de forma notoria tanto en la productividad como en tiempos de mantenimiento y en consumo de energía de la planta.

**PALABRAS CLAVE:**

1. Mecánico lineal
2. Producción
3. Mecánico
4. Balancín
5. Diseño
6. Bloque
7. Varilla
8. Bomba
9. Optimización
10. Gas
11. Instalación
12. Monitoreo
13. Levantamiento

ABSTRACT:

The project is based on the implementation of the Linear Mechanical Pumping System (LMS) in the Bermejo Sur 14 well, located in Block 49, with the main objective of its implementation of the linear mechanical pumping system (LRP) to the Bermejo Sur 14 well for the production of its crude oil in Block 49. This method is essential for oil extraction from wells that have lost their natural pressure. It consists of a submersible pump connected to a string of rods which, in turn, is attached to a motor on the surface. The movement generated by the engine allows the crude oil to be lifted from the bottom of the well to the surface. The use of the Linear Mechanical Pumping System is key to extending the useful life of the equipment and improving the efficiency in the production of the Bermejo Sur 14 well in Block 49. Chapter I details the problem of not having this technology, while Chapter II addresses the conceptual aspects of the system. Finally, it is concluded that the implementation of the Linear Mechanical Pumping System presents opportunities to improve crude oil production in Block 49.

The change of system has a significant benefit in terms of productivity, maintenance times and energy consumption of the plant.

PALABRAS CLAVE:

1. Linear Mechanical
2. Production
3. Mechanic
4. Seesaw
5. Design
6. Block
7. Rod
8. Pum
9. Optimisation
10. Gas
11. Installation
12. Monitoring
13. Uprising



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Sangolquí, 30 de septiembre del 2024

MSc. Elizabeth Aldás
Directora de Posgrados
Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui
Presente.

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación denominado: Implementación del sistema de bombeo mecánico lineal (LRP) pozo Bermejo Sur 14 para la producción crudo en el Bloque 49 de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante Luis Ney Zambrano Cevallos, con documento de identificación No 1309858015, estudiante de la Maestría Tecnológica en Extracción, Levantamiento y Tratamiento de Crudos Pesados

El trabajo ha sido revisado las similitudes en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje máximo de 15%; motivo por el cual, el Trabajo de titulación es publicable.

Atentamente,

Luis Ney Zambrano Cevallos
CI: 1309858015



DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi hermana, cuyo apoyo incondicional fue pilar fundamental en este camino paso a paso. A nuestro padre celestial DIOS por permitirme culminar con éxitos la carrera, a todos los maestros por compartir su sabiduría en cada clase, y a todos aquellos que creyeron en mí, impulsándome a alcanzar el objetivo propuesto. ¡Gracias por todo!



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la buena salud y fortaleza para terminar este proyecto. A toda familia en especial a mi hermana Gaby por su amor, apoyo y toda la atención brindada en todo momento. A nuestros profesores y compañeros, por sus enseñanzas, consejos y colaboración. A la institución y a todos los que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de este trabajo, les extendiendo mis más sinceros agradecimientos. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XIII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Tema	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	4
1.4. Alcance	5
1.5. Objetivos.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
1. Bombeo mecánico con balancín	6
2. Factores que Influyen en el Desempeño del Bombeo Mecánico.....	8
3. Ventajas del Bombeo Mecánico con Balancín	9
4. Limitaciones del Bombeo Mecánico con Balancín	10
5. Innovaciones y Mejoras en el Bombeo Mecánico con Balancín.....	10
6. Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal.....	11
7. Aplicaciones típicas	13
8. Consideraciones importantes al seleccionar un sistema de bombeo mecánico lineal	13
CAPÍTULO III	14
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	14
1. Diseño.....	14
2. Tipo de Investigación	14
3. Método de Investigación.....	14

4.	Técnicas	15
CAPÍTULO IV		16
PROPUESTA		16
1.	DETALLAR LA TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA LA PRODUCCIÓN DEL POZO BERMEJO SUR-14, MINIMIZANDO LOS APAGADOS DEL POZO, REFLEJANDO LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL BLOQUE-49.	16
2.	ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO LRP (LINEAR ROD PUMP) INSTALADO EN EL POZO BERMEJO SUR-14 EN EL BLOQUE-49 EN COMPARACIÓN CON SISTEMA ANTERIOR INSTALADO (BOMBEO MECÁNICO BALANCÍN).	19
3.	POZO BERMEJO Sur-14.....	21
4.	ANÁLISIS DE EFECIVIDAD CON RESPECTO A LOS RECURSOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL INSTALADO EN EL POZO BERMEJO SUR – 14 EN EL BLOQUE -49.....	23
CAPÍTULO V		26
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		26
CONCLUSIONES.....		26
RECOMENDACIONES		27
BIBLIOGRAFÍA		28
ANEXOS		30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de Bermejo	5
Figura 2: Esquemático de la configuración de superficie y subsuelo de un sistema de bombeo mecánico convencional.....	6
Figura 3: Levantamiento artificial por bombeo mecánico	7
Figura 4: Vista del Pozo BS-14	16
Figura 5: Sistema de LRP.....	30
Figura 6: Vista de unidad LRP Único.....	30
Figura 7: Instalación de la base de la unidad LRP	30
Figura 8: Ajuste y fijación de la unidad	31
Figura 9: Izaje de la unidad	31
Figura 10: Ajuste y fijación de la unidad LRP sobre la base.....	31
Figura 11: Unidad LRP instalada	32
Figura 12: Gabinete con el Variador	32
Figura 13: Conexión eléctrica del motor AC de la unidad LRP.....	32
Figura 14: Instalación del protector de la barra lisa	33
Figura 15: Unidad LRP en funcionamiento.....	33
Figura 16: Soportes instalados en la base de la LRP® para disminuir la vibración de la unidad	33
Figura 17: Vista de la unidad LRP	34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de Bajo Api 31	22
Tabla 2: Reporte BS-14	34
Tabla 3: Datos de equipos.....	35
Tabla 4: Datos de la bomba del pozo BS-14	36

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Tema

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO MECÁNICO LINEAL (LRP) POZO BERMEJO SUR 14 PARA LA PRODUCCIÓN CRUDO EN EL BLOQUE 49.

La producción de petróleo es un proceso complejo que involucra diversas tecnologías y técnicas. Una de las más utilizadas en la industria petrolera es el Sistema de Bombeo Mecánico Lineal (SBLM). Este sistema se emplea principalmente en pozos que han perdido su presión natural y ya no fluyen por sí solos, siendo fundamental para mantener la producción de crudo y optimizar la recuperación de hidrocarburos. (Kermit E, 2018)

El Sistema de Bombeo Mecánico Lineal funciona mediante una bomba sumergible conectada a una sarta de varillas que, a su vez, se une a un motor en superficie. Al accionar el motor, se genera un movimiento alternativo que se transmite a través de las varillas hasta la bomba, la cual se encarga de elevar el crudo desde el fondo del pozo hasta la superficie. Esta tecnología ha demostrado ser altamente eficiente y versátil, adaptándose a una amplia variedad de condiciones de pozo y tipos de crudo. (Kermit E, 2018)

La implementación de un Sistema de Bombeo Mecánico Lineal en el pozo Bermejo Sur 14 para la producción de crudo en el Bloque 49, ofrece numerosos beneficios para la industria petrolera. En primer lugar, permite incrementar la producción de crudo en pozos que de otra manera quedarían inactivos, maximizando así la recuperación de hidrocarburos. Además, contribuye a prolongar la vida útil de los pozos, al ayudar a mantener la presión del yacimiento y a prevenir la formación de emulsiones y depósitos. Por otro lado, el Sistema de Bombeo Mecánico Lineal es relativamente flexible que puede adaptarse a diferentes condiciones de operación, lo que los convierte en una solución versátil para diversas aplicaciones en la producción de petróleo. (Mercedes M, 2018)

Sin embargo, la implementación de un Sistema de Bombeo Mecánico Lineal también presenta ciertos desafíos. Uno de los principales es el costo inicial, ya que la adquisición e instalación del equipo requieren una inversión significativa. Asimismo, es necesario considerar los costos asociados al mantenimiento y operación del sistema, como el consumo

de energía eléctrica, el reemplazo de componentes y las labores de inspección. Adicionalmente, la eficiencia del Sistema de Bombeo Mecánico Lineal puede verse afectada por factores como la corrosión, la formación de parafinas y la presencia de gases en el pozo. (Beck S, 2017)

1.2. Planteamiento del problema

En el último año se tuvo un incremento de daños de los equipos de levantamiento artificial mediante bombeo mecánico con balancín, ocasionado pérdidas de producción, altos gastos operacionales y reducción de vida útil de los equipos, estos eventos de apagados de pozos reflejan pérdidas de producción y altos costos de reparaciones de los equipos. El enfoque para el mejoramiento de esta problemática se basada en la implementación de un equipo de levantamiento artificial mediante un sistema de bombeo mecánico lineal (LRP) para el manejo de residuos sólidos, después del análisis de pre factibilidad realizado en el Bloque 49 Bermejo, la instalación de este sistema dando seguimiento permitirá mediante pruebas de producción y laboratorio validado la producción estimada y reducir el número de intervenciones por apagado del pozo, obteniendo una reducción gastos operativos con la aplicación de esta tecnología. (Kermit E, 2018)

El bombeo mecánico con balancín, si bien ha sido un método tradicional y confiable para la extracción de petróleo, presenta una serie de desafíos que limitan su eficiencia y rentabilidad en la producción actual. En primer lugar, la eficiencia energética de estos sistemas suele ser baja debido a las pérdidas mecánicas que se producen en las articulaciones, varillas y otros componentes. Esto se traduce en un mayor consumo de energía y, por consiguiente, en costos operativos más elevados. Además, las limitaciones de profundidad de estos sistemas son evidentes, especialmente en pozos profundos, donde la longitud de las varillas y el peso de la sarta pueden comprometer la eficiencia y generar fallas mecánicas. (Arias C, 2021)

Por otro lado, el bombeo mecánico con balancín es susceptible a una serie de fallas mecánicas, como el desgaste de componentes, la desalineación de las partes y la corrosión. Estas fallas pueden provocar paradas no programadas en la producción, generando pérdidas económicas significativas y aumentando los costos de mantenimiento. Asimismo, este tipo de sistemas requiere un mantenimiento frecuente y especializado, lo que incrementa los costos operativos y puede dificultar su operación en áreas remotas. (Clegg. J, 2019)

La implementación de un Sistema de Bombeo Mecánico Lineal (LRP) en pozos de crudo plantea varios desafíos científicos relacionados con la eficiencia operativa y la durabilidad de los equipos. Este sistema utiliza un pistón que se desplaza de forma lineal para extraer el petróleo, pero el desgaste mecánico y la corrosión representan problemas importantes, especialmente en pozos con fluidos corrosivos. La investigación en materiales más resistentes y recubrimientos anticorrosivos es esencial para mejorar la vida útil de los componentes y reducir los costos de mantenimiento, los cuales pueden aumentar si no se optimiza el rendimiento de los equipos.

Es la optimización del consumo energético del Sistema de Bombeo Mecánico Lineal. Este sistema consume una cantidad considerable de energía para mover el pistón, lo que puede limitar su eficiencia en pozos de baja producción o con crudo medianos con manejo de sólidos. Ajustar la velocidad del pistón y la longitud del ciclo de bombeo, en función de las características del pozo, es un desafío clave para maximizar la producción sin incrementar los costos operativos. El desarrollo de modelos de simulación avanzados que permitan predecir el comportamiento del bombeo bajo diversas condiciones es fundamental para enfrentar este reto.

Asimismo, la variabilidad en las características de cada pozo, como la profundidad y la presión del reservorio, complica la implementación del Sistema de Bombeo Mecánico Lineal. Un diseño estandarizado puede no ser eficiente en todos los pozos, por lo que es necesario investigar cómo personalizar los sistemas de bombeo para adaptarse a las condiciones específicas de cada uno. Esto incluye el desarrollo de tecnologías de monitoreo en tiempo real que permitan ajustar automáticamente los parámetros operativos del sistema para optimizar la producción y evitar fallos mecánicos.

Finalmente, la viabilidad económica del Sistema de Bombeo Mecánico Lineal debe ser evaluada cuidadosamente, considerando tanto los costos iniciales de instalación como los beneficios a largo plazo. Comparado con otros métodos de levantamiento artificial, el Sistema de Bombeo Mecánico Lineal debe demostrar su capacidad de aumentar la producción de crudo sin disparar los costos operativos. Además, el análisis del impacto ambiental del sistema, en términos de consumo energético y emisiones, es crucial para garantizar que su implementación sea sostenible y rentable a largo plazo.

1.3. Justificación

El sistema de bombeo mecánico lineal (SBLM) ha emergido como una alternativa atractiva y eficiente en la producción de crudo, especialmente en pozos con características específicas. A continuación, se presenta una justificación en cuatro párrafos de las ventajas que ofrece este sistema: En primer lugar, el sistema de bombeo mecánico lineal destaca por su mayor eficiencia energética en comparación con los sistemas de bombeo mecánico tradicionales. Al eliminar las articulaciones y los mecanismos de transmisión presentes en los balancines, se reducen las pérdidas por fricción, lo que conlleva un menor consumo de energía y, consecuentemente, menores costos operativos.

Además, el diseño lineal del SBLM facilita su instalación y mantenimiento, ya que requiere menos componentes y espacio en superficie. En segundo lugar, el sistema de bombeo mecánico lineal ofrece una mayor confiabilidad y menor tiempo de inactividad. La simplicidad de su diseño y la ausencia de componentes complejos reducen la probabilidad de fallas mecánicas. Asimismo, los sistemas de monitoreo y diagnóstico remoto permiten detectar y solucionar problemas de manera temprana, evitando paradas no programadas en la producción. Esta mayor confiabilidad se traduce en una mayor vida útil del equipo y en una producción más estable.

Por otra parte, el SBLM es especialmente adecuado para pozos con condiciones de producción desafiantes, como altas tasas de producción de sólidos o presencia de parafinas. Gracias a su diseño robusto y a la posibilidad de adaptar los componentes a las condiciones específicas del pozo, el SBLM puede operar de manera eficiente en entornos difíciles. Además, su capacidad para adaptarse a cambios en las condiciones del yacimiento lo convierte en una solución flexible y adaptable.

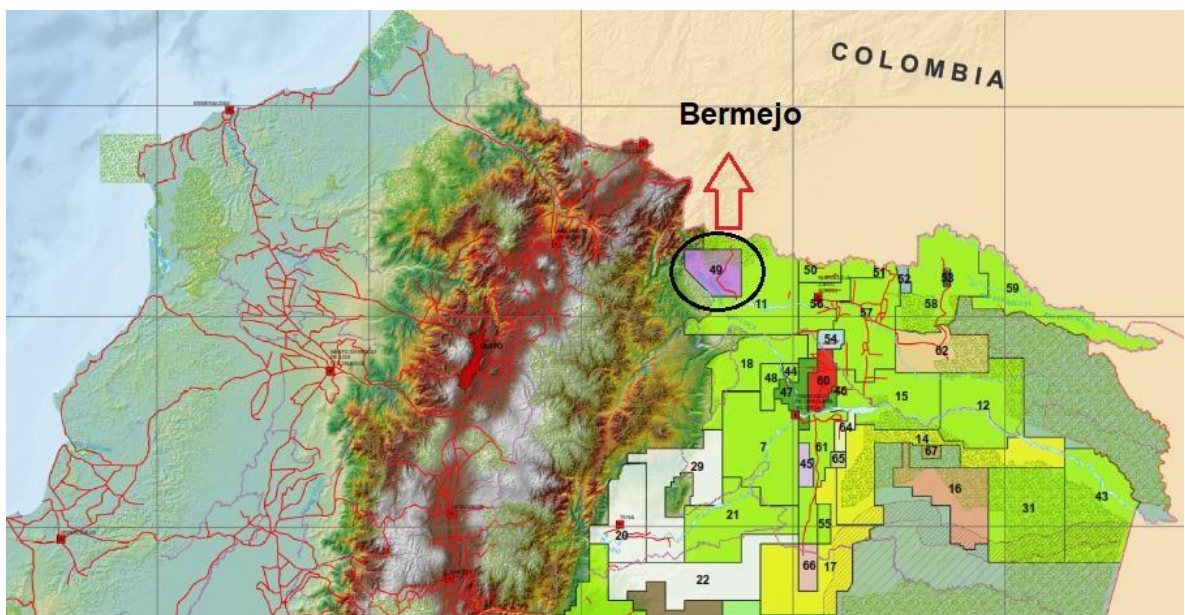
Finalmente, el sistema de bombeo mecánico lineal contribuye a una reducción del impacto ambiental. Al consumir menos energía y generar menos emisiones, este sistema contribuye a disminuir la huella de carbono de las operaciones de producción. Asimismo, su diseño modular facilita su transporte y desmontaje, lo que reduce los costos y el impacto ambiental asociados a las actividades de campo. En conclusión, el sistema de bombeo mecánico lineal representa una solución innovadora y sostenible para la producción de crudo, ofreciendo ventajas significativas en términos de eficiencia y confiabilidad.

1.4. Alcance

El propósito de la investigación que es una implementación de un Sistema de Bombeo Mecánico Lineal en vez del actual sistema de Bombeo Mecánico Balancín en el pozo Bermejo Sur 14 que ayudara a mantener la producción de crudo en el Bloque 49, evitando pérdidas de producción afectando los objetivos propuestos en el bloque 49.

Este método está dirigido con la finalidad de aprovechar al máximo la producción del crudo a través del sistema de Bombeo Mecánico Lineal LRP en el pozo Bermejo Sur 14.

Figura 1: Ubicación de Bermejo



Nota 1: Mapa del Ecuador tomado de (Hidrocarburos, 2019)

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Implementar sistema de bombeo mecánico lineal (LRP) al pozo Bermejo Sur 14 para la producción de su crudo en el Bloque 49.

1.5.2. Específicos

- Detallar la tecnología implementada para mejorar la movilidad el crudo de grado API 20° y minimizar los apagados de pozos, reflejando el mejoramiento de la producción del pozo Bermejo Sur-14 en el Bloque-49.
- Analizar el comportamiento de la eficiencia del equipo LRP (Linear Rod Pump) instalado en el pozo Bermejo Sur-14 en el Bloque-49 pozo productor de crudo

mediano de grado API 20° en comparación con sistema anterior instalado (Bombeo Mecánico Balancín).

- Recomendar la aplicación de esta tecnología a otros pozos del Bloque 49 Bermejo.

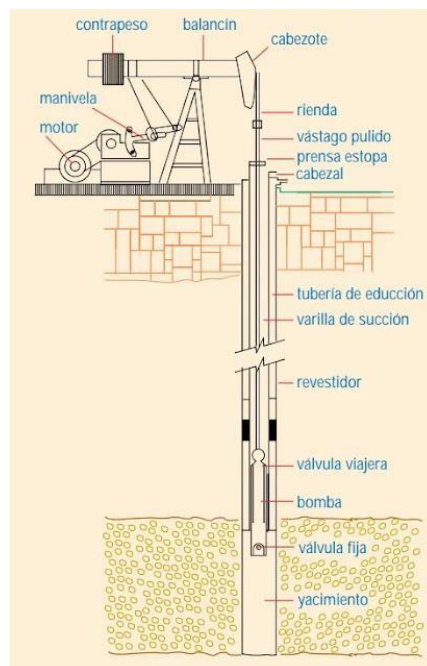
CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. Bombeo Mecánico con Balancín

El bombeo mecánico con balancín es uno de los métodos de levantamiento artificial más utilizados en la industria petrolera para la extracción de crudo desde yacimientos de baja presión o donde el flujo natural no es suficiente. Su simplicidad, robustez y capacidad para manejar diversas profundidades y tipos de crudo lo han convertido en un sistema clave para la producción de petróleo. (Mercedes M, 2018)

Figura 2: Esquemático de la configuración de superficie y subsuelo de un sistema de bombeo mecánico convencional.



Nota 2: Tomado de (Madrid, 2009)

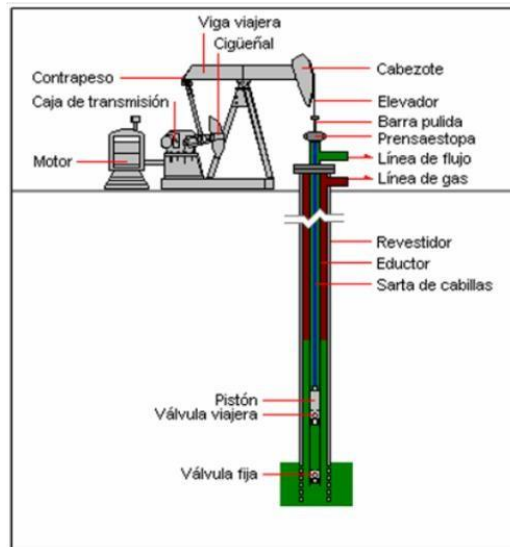
1.1. Principios Fundamentales del Bombeo Mecánico con Balancín

El bombeo mecánico con balancín se basa en la aplicación de una fuente de energía mecánica externa para levantar el crudo desde el fondo del pozo hasta la superficie. Funciona mediante la repetición de movimientos verticales de una bomba de varilla que se encuentra

instalada en el fondo del pozo. Este mecanismo es accionado por un equipo de superficie, que incluye el balancín, un motor y un sistema de transmisión. (Abarca E, 2019)

1.2. Componentes Principales

Figura 3: Levantamiento artificial por bombeo mecánico



Nota 3: Tomado de (Camargo, 2019)

- **Unidad de Balancín:** Es la estructura que se encarga de convertir el movimiento rotacional del motor en un movimiento alternativo de vaivén. El balancín tiene un diseño característico con forma de "cabeza de caballo", y su parte superior se balancea hacia arriba y hacia abajo, accionando la varilla de bombeo que transmite el movimiento a la bomba en el fondo del pozo. (Beck S, 2017)
- **Varilla de Bombeo:** Es una columna de varillas conectadas entre sí que descienden hasta la bomba subsuperficial. Su función es transmitir el movimiento del balancín a la bomba en el fondo del pozo. (Beck S, 2017)
- **Bomba subsuperficial:** Ubicada en la parte inferior del pozo, la bomba subsuperficial convierte el movimiento alternativo de la varilla en un movimiento de bombeo que permite la entrada del crudo y su ascenso hacia la superficie. Generalmente, la bomba consiste en un cilindro y un pistón que se mueven en sincronía con las varillas. (Beck S, 2017)
- **Motor y sistema de transmisión:** La energía proporcionada por el motor, ya sea eléctrico o a combustión, es transmitida a la unidad de balancín mediante un sistema

de engranajes y poleas, lo que genera el movimiento alternativo necesario para el bombeo. (Beck S, 2017)

1.3. Ciclo de bombeo

El ciclo de bombeo consta de dos fases principales:

- **Carrera descendente:** Durante esta fase, el balancín se inclina hacia abajo, lo que genera un movimiento descendente en la varilla de bombeo. El pistón de la bomba también se desplaza hacia abajo, permitiendo que el crudo ingrese a la cámara de la bomba a través de una válvula de admisión. (Mercedes M, 2018)
- **Carrera ascendente:** En esta fase, el balancín se mueve hacia arriba, impulsando la varilla en dirección ascendente. El movimiento del pistón hacia arriba cierra la válvula de admisión y abre la válvula de descarga, permitiendo que el crudo se eleve hacia la superficie. (Mercedes M, 2018)

2. Factores que Influyen en el Desempeño del Bombeo Mecánico

El rendimiento de un sistema de bombeo mecánico con balancín depende de varios factores que deben considerarse durante el diseño y la operación del sistema:

2.1. Profundidad del pozo

El bombeo mecánico es eficaz en pozos de profundidades variables, desde menos de 1000 pies hasta pozos de más de 10,000 pies. A medida que la profundidad aumenta, también lo hacen las fuerzas requeridas para mover la varilla y la bomba, lo que demanda un diseño adecuado del equipo para evitar el desgaste prematuro y las fallas. (Pons V, 2019)

2.2. Viscosidad del crudo

La viscosidad del crudo es un factor crítico en el rendimiento del bombeo. Crudos medianos, como aquellos con grado API bajo, presentan una mayor resistencia al flujo, lo que exige un mayor esfuerzo por parte del sistema de bombeo. En estos casos, se requiere optimizar la frecuencia de bombeo y la selección de materiales para las varillas y la bomba. (Pons V, 2019)

2.3. Relación gas-líquido

La presencia de gas en el pozo puede afectar la eficiencia del bombeo mecánico. El gas libre puede interferir con el ciclo de bombeo, reduciendo la capacidad de la bomba para transportar crudo. Para mitigar este efecto, se utilizan desgasificadores que separan el gas del crudo antes de que éste ingrese a la bomba. (Pons V, 2019)

2.4. Eficiencia volumétrica

La eficiencia volumétrica del sistema de bombeo se refiere a la capacidad de la bomba para mover el mayor volumen de crudo posible durante cada ciclo de bombeo. Factores como el desgaste de las varillas y la bomba, la presencia de sólidos y la acumulación de parafinas pueden reducir la eficiencia volumétrica con el tiempo. (Pons V, 2019)

3. Ventajas del Bombeo Mecánico con Balancín

El bombeo mecánico con balancín presenta varias ventajas que lo hacen una opción confiable y ampliamente utilizada en la industria petrolera:

3.1. Simplicidad operativa

El sistema de bombeo mecánico con balancín es sencillo de operar y mantener. La mayoría de los operadores en el campo están familiarizados con su funcionamiento, lo que facilita las labores de monitoreo y reparación. (Vidblain M, 2021)

3.2. Durabilidad

Los componentes del bombeo mecánico con balancín están diseñados para ser robustos y duraderos. El balancín en sí puede operar durante años con un mantenimiento adecuado, lo que minimiza los costos operativos a largo plazo. (Vidblain M, 2021)

3.3. Flexibilidad en una variedad de condiciones

Este sistema es versátil y puede adaptarse a pozos de diversas profundidades, crudos medianos con manejo de sólidos y condiciones de yacimiento. Su capacidad para manejar crudos medianos y pozos de baja presión lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones. (Vidblain M, 2021)

3.4. Optimización mediante tecnología

El uso de variadores de frecuencia y sistemas de control automatizado permite ajustar la velocidad de bombeo según las condiciones del pozo, optimizando el rendimiento del

sistema y reduciendo el desgaste. Esta tecnología también permite una mayor eficiencia energética y una reducción en los costos operativos. (Vidblain M, 2021)

4. Limitaciones del Bombeo Mecánico con Balancín

Aunque el bombeo mecánico con balancín es eficaz en muchos escenarios, presenta algunas limitaciones:

4.1. Profundidad limitada

Aunque el sistema puede operar en pozos profundos, a medida que la profundidad aumenta, también lo hacen las tensiones mecánicas sobre las varillas y la bomba. En pozos extremadamente profundos, el desgaste de los componentes puede ser considerable, lo que incrementa los costos de mantenimiento y reduce la vida útil del sistema. (Moises G, 2021)

4.2. Alta demanda de energía

El bombeo mecánico con balancín, particularmente en crudos medianos o pozos profundos, puede ser intensivo en consumo de energía, lo que aumenta los costos operativos. Las bombas y los motores deben estar dimensionados correctamente para evitar el uso excesivo de energía. (Moises G, 2021)

4.3. Sensibilidad al contenido de gas

El gas libre en el pozo puede causar una reducción en la eficiencia del sistema, al interferir con el ciclo de bombeo. La presencia de gas reduce la cantidad de crudo que puede ser transportada en cada ciclo, lo que impacta negativamente la producción. (Moises G, 2021)

5. Innovaciones y Mejoras en el Bombeo Mecánico con Balancín

En los últimos años, se han implementado varias mejoras tecnológicas en el bombeo mecánico con balancín para superar algunas de sus limitaciones y mejorar su eficiencia operativa:

5.1. Monitoreo en tiempo real

El monitoreo en tiempo real mediante sensores instalados en el pozo y en la superficie permite un control preciso del sistema de bombeo. Los operadores pueden ajustar la velocidad y el ciclo de bombeo en respuesta a cambios en las condiciones del pozo, optimizando la producción y reduciendo el desgaste del equipo. (García S, 2022)

5.2. Automatización y variadores de frecuencia

La integración de sistemas de control automatizados y variadores de frecuencia permite ajustar automáticamente el sistema de bombeo según la demanda de producción y las condiciones del pozo. Esto mejora la eficiencia energética y extiende la vida útil del equipo.

5.3. Materiales avanzados

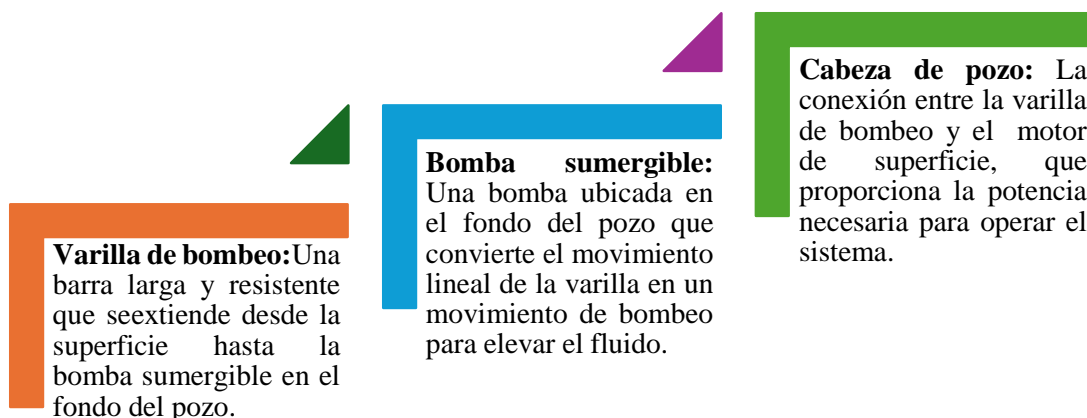
El uso de materiales resistentes a la corrosión y al desgaste, como aleaciones de acero de alta resistencia y polímeros avanzados para las varillas y bombas, ha mejorado significativamente la durabilidad y el rendimiento del bombeo mecánico con balancín en entornos difíciles, como pozos de crudo ácido o con alto contenido de sólidos. (García S, 2022)

6. Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal

Un sistema de bombeo mecánico lineal es un método de levantamiento artificial de fluidos (petróleo, gas y agua) desde un pozo hacia la superficie. A diferencia de los sistemas rotativos tradicionales (como las bombas centrífugas), los sistemas lineales utilizan un movimiento lineal recíprocante para elevar el fluido. (García S, 2022)

6.1. Componentes principales:

Ilustración 1: Componentes principales.



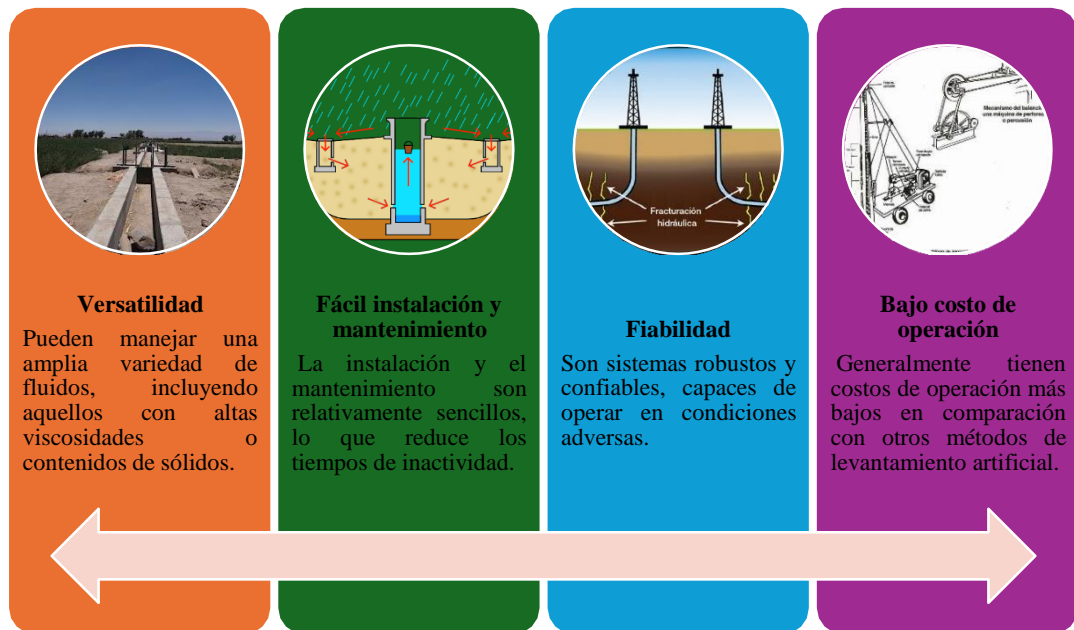
Nota 4: Varrilla de bombeo, bomba sumergible y cabeza de pozo elaborado por Ney Zambrano, 2024

6.2. Funcionamiento del Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal

1. **Movimiento lineal:** El motor de superficie mueve la varilla de bombeo hacia arriba y hacia abajo en un movimiento lineal.
2. **Bombeo en el fondo:** La bomba sumergible, conectada a la varilla, convierte este movimiento lineal en un movimiento de bombeo, creando una succión que eleva el fluido hacia la superficie.
3. **Válvulas:** Las válvulas dentro de la bomba se abren y cierran en sincronía con el movimiento de la varilla para permitir que el fluido ingrese a la bomba y sea expulsado hacia la superficie.

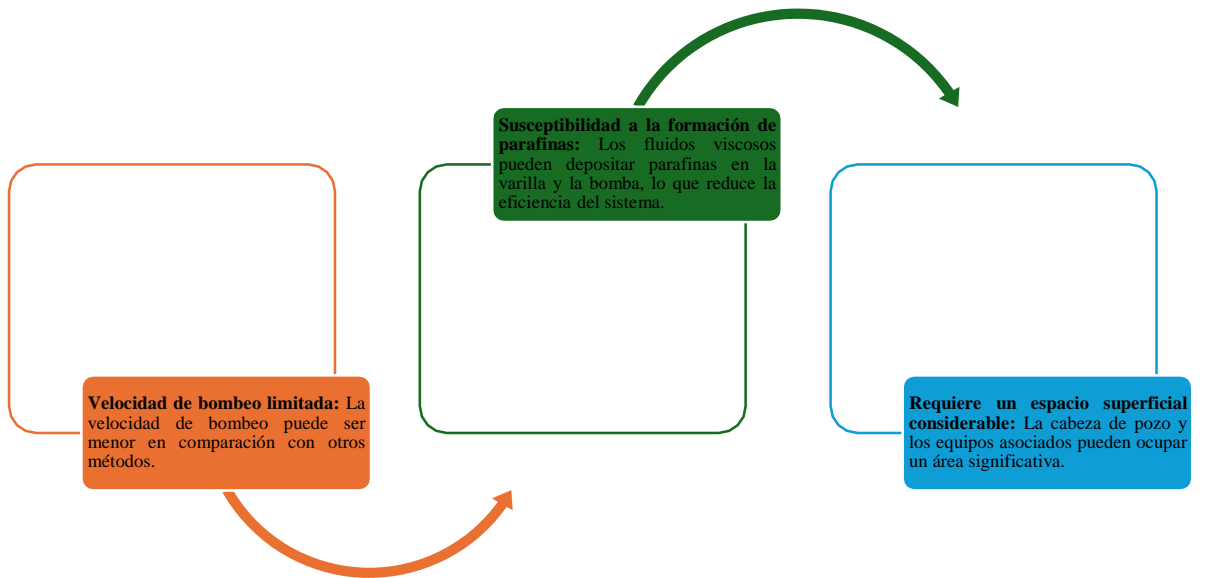
6.3. Ventajas de los sistemas de bombeo mecánico lineal

Ilustración 2: Ventaja de los sistemas de bombeo lineal



6.4. Desventajas de los sistemas de bombeo mecánico lineal:

Ilustración 3: Desventajas de los sistemas de bombeo mecánico lineal



Nota 6: Elaborado por Autor, 2024

7. Aplicaciones típicas

- **Pozos de baja producción:** Son ideales para pozos con bajos caudales.
- **Fluidos viscosos:** Pueden manejar fluidos con alta viscosidad y contenido de sólidos.
- **Pozos con problemas de parafina:** Aunque son susceptibles a la formación de parafinas, se pueden implementar tratamientos para mitigar este problema.
- **Pozos profundos:** Pueden ser utilizados en pozos de gran profundidad.

8. Consideraciones importantes al seleccionar un sistema de bombeo mecánico lineal

- **Características del fluido:** densidad, contenido de sólidos y corrosividad.
- **Profundidad del pozo:** La profundidad del pozo determinará la longitud de la varilla y la potencia requerida.
- **Producción deseada:** El caudal requerido influirá en la selección de la bomba y la velocidad de bombeo.

- **Condiciones del yacimiento:** La presión del yacimiento, la temperatura y la presencia de gas libre afectarán el diseño del sistema.

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

1. Diseño

El diseño de un SBLM involucra un enfoque multidisciplinario que combina ingeniería mecánica, petrolera y de control. Se emplean herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para modelar y simular el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de operación. El diseño óptimo de un SBLM considera factores como la profundidad del pozo, las características de manejos de sólidos, la tasa de producción deseada y las restricciones impuestas por el entorno. Se realizan análisis de elementos finitos para evaluar la resistencia de los componentes y optimizar su diseño. Además, se utilizan simuladores de sistemas dinámicos para predecir el comportamiento del sistema en condiciones reales y ajustar los parámetros de control.

2. Tipo de Investigación

La investigación en SBLM se centra en mejorar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de estos sistemas. Los estudios pueden abarcar desde la optimización de los parámetros de operación hasta el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías. Algunos ejemplos de investigaciones incluyen: el análisis de la dinámica de fluidos en la bomba sumergible, el desarrollo de modelos matemáticos para predecir la vida útil de los componentes, la evaluación del impacto de los cambios en las condiciones del pozo en el desempeño del sistema, y la implementación de sistemas de monitoreo y diagnóstico remoto. Las metodologías de investigación utilizadas pueden incluir experimentos de laboratorio, simulaciones numéricas, pruebas de campo y análisis de datos históricos.

3. Método de Investigación

- **Método Analítico:** El método analítico es predominante en la investigación de SBLM. Este enfoque implica descomponer el sistema en sus componentes individuales para estudiar su funcionamiento y las interacciones entre ellos. Los ingenieros analizan los datos obtenidos de sensores y simulaciones para identificar patrones, tendencias y posibles problemas. Por ejemplo, se

analizan los datos de presión y caudal para evaluar la eficiencia de la bomba, o se analizan los datos de vibración para detectar posibles fallas en los componentes mecánicos.

- **Método Inductivo:** Aunque en menor medida, el método inductivo también se aplica en la investigación de SBLM. A partir de la observación de datos y resultados experimentales, se pueden generar hipótesis sobre el comportamiento del sistema. Por ejemplo, si se observa una disminución en la producción de un pozo equipado con un SBLM, se pueden formular hipótesis sobre las posibles causas, como la formación de parafinas, la erosión de la bomba o un problema en la sarta de varillas. Estas hipótesis luego pueden ser verificadas mediante experimentos adicionales o simulaciones numéricas.

4. Técnicas

Revisión Bibliográfica: La revisión bibliográfica es fundamental para conocer el estado del arte en la investigación de SBLM. Permite identificar las principales investigaciones realizadas, las brechas de conocimiento existentes y las tendencias actuales. A través de la revisión de artículos científicos, tesis, patentes y otros documentos relevantes, los investigadores pueden obtener información sobre los diseños de SBLM existentes, los materiales utilizados, las técnicas de modelado y simulación, y los resultados de pruebas experimentales.

Observación: La observación directa de los SBLM en operación es una técnica valiosa para recopilar datos cualitativos y cuantitativos. En el cual se observa el comportamiento del sistema, identificar problemas operativos y evaluar la eficiencia del sistema. La observación puede ser realizada de forma directa en el campo o a través de sistemas de monitoreo remoto. Los datos recopilados durante la observación pueden ser utilizados para validar los modelos numéricos y para identificar áreas de mejora en el diseño y operación de los SBLM.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

1. DETALLAR LA TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA LA PRODUCCIÓN DEL POZO BERMEJO SUR-14, MINIMIZANDO LOS APAGADOS DEL POZO, REFLEJANDO LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL BLOQUE-49.

La extracción de crudo de grado API 20° en la producción del pozo Bermejo Sur-14 del Bloque-49, presenta desafíos operativos que requieren tecnologías especializadas para mantener la producción del pozo. A continuación, se detallan las tecnologías implementadas para lograr este objetivo:

Figura 4: Vista del Pozo BS-14



Nota 7: Foto tomada del pozo BS-14 por el autor

1.1. Preparación del Pozo

- ✓ **Limpieza del pozo:** Se realiza una limpieza completa del pozo para eliminar cualquier obstrucción, sedimentos o incrustaciones que puedan afectar el funcionamiento del sistema.
- ✓ **Instalación de tubería de producción:** Si es necesario, se instala una nueva tubería de producción con las dimensiones adecuadas para el Sistema de Bombeo Mecánico Lineal Bermejo Sur-14 del Bloque-49.

- ✓ **Realización de registros:** Se realizan registros de pozo (gamma ray, densidad, sónico, etc.) para verificar las condiciones del pozo y ajustar el diseño del sistema si es necesario.

1.2. Instalación del Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal Bermejo Sur-14 del Bloque-49.

- ✓ **Preparación de la superficie:** Se construye una plataforma de bombeo sólida y nivelada, se instalan los equipos de superficie (motor, actuador lineal, variador de frecuencia, etc.) y se realizan las conexiones eléctricas y mecánicas.
- ✓ **Bajada de la sarta de varillas:** Se baja la sarta de varillas al pozo de manera controlada, utilizando equipos de izaje adecuados.
- ✓ **Instalación de la bomba sumergible:** Se instala la bomba sumergible en el fondo del pozo, asegurando su correcta alineación y fijación.
- ✓ **Conexión de la tubería:** Se conecta la tubería de producción al cabezal de pozo y se sellan todas las conexiones para evitar fugas.
- ✓ **Pruebas de funcionamiento:** Se realizan pruebas de funcionamiento a baja velocidad para verificar la correcta operación del sistema y detectar posibles problemas.

1.3. Puesta en Marcha el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal Bermejo Sur-14 del Bloque-49.

Una vez instalado el sistema de bombeo mecánico lineal, se realizan una serie de pruebas para verificar su correcto funcionamiento antes de iniciar la producción de crudo a plena capacidad:

- ✓ **Inicio gradual:** Se inicia la producción de manera gradual, aumentando gradualmente la velocidad del motor para evitar daños en el equipo. En la cual se ejecuta una primera prueba de rendimiento que son las pruebas iniciales de bombeo para medir el desempeño del sistema en términos de velocidad de bombeo, presión, y eficiencia volumétrica. Se verifican los sensores y sistemas de control para garantizar que el equipo esté funcionando dentro de los parámetros de diseño.

- ✓ **Monitoreo continuo:** Se monitorean los parámetros de operación del sistema (presión, caudal, potencia, temperatura) de manera continua para detectar cualquier anomalía. Por la cual se realizará la prueba de monitoreo que es el sistema de monitoreo en tiempo real se calibra y verifica, asegurándose de que los datos del pozo sean precisos y que los operadores puedan realizar ajustes en el sistema a distancia si es necesario.
- ✓ **Ajustes:** Se realizan ajustes en los parámetros de operación si es necesario para optimizar el rendimiento del sistema. Se procede a realizar la prueba de carga se ajusta la velocidad de bombeo para observar cómo responde el sistema bajo diversas cargas, asegurando que las varillas de bombeo no se sobrecarguen y que la bomba subsuperficial pueda manejar el flujo de crudo sin problemas.

1.4. Operación y Monitoreo Continuo el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal Bermejo Sur-14 del Bloque-49.

Una vez que el sistema está en operación, se debe llevar a cabo un monitoreo constante para garantizar que el rendimiento sea óptimo y que se minimicen los apagados del pozo:

Monitoreo en tiempo real: El sistema de control automático debe estar en constante operación, ajustando parámetros como la velocidad de bombeo, la longitud de carrera, y la frecuencia de bombeo según las condiciones del pozo. Se monitorean indicadores clave como la producción diaria de crudo, la presión en el pozo y las cargas en la varilla de bombeo.

Mantenimiento predictivo: Con el uso de tecnologías de monitoreo, es posible implementar un plan de mantenimiento predictivo, donde el equipo es inspeccionado y reparado antes de que ocurra una falla. Esto minimiza las interrupciones en la producción y reduce los costos asociados con el mantenimiento reactivo.

Optimización de la producción: A medida que se recopilan datos durante la operación, se pueden ajustar el sistema de LRP para maximizar la producción de crudo. Esto incluye modificar la frecuencia de bombeo o ajustar la velocidad del motor lineal en respuesta a cambios en la presión del yacimiento.

1.5. Plan de Mantenimiento el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal Bermejo Sur-14 del Bloque-49.

Para garantizar la continuidad y la eficiencia del sistema de bombeo mecánico lineal, se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo. Las principales actividades de mantenimiento incluyen:

- **Inspección periódica de las varillas de bombeo:** Es importante inspeccionar las varillas de bombeo para detectar cualquier signo de desgaste o corrosión. El reemplazo oportuno de componentes desgastados puede evitar fallas mayores.
- **Revisión de la bomba subsuperficial:** Las bombas pueden requerir mantenimiento periódico, especialmente si están expuestas a fluidos con alto contenido de sólidos o gas. El mantenimiento de la bomba incluye la limpieza y el reemplazo de válvulas y sellos desgastados.
- **Calibración de sensores y sistemas de control:** Los sistemas de monitoreo y control deben ser recalibrados periódicamente para asegurar que los datos reflejan las condiciones reales del pozo.

2. ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO LRP (LINEAR ROD PUMP) INSTALADO EN EL POZO BERMEJO SUR-14 EN EL BLOQUE-49 EN COMPARACIÓN CON SISTEMA ANTERIOR INSTALADO (BOMBEO MECÁNICO BALANCÍN).

El bombeo mecánico es una de las técnicas más utilizadas para la extracción de petróleo en pozos de baja presión, y existen dos sistemas principales que destacan: el sistema de bombeo lineal (Linear Rod Pump - LRP) y el bombeo mecánico de balancín. A continuación, se presenta un análisis comparativo de la eficiencia de ambos sistemas en términos de operación, costos, mantenimiento, espacio, y aplicabilidad en diversos entornos de producción.

2.1. Principio de Funcionamiento

- **El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** El sistema LRP utiliza un motor que genera un movimiento lineal en lugar de rotativo, lo que permite que la bomba de subsuelo funcione mediante el desplazamiento directo del vástago

en línea recta. Este sistema prescinde del uso de un balancín o brazo oscilante, lo que le otorga una operación más compacta y eficiente.

- **Bombeo Mecánico de Balancín:** Este sistema clásico consiste en un balancín que realiza un movimiento oscilante para mover la columna de varillas. El motor impulsa un mecanismo de biela-manivela que convierte el movimiento rotativo en un movimiento alternativo de subida y bajada. El movimiento oscilante genera un "cabeceo" en la unidad de superficie que acciona la bomba en el fondo del pozo.

2.2. Eficiencia Energética

- **El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** En el caso del LRP, la eficiencia energética es superior debido a la eliminación del mecanismo de conversión rotativo-oscilante. Esto reduce la pérdida de energía asociada a las partes móviles adicionales, optimizando el uso del motor. Como resultado, el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal requiere menos energía para accionar la bomba, lo que reduce los costos operativos a largo plazo.
- **Bombeo Mecánico de Balancín:** El sistema de balancín, aunque probado y confiable, presenta mayor pérdida de energía debido a la conversión mecánica de movimiento. El motor tiene que accionar una serie de componentes (engranajes, ejes y brazos oscilantes), lo que genera mayor fricción y desgaste. Esto disminuye su eficiencia en comparación con el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal.

2.3. Costo de Instalación y Mantenimiento

- **El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** El LRP tiene un menor costo inicial en términos de instalación debido a su diseño más compacto y a que requiere menos componentes mecánicos. Además, el mantenimiento es reducido, ya que, al no tener balancines o mecanismos oscilantes, las piezas móviles expuestas al desgaste son menores. Esta simplicidad también disminuye las paradas por mantenimiento y el tiempo de inactividad.
- **Bombeo Mecánico de Balancín:** Los sistemas de balancín, aunque robustos, presentan mayores costos de instalación debido a la necesidad de una estructura más grande y compleja. El mantenimiento de estos sistemas puede

ser más frecuente y costoso, ya que los componentes del balancín, las bielas y otros mecanismos requieren lubricación y reemplazo con el tiempo.

2.4. Espacio Requerido y Flexibilidad de Instalación

- **El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** El bombeo lineal tiene una huella más pequeña en la superficie debido a la ausencia del balancín y la estructura elevada. Esto lo hace ideal para campos petroleros con restricciones de espacio o donde es importante reducir el impacto visual y ambiental. Además, su diseño compacto facilita la instalación en pozos cercanos a comunidades o en áreas con normativas estrictas de uso del suelo.
- **Bombeo Mecánico de Balancín:** Estos sistemas requieren más espacio debido a la estructura voluminosa del balancín. La instalación en áreas urbanas o espacios limitados puede ser más difícil y costosa. También tienen un mayor impacto visual, lo que en algunos casos puede ser un factor negativo en la toma de decisiones para su implementación.

3. Pozo Bermejo Sur-14

El pozo bermejo sur-14 está a 3754 pies (1144,219 metros) de profundidad está reconocido a ser un pozo somero, el crudo que produce es mediano de grado API 20°

- **El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** El sistema LRP es particularmente eficiente en pozos de crudo mediano y en aplicaciones donde se necesita un control más preciso del bombeo. Gracias a su diseño lineal, puede adaptarse fácilmente a las variaciones en la producción y las condiciones del pozo, ajustando el ciclo de bombeo de manera más flexible y eficiente. El LRP también es ideal para pozos de mediana profundidad.
- **Bombeo Mecánico de Balancín:** Aunque el bombeo mecánico de balancín es capaz de manejar pozos profundos y crudo mediano, su eficiencia se reduce a mayores profundidades debido al peso adicional que el sistema tiene que levantar y al desgaste que esto genera en el mecanismo de varillas. En pozos más profundos, el mantenimiento es más frecuente y la vida útil del equipo puede reducirse.

3.1. Aplicaciones Específicas y Versatilidad

- **El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** El LRP es más versátil en términos de ajuste y personalización para pozos específicos. Su capacidad para regular de forma precisa la velocidad y la fuerza del bombeo permite una mayor adaptabilidad en pozos con variaciones de producción, especialmente aquellos con crudo mediano con manejo de sólidos. Además, su diseño más silencioso lo hace más adecuado para áreas sensibles.
- **Bombeo Mecánico de Balancín:** El bombeo de balancín sigue siendo una solución muy confiable para pozos de profundidad moderada y condiciones estándar de crudo. Sin embargo, su capacidad de ajuste es más limitada en comparación con el LRP, y su adaptación a pozos que requieran cambios rápidos en el rendimiento no es tan flexible.

Actualmente las condiciones de la extracción de BFPD, BPPD bajo API 20° mediante evaluaciones contra tanque del pozo Bermejo Sur 14 son:

Tabla 1: Producción de Bajo Api 20

HISTORIAL DE PRODUCCIÓN BAJO API 20°				
Año	FECHA	BFPD	BPPD	Método
2019	Junio-Diciembre	40	35	C-TK
2020	Enero-Diciembre	35	33	C-TK
2021	Enero-Diciembre	20	17	C-TK
2022	Enero-Diciembre	10	10	C-TK
2023	Enero-Junio	12	12	C-TK

Nota 8: Tabla de producción promedio anual elaborada por el autor

3.2. Durabilidad y Fiabilidad

- **El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** Si bien el LRP es eficiente y tiene un menor costo de mantenimiento, al ser una tecnología más moderna, su longevidad y durabilidad en condiciones extremas aún se están evaluando en comparación con el bombeo de balancín.
- **Bombeo Mecánico de Balancín:** Este sistema ha demostrado una gran durabilidad a lo largo de décadas de uso en la industria petrolera. Su diseño robusto lo hace confiable, especialmente en entornos donde el mantenimiento

es más complicado, aunque a costa de mayores requerimientos energéticos y de espacio.

3.3. Análisis Comparativo

El Sistema de Bombeo Mecánico Lineal se destaca por su eficiencia energética, reducción de costos de mantenimiento, y su versatilidad en espacios limitados y pozos de crudo mediano con manejo de sólidos. Su diseño más compacto y control preciso lo convierten en una opción más moderna y adecuada para aplicaciones donde el espacio y la energía son limitantes. Por otro lado, el bombeo mecánico de balancín sigue siendo una opción confiable y duradera, especialmente en pozos de condiciones estándar, pero presenta desventajas en términos de consumo de energía, espacio requerido y costos de mantenimiento.

La implementación de un sistema de levantamiento artificial es crucial para la producción de petróleo en pozos con baja presión natural o crudo medianos con manejo de sólidos. A continuación, se detalla un análisis económico sobre la eficiencia y beneficios de instalar un sistema de levantamiento artificial en un pozo, considerando tanto los aspectos de inversión inicial como los ahorros y el impacto en la producción a lo largo del ciclo de vida del pozo.

4. Análisis de Efectividad con Respecto a los Recursos en la Implementación del Sistema de Levantamiento Artificial Instalado en el Pozo Bermejo Sur – 14 en el Bloque -49.

La implementación de un sistema de bombeo mecánico lineal (Linear Rod Pumping, LRP) en la producción de crudo es una inversión significativa que impacta tanto los costos iniciales como los costos operativos a lo largo del ciclo de vida del pozo. Este análisis económico abordará los siguientes aspectos clave: inversión inicial, costos operativos, costos de mantenimiento.

4.1. Consumo de Energía

El consumo de energía de un sistema de Bombeo Mecánico Lineal es generalmente más bajo que los de un sistema de bombeo con balancín, debido a su mayor eficiencia energética y la automatización del control del pozo.

El Sistema de Bombeo Mecánico Lineal utiliza motores eléctricos más eficientes en comparación con los motores mecánicos tradicionales. Dependiendo de la profundidad del pozo y la tasa de producción, el consumo eléctrico mensual puede ser un 20-30% menor en comparación con un sistema de balancín. Esto puede suponer un ahorro significativo, especialmente en campos petroleros con tarifas energéticas altas. En términos generales, se espera que los costos de energía se sitúen en torno a \$2,000 - \$3,500 USD mensuales, en lugar de los \$4,000 USD que implicaría un sistema de balancín tradicional.

Monitoreo y Ajustes Automáticos: el Sistema de Bombeo Mecánico Lineal permite una mayor automatización, lo que reduce la necesidad de intervención manual y de personal en el sitio. El monitoreo remoto y la capacidad de realizar ajustes automáticos a la velocidad y la longitud de carrera del bombeo reducen el tiempo de inactividad y los costos laborales, con un ahorro estimado de entre 10% y 15% en comparación con los sistemas tradicionales.

4.2. Costos Operativos Estimados

- **Reducción en costos y monitoreo:** Reducción del 10%-15% en comparación con sistemas tradicionales.

4.3. Mantenimiento

El mantenimiento es un factor crítico en cualquier sistema de bombeo, y el sistema el Sistema de Bombeo Mecánico Lineal ofrece ventajas clave en términos de menores costos de mantenimiento debido a su diseño simple y a la reducción del desgaste en los componentes principales.

- **Frecuencia de mantenimiento:** El sistema de bombeo mecánico lineal tiene menos partes móviles que los sistemas de bombeo con balancín, lo que reduce el desgaste y la frecuencia de reemplazo de componentes. La necesidad de realizar paradas para mantenimiento puede reducirse en un 30% a 40%, lo que implica menos tiempo de inactividad del pozo y menores costos de reemplazo de equipos.
- **Costo de reemplazo de piezas:** Los componentes más susceptibles a fallas, como las varillas de bombeo y las bombas subsuperficiales, presentan costos de mantenimiento relativamente bajos. Las varillas de bombeo y la bomba subsuperficial en el Sistema de Bombeo Mecánico Lineal tienen una mayor

vida útil debido a la naturaleza del movimiento lineal, lo que reduce el número de intervenciones necesarias. El costo de mantenimiento anual estimado para el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal es de \$5,000 - \$7,000 USD, en comparación con los \$10,000 USD de un sistema de balancín.

4.3.1. Mantenimiento Estimados:

- **Mantenimiento anual del Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal:** \$5,000 - \$7,000 USD
- **Ahorro en mantenimiento comparado con sistema de balancín:** 30% - 40% menos

4.4. Beneficios a Largo Plazo

El Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal genera beneficios a largo plazo que justifican la inversión inicial. Estos incluyen:

- **Incremento de la producción:** La mayor eficiencia del el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal en el manejo de crudo y en pozos de baja presión se traduce en un incremento de producción del 10% al 20%, lo que puede aumentar significativamente los objetivos anuales del campo. Si un pozo con un sistema tradicional produce alrededor de 14 barriles por día, un el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal podría aumentar esa producción a 20 barriles por día acumulando mensual 600 mbbbls o 7200 barriles al año. A precios de crudode \$70 USD por barril, este aumento en la producción puede representar \$70,000 - \$140,000 USD adicionales anualmente. Actualmente la extracción de crudo del pozo es de 8 barriles diarios lo que incrementaría a 12 barriles diarios
- **Reducción de apagados de pozo:** el Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal tiene la capacidad de operar de manera más eficiente en condiciones adversas, reduciendo la frecuencia de apagados del pozo y maximizando el tiempo de producción. Esto reduce las pérdidas relacionadas con la inactividad del pozo, mejorando la estabilidad de la producción y los ingresos.
- **Reducción de costos energéticos:** La eficiencia energética del Sistemas de Bombeo Mecánico Lineal implica una reducción de entre \$12,000 y \$18,000

USD anuales en costos eléctricos en comparación con sistemas de bombeo con balancín.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La tecnología implementada en el pozo Bermejo Sur 14 en el Bloque 49 están enfocada para la producción de su crudo de grado API 20° reduciendo los apagados del pozo y evitando pérdidas de producción. Esta tecnología combinada garantiza la eficiencia en la extracción de crudo mediano, manteniendo la productividad de petróleo del pozo. El sistema de bombeo mecánico lineal es una tecnología esencial para seguir innovar en el Bloque 49 aplicando en otros pozos aledaños, ofreciendo una solución eficiente y confiable para el levantamiento artificial que se aplica para la explotación de crudo del Campo Bermejo. Su versatilidad, fiabilidad y bajo costo de operación la convierte la mejor opción para cambiar el sistema de balancín a sistema bombeo mecánico lineal LRP.
- El análisis económico muestra que la implementación de un sistema de levantamiento artificial mediante bombeo mecánico lineal LRP, aunque requiere una inversión inicial considerable, genera beneficios significativos en términos de aumento de la producción, reducción de apagados y optimización de costos operativos. La implementación de un sistema de bombeo mecánico lineal en el pozo Bermejo Sur 14 para la producción de crudo representa una inversión económica que puede generar ahorros significativos y aumentar la eficiencia operativa a largo plazo. Aunque los costos iniciales pueden ser más elevados que los de un sistema de bombeo tradicional, los beneficios en términos de mayor producción, menores costos de energía y reducción de apagados y mantenimiento justifican el costo en un período relativamente corto.
- Con la tecnología nueva la producción incrementó de 2880 BPPD a 4320 BPPD con respecto al sistema anterior, la aplicación de este sistema implementado ha logrado mantener e incrementar significativamente la producción y reduciendo costos de energía.

RECOMENDACIONES

- Su implementación requiere espacio físico reducido (Conectado en el tubing o Casing del pozo) evitando el costo de la Losa de concreto o base metálica que se usa en la Instalación de la Unidad Convencional. Va instalado directamente sobre el cabezal del pozo.
- El equipo cuenta con un variador a través del uso de un variador de velocidad de flujo vectorial que genera la carta dina gráfica sin la necesidad de uso de celdas de carga y posición, tanto de superficie como de fondo, sin necesidad de parada del equipo.
- Definir pozos con baja productividad para implementar la unidad Linear Rod Pump (LRP) ya que este es un sistema con bajos costos operativos y de inversión con relación al Balancín tradicional.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca E. (2019). *Sistema de Levantamiento de Bombeo Mecánico*. Guayaquil-Ecuador: Vol.1. Obtenido de file:///C:/Users/ACER%20-%20i5/Downloads/Articulo%20de%20Tesis%20MONTOYA_unlocked.pdf
- Arias C. (2021). *Estudio del fluido de completación y reacondicionamiento en pozos del Bloque Tarapoa para prevenir y minimizar el daño de formación*. Quito: Latina. Obtenido de <http://www.portaldelpetroleo.com/2009/06/bombeomecanico-diseno.html>
- Beck S. (2017). *Sistema de Levantamiento con Varillas Reciprocante*. Houston, Texas: Ed.Vol.
- Camargo, E. (15 de Febreo de 2019). *Modelados de pozos de producción por bombeo mecánico utilizando técnicas de computación inteligente*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5075/507567854007/html/>
- Clegg, J. (2019). *Levantamiento Artificial*. Perú : Lift Methods. .
- Garcia S. (2022). *Rediseño de una estructura de un equipo de bombeo lineal*. Quito: Latina.
- Hidrocarburos, M. d. (2019). *MAPA DE BLOQUES PETROLEROS DEL ECUADOR CONTINENTAL*. Obtenido de <https://s3.amazonaws.com/rgi-documents/03e488b4c74e9c6a16fe3db8751c23ad47645839.pdf>
- Kermit E. (2018). *The Technology of Artificial Lift Methods*. (Vol 2a.Tulsa, Ed.) Quito: Latina. Obtenido de [file:///C:/Users/ACER%20-%20i5/Downloads/CD-6299_unlocked%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ACER%20-%20i5/Downloads/CD-6299_unlocked%20(1).pdf)
- Madrid, M. (27 de Junio de 2009). *Portal del Petróleo*. Obtenido de <https://portaldelpetroleo.com/bombeo-mecanico-diseno/>
- Mercedes M. (2018). *Aplicación del Cambio de Sistema de Levantamiento Artificial a Bombeo Mecánico en el Campo Sacha*. Sacha-Rio Napo, Orellana, Ecuador,,: System Overview. Obtenido de file:///C:/Users/ACER%20-%20i5/Downloads/Articulo%20de%20Tesis%20MONTOYA_unlocked.pdf

-
- Moises G. (2021). *An improved model for sucker rod pumping*. Sangolqui: Hispana. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4778/1/UPSE-TIP-2019-0003.pdf>
- Pons V. (2019). *Optimal Stress Calculations for sucker rod pumping systems*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Vidblain M. (2021). *Diagnostico de fallas y optimizacion del bombeo mecanico*. Universidad Industrial de Santander: Bucaramanga. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4778/1/UPSE-TIP-2019-0003.pdf>

ANEXOS

Figura 5: Sistema de LRP



Nota 9: Vista de unidad LRP Fuente: Eppetroecuador

Figura 6: Vista de unidad LRP Único



Nota 10: Fuente Eppetroecuador

Figura 7: Instalación de la base de la unidad LRP



Nota 11: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 8: Ajuste y fijación de la unidad



Nota 12: Elaborado por equipo Eppetroecuador

Figura 9: Izaje de la unidad



Nota 13: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 10: Ajuste y fijación de la unidad LRP sobre la base.



Nota 14: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 11: Unidad LRP instalada



Nota 15: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 12: Gabinete con el Variador



Nota 16: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 13: Conexión eléctrica del motor AC de la unidad LRP.



Nota 17: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 14: Instalación del protector de la barra lisa.



Nota 18: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 15: Unidad LRP en funcionamiento



Nota 19: Elaborado por Eppetroecuador

Figura 16: Soportes instalados en la base de la LRP para disminuir la vibración de la unidad



Nota 20: Figurada tomada de Eppetroecuador

Figura 17: Vista de la unidad LRP

Nota 21: Foto del pozo BS-14

Tabla 2: Reporte BS-14

Fecha	Arena	Sitio Producción	Bfpd	Bsw	Bppd	Bapd	Api	Prod. Gas	GOR
29-sep-24	BT	Directa	10,11	35,48	6,52	3,587	20,0	0,7	107,313
13-sep-24	BT	Directa	9,75	35,48	6,29	3,459	20,0	0,7	111,275
31-ago-24	BT	Directa	10,57	30,00	7,40	3,171	20,0	0,7	94,607
22-ago-24	BT	Directa	11,75	30,00	8,23	3,525	20,0	0,7	85,106
21-ago-24	BT	Directa	12,02	30,00	8,41	3,606	20,0	0,7	83,195
16-ago-24	BT	Directa	8,69	30,00	6,08	2,607	20,0	0,7	115,075
15-ago-24	BT	Directa	9,04	35,00	5,88	3,164	20,0	0,7	119,129
14-ago-24	BT	Directa	9,00	40,00	5,40	3,600	20,0	0,7	129,630
13-ago-24	BT	Directa	10,57	19,00	8,56	2,008	20,0	0,7	81,759
12-ago-24	BT	Directa	27,12	57,00	11,66	15,458	20,0	0,7	60,026
4-ago-24	BT	Directa	9,66	57,00	4,15	5,506	20,0	0,7	168,520
27-jul-24	BT	Directa	9,93	57,00	4,27	5,660	20,0	0,7	163,938
16-jul-24	BT	Directa	10,97	57,00	4,72	6,253	20,0	0,7	148,396
9-jul-24	BT	Directa	9,52	57,00	4,09	5,426	20,0	0,7	170,999
2-jun-24	BT	Directa	15,84	57,00	6,81	9,029	20,0	0,7	102,772
21-may-24	BT	Directa	17,87	59,97	7,15	10,717	20,0	0,7	97,856
20-may-24	BT	Directa	20,40	59,97	8,17	12,234	20,0	0,7	85,720
18-may-24	BT	Directa	8,45	59,97	3,38	5,067	20,0	0,7	206,945
12-may-24	BT	Directa	9,97	69,77	3,01	6,956	20,0	81	26875,201
30-abr-24	BT	Directa	13,82	60,32	5,48	8,336	20,0	81	14770,844
29-abr-24	BT	Directa	13,82	55,81	6,11	7,713	20,0	81	13263,342
20-abr-24	BT	Directa	23,31	55,81	10,30	13,009	20,0	81	7863,552
17-abr-24	BT	Directa	16,69	22,60	12,92	3,772	20,0	81	6270,291
15-abr-24	BT	Directa	11,52	22,60	8,92	2,604	20,0	81	9084,302
12-abr-24	BT	Directa	13,92	78,70	2,96	10,951	20,0	81	27328,903
9-abr-24	BT	Directa	9,64	66,87	3,19	6,446	20,0	81	25362,178
7-abr-24	BT	Directa	25,85	66,87	8,56	17,286	20,0	81	9458,081
5-abr-24	BT	Directa	13,33	0,00	13,33	0,000	20,0	81	6076,519
4-abr-24	BT	Directa	20,31	0,00	20,31	0,000	20,0	81	3988,183
1-abr-24	BT	Directa	22,58	0,00	22,58	0,000	20,0	81	3587,245
30-mar-24	BT	Directa	13,05	0,00	13,05	0,000	20,0	81	6206,897
29-mar-24	BT	Directa	18,95	0,00	18,95	0,000	20,0	81	4274,406
27-mar-24	BT	Directa	21,85	0,00	21,85	0,000	20,0	81	3707,094
26-mar-24	BT	Directa	12,12	0,00	12,12	0,000	20,0	81	709,779


Nota 22: Datos tomado del pozo BS-14 del 1 de junio a 30 de septiembre del 2024 elaborada por el autor

Tabla 3: Datos de equipos

Fecha	Tipo de levantamiento	Arena	Sitio Producción	Psi Cabeza	Psi Separador	Psi Casing	Pistón (plg)	(plg)	Tipo Bomba	Evaluación C-tk Turbina
29-sep-24	BM	BT	Directa	24	12	26	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
13-sep-24	BM	BT	Directa	29	16	26	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
31-ago-24	BM	BT	Directa	27	12	30	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
22-ago-24	BM	BT	Directa	28	16	30	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
21-ago-24	BM	BT	Directa	28	16	30	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
16-ago-24	BM	BT	Directa	27	10	21	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
15-ago-24	BM	BT	Directa	32	11	22	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
14-ago-24	BM	BT	Directa	31	11	22	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
13-ago-24	BM	BT	Directa	28	12	19	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
12-ago-24	BM	BT	Directa	27	12	30	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
4-ago-24	BM	BT	Directa	28	12	30	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
27-jul-24	BM	BT	Directa	28	16	28	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
16-jul-24	BM	BT	Directa	28	16	28	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
9-jul-24	BM	BT	Directa	28	16	30	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
2-jun-24	BM	BT	Directa	31	16	30	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
21-may-24	BM	BT	Directa	25	13	24	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
20-may-24	BM	BT	Directa	24	0	20	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
18-may-24	BM	BT	Directa	26	0	20	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
12-may-24	BM	BT	Directa	28	0	56	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
30-abr-24	BM	BT	Directa	13,82	0	49	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
29-abr-24	BM	BT	Directa	38	0	46	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
20-abr-24	BM	BT	Directa	8	0	44	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
17-abr-24	BM	BT	Directa	8	0	44	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
15-abr-24	BM	BT	Directa	8	0	44	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
12-abr-24	BM	BT	Directa	8	0	44	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
9-abr-24	BM	BT	Directa	8	0	44	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
7-abr-24	BM	BT	Directa	28	19	64	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
5-abr-24	BM	BT	Directa	30	21	72	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
4-abr-24	BM	BT	Directa	25	21	74	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
1-abr-24	BM	BT	Directa	35	21	70	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
30-mar-24	BM	BT	Directa	30	20	74	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
29-mar-24	BM	BT	Directa	26	19	80	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
27-mar-24	BM	BT	Directa	10	0	64	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk
26-mar-24	BM	BT	Directa	30	0	8	1,50	168	25-150-RHBC-16-4-4	C-tk

Nota 23: Datos obtenidos de los componentes y su trabajo en la extracción de crudo en pozo BS-14

Tabla 4: Datos de la bomba del pozo BS-14

 DATOS SELECCIÓN Y PROGRAMACION LRP® - CRP® / LRP® & CRP® SIZING AND SETUP		Código: UCO-IA-F-011	
		Fecha : 13-06-2012	
		Edición: 1	Revisión: 2
		Pagina: 1 de 1	
Well ID / Nombre del Pozo:	BERMEJO SUR 14		
Date / Fecha==>	2-Apr-23		
1) Pump-Well Data completion /Datos de completacion del pozo y bomba			
Parameters	Parametro	Unit	Value
Pump depth	Prof. entrada de la Bomba	Ft	4032
Ave Perf Depth	Prof. Promedio arena	Ft	3564
Tubing Anchor Depth	Prof. Anclaje de Bomba	Ft	No tiene anclaje
Tubing Outer Diameter	Diametro Externo Tubing	Inches	2,875
Casing Inner Diameter	Diametro Interno Casing	Inches	4,95
Tubing pressure	Presion Cabezal (THP)	Psi	36
Casing Pressure	Presion Casing (CHP)	Psi	57
Plunger diameter	Diametro Piston de la Bomba	Inches	1,50
Plunger Length	Longitud del piston	Inches	48,00
Plunger Clearance	Fit de la Bomba	Inches	n/a
Pump bottom spacing	Espaciamiento Bomba	Inches	n/a
Volumetric Pump efficiency	Eficiencia Volumetrica de Bomba	%	40
Rod sections	Nro secciones de cabillas	Nro	3
Rod 1 type (Top taper)	Tipo Cabilla seccion 1	Grade	D
Coupling 1 type	Tipo Coupling Seccion 1	Standard/otro	STD
Rod 1 Length	Longitud seccion 1 de Cabillas	Ft	1522
Rod 1 Diameter	Diametro de cabillas seccion 1	Inches	0,875
Rod 2 type	Tipo Cabilla seccion 2	Grade	D
Coupling 2 type	Tipo Coupling Seccion 2	Standard	STD
Rod 2 Length	Longitud seccion 2 de Cabillas	Ft	1800
Rod 2 Diameter	Diametro de cabillas seccion 2	Inches	0,75
Rod 3 type	Tipo Cabilla seccion 3	Grade	D
Coupling 3 type	Tipo Coupling Seccion 3	Standard	STD
Rod 3 Length	Longitud seccion 3 de Cabillas	Ft	625
Rod 3 Diameter	Diametro de cabillas seccion 3	Inches	0,875
Rod 4 type	Tipo Cabilla seccion 4	Grade	
Coupling 4 type	Tipo Coupling Seccion 4	Standard	
Rod 4 Length	Longitud seccion 4 de Cabillas	Ft	
Rod 4 Diameter	Diametro de cabillas seccion 4	Inches	
Rod 5 type	Tipo Cabilla seccion 5	Grade	
Coupling 5 type	Tipo Coupling Seccion 5	Standard	
Rod 5 Length	Longitud seccion 5 de Cabillas	Ft	
Rod 5 Diameter	Diametro de cabillas seccion 5	Inches	
Water Cut	Corte de agua	%	0
Oil Gravity	Gravedad del petroleo	API	20
Water specific gravity	Gravedad esp. Agua (Sh2o=1)	Adim	1,03
Fluid Viscosity (120 °F)	Viscosidad del fluido a Temp. Fondo	centipoises	3,08
2) Reservoir Data /Datos del Yacimiento			
Parameters	Parametros	Unit	Value
Reservoir pressure	Presion estatica del Yacimiento	Psi	360
Bubble point pressure	Presion de Burbujeo	Psi	830
Well test pressure	Presion fondo fluyente de prueba (Pwf)	Psi	80
Well test flow	Prueba de produccion @ Pwf	BPD	10
Recomm. Fluid over pump	Sumergencia recomendada	Ft	20
Gross estimated production	Produccion total esperada	BPD	15

Nota 24: Especificaciones del pozo BRS-14