



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

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE TRAYECTORIAS DE
POZOS HORIZONTALES Y EVALUACIÓN DE UN FLUIDO DE
PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL CAMPO SACHA DEL ORIENTE
ECUATORIANO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

**KIMBERLY DAYANNA FRANCO GONZABAY
ÓSCAR GABRIEL DE LA ROSA LIRIANO**

TUTOR:

ING. CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO, Mg.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

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

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE TRAYECTORIAS
DE POZOS HORIZONTALES Y EVALUACIÓN DE UN FLUIDO
DE PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL CAMPO SACHA DEL
ORIENTE ECUATORIANO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

KIMBERLY DAYANNA FRANCO GONZABAY

ÓSCAR GABRIEL DE LA ROSA LIRIANO

TUTOR:

ING. CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO, Mg.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Marllelis Gutiérrez H, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA



Ing. Romel Erazo Bone, MSc
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Carlos Portilla Lazo, MSc.
DOCENTE TUTOR



Lic. Erica Lorenzo García, PhD.
DOCENTE GUIA DE LA UIC



Ing. David Vega González
SECRETARIO

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

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE TRAYECTORIAS DE POZOS HORIZONTALES Y EVALUACIÓN DE UN FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO” elaborado por los estudiantes **KIMBERLY DAYANNA FRANCO GONZABAY** y **ÓSCAR GABRIEL DE LA ROSA LIRIANO**, egresados de la carrera de Petróleos, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniera de Petróleos, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con **4%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

URKUND	
Documento	TESIS KIMBERLY FRANCO Y OSCAR DE LA ROSA PARA REVISIÓN.pdf (D158346745)
Presentado	2023-02-10 08:44 (-05:00)
Presentado por	cportilla@upse.edu.ec
Recibido	cportilla.upse@analysis.arkund.com
Mensaje	REVISIÓN TRABAJO DE TITULACIÓN FRANCO - DE LA ROSA Mostrar el mensaje completo 4% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Carlos Portilla Lazo, Mg.

C.I.: 0913412367

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Kimberly Dayanna Franco Gonzabay-, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**Análisis comparativo del diseño de trayectorias de pozos horizontales y evaluación de un fluido de perforación base agua en el campo Sacha del oriente ecuatoriano**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

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

Atentamente,



Kimberly Dayanna Franco Gonzabay

Autora de Tesis

C.I. 0928626522

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Óscar Gabriel De La Rosa Liriano-, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**Análisis comparativo del diseño de trayectorias de pozos horizontales y evaluación de un fluido de perforación base agua en el campo Sacha del oriente ecuatoriano**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

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

Atentamente,



Óscar Gabriel De La Rosa Liriano

Autor de Tesis

C.I. 2400295701

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Carlos Portilla Lazo, Mg.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo "**Análisis comparativo del diseño de trayectorias de pozos horizontales y evaluación de un fluido de perforación base agua en el campo Sacha del oriente ecuatoriano**", previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleos elaborado por la Srta. Kimberly Dayanna Franco Gonzabay y el Sr. Óscar Gabriel De La Rosa Liriano-, egresados de la carrera de Ingeniería en Petróleos, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Carlos Portilla Lazo

C.I.: 0913412367

Lcdo. Dennys Mauricio Panchana Yagual, Mgtr.

Celular: 0939211033

Correo: dennys.panchana@educacion.gob.ec

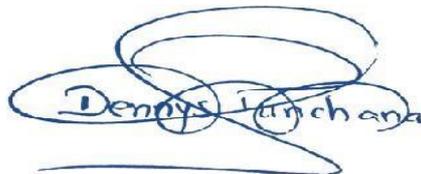
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **DENNYS MAURICIO PANCHANA YAGUAL**, en mi calidad de **LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN Y LIDERAZGO EDUCACIONAL**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de ingeniero en petróleo, denominado **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE TRAYECTORIAS DE POZOS HORIZONTALES Y EVALUACIÓN DE UN FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO”** de los estudiantes: **FRANCO GONZABAY KIMBERLY DAYANNA y DE LA ROSA LIRIANO OSCAR GABRIEL**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 22 de febrero del 2023



Lcdo. Dennys Panchana Yagual, Mgtr.

CI. 0919400176

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGISTER EN GERENCIA Y LIDERAZGO EDUCACIONAL
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1031-2018-1947613

AGRADECIMIENTOS

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

También queremos agradecer a nuestros queridos docentes formadores de la carrera, y en mención especial a nuestro tutor el Ingeniero Carlos Portilla Lazo por el apoyo brindado, también a la Dra Erica Lorenzo García por ser una de las guías en este proceso y al Ingeniero Romel Erazo Bone por brindarnos los conocimientos necesarios en este tema.

CONTENIDO

	Pág.
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vi
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.3. ANTECEDENTES	2
1.4. HIPÓTESIS DEL TRABAJO	5
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
1.6. ALCANCE.....	5
1.7. VARIABLES.....	6
1.7.1. Variable Dependiente.....	6
1.7.2. Variable Independiente.....	6
1.8. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SACHA	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. GENERALIDADES DE POZOS PETROLEROS.....	9
2.1.1. Pozo Petrolero.....	9
2.1.2. Tipos de pozos según su trayectoria.....	9
a) Verticales.	9
b) Horizontales.....	9
2.2. DISEÑO DE UNA PERFORACIÓN HORIZONTAL	11
2.2.1. Diseño de la trayectoria del pozo.....	11
a) Criterios para el diseño.....	11
b) Diseño de la trayectoria.....	11
2.2.2. Sarta de Perforación.....	12
a) Funciones de la Sarta.....	12

<i>b) Componentes de la Sarta.....</i>	13
2.2.3. Tubería de Revestimiento.....	14
<i>a) Criterios del diseño.....</i>	14
2.2.4. BHA (Conjunto de fondo de pozo).....	14
<i>a) Componentes del BHA.....</i>	14
2.3. PROBLEMAS OPERACIONALES DURANTE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL.....	15
2.3.1. Inestabilidad del pozo.....	15
2.3.2. Pérdidas de circulación.....	16
2.3.3. Atascamiento de la tubería.....	16
2.3.4. Pega diferencial.....	16
2.4. FLUIDOS DE PERFORACIÓN.....	17
2.4.1. Fluido de perforación base agua.....	17
2.4.2. Funciones del fluido base agua.....	17
2.4.3. Propiedades del fluido base agua.....	17
2.4.4. Clasificación de los fluidos de perforación base agua.....	18
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	20
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.1.1. Tipo de investigación.....	20
3.1.2. Recopilación de la información.....	20
<i>a) Población y muestra.....</i>	20
<i>b) Procesamiento de la información.....</i>	20
3.2. DISEÑO MECÁNICO DE LOS POZOS.....	21
3.2.1. Pozo SAKO 15.....	21
3.2.2. Pozo SAKO 24.....	21
3.3. SOFTWARE COMPASS.....	22
3.3.1. Trayectoria.....	22
3.3.2. Planificación.....	23
3.3.3. Anticolisión.....	23
3.4. DISEÑO DE LAS TRAYECTORIAS EN EL SOFTWARE COMPASS.....	23
3.5. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.....	29
3.5.1. Pozo SAKO - 15.....	29
3.5.2. Pozo SAKO - 24.....	31
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	34
4.1. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS TRAYECTORIAS REALIZADAS EN EL SOFTWARE COMPASS.....	34
4.1.1. Trayectoria del pozo SAKO – 15.....	34

4.1.2. Trayectoria del pozo SAKO – 24.....	36
4.1.3. Comparación de las trayectorias.	38
4.2. ANÁLISIS DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN EMPLEADO	39
4.2.1. Fluido empleado en el pozo SAKO 15.....	39
4.2.2. Fluido empleado en el pozo SAKO 24.....	42
4.3. DISEÑO DEL BHA UTILIZADO EN CADA UNO DE LOS POZOS HORIZONTALES	46
4.3.1. BHA pozo SAKO – 15.....	46
4.3.2. BHA pozo SAKO – 24.....	54
4.4. CURVAS DE TIEMPOS REALES VS PROGRAMADOS	59
4.4.1. Pozo SAKO 15.	59
4.4.2. Pozo SAKO 24.	59
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. CONCLUSIONES.....	60
5.2. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Mapa de ubicación del Campo Sacha - Archivo Campo Sacha, Petroproducción</i> (Romero y Gómez 2010).....	7
Figura 2. Columna Estratigráfica del Campo Sacha (Baby et al. 2004).....	8
Figura 3. Ilustración de un pozo horizontal (Callón Álvarez 2020).....	10
Figura 4. Arreglo común de una sarta de perforación (Encarnación 2013).....	13
Figura 5. Creación de Company (COMPASS)	24
Figura 6. Definición de los cálculos predeterminados (COMPASS)	24
Figura 7. Propiedades del proyecto (COMPASS)	25
Figura 8. Selección del sistema geográfico (COMPASS)	25
Figura 9. Definición de las propiedades del sitio (COMPASS)	26
Figura 10. Ingreso de las coordenadas del sitio (COMPASS)	26
Figura 11. Propiedades del pozo (COMPASS)	27
Figura 12. Propiedades de diseño del plan (COMPASS)	27
Figura 13. Ingreso de datos para el diseño (COMPASS)	28
Figura 14. Ingreso de datos del objetivo y TVD (COMPASS)	28
Figura 15. Trayectoria del pozo SAKO 15, vista 3D – COMPASS	35
Figura 16. Trayectoria del pozo SAKO 15, vista 2D – COMPASS	35
Figura 17. Trayectoria del pozo SAKO 24, vista 3D - COMPASS	37
Figura 18. Trayectoria del pozo SAKO 24, vista 2D – COMPASS	37
Figura 19. Curva de densidad programada vs, real del pozo SAKO 15	42
Figura 20. Curva de densidad programada vs, real del pozo SAKO 24	46
Figura 21. BHA #4 - SAKO 15	53
Figura 22. BHA #5 - Sako 24	58
Figura 23. Curvas de tiempos Programado vs Real - SAKO 15	59
Figura 24. Curvas de tiempos Programado vs Real - SAKO 24	59
Figura 25. Cálculo de paradas realizadas en el software COMPASS – SAKO 15	67
Figura 26. Cálculo de paradas del informe técnico – SAKO 15	70
Figura 27. Cálculo de paradas realizadas en el software COMPASS – SAKO 24	73
Figura 28. Cálculo de paradas del informe técnico – SAKO 24	76
Figura 29. Píldoras de limpieza - SAKO 15	79
Figura 30. Píldoras de limpieza - SAKO 24	82

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Pozo SAKO 15 - Datos Programados</i>	21
<i>Tabla 2. Pozo SAKO 15 - Datos Reales</i>	21
<i>Tabla 3. Pozo SAKO 24 - Datos Programados</i>	22
<i>Tabla 4. Pozo SAKO 24 - Datos Reales</i>	22
Tabla 5. Fluidos empleados en el SAKO 15	29
Tabla 6. Sección 16 - Nativo Disperso	29
Tabla 7. Sección 16 - Nitrato de Calcio	30
Tabla 8. Sección 16 - Polímero	30
Tabla 9. Sección 12 1/4 - Polímero	30
Tabla 10. Sección 8 3/8 - Polímero	31
Tabla 11. Sección 6 1/8 - DRILL IN	31
Tabla 12. Fluidos empleados en el SAKO 24	31
Tabla 13. Sección 16 - Nativo Disperso	32
Tabla 14. Sección 16 - Nitrato de Calcio	32
Tabla 15. Sección 16 - Polímero	32
Tabla 16. Sección 12 1/4 - Polímero	33
Tabla 17. Sección 8 3/8 - Polímero	33
Tabla 18. Sección 6 1/8 - DRILL IN	33
Tabla 19. Sección 16 - Nativo Disperso	86
Tabla 20. Sección 16 - Nitrato de Calcio	86
Tabla 21. Sección 16 - Polímero	86
Tabla 22. Sección 12 1/4 - Polímero	86
Tabla 23. Sección 8 3/8 - Polímero	87
Tabla 24. Sección 6 1/8 - Drill In	87
Tabla 25. Sección 16 - Nativo Disperso	87
Tabla 26. Sección 16 - Nitrato de Calcio	87
Tabla 27. Sección 16 - Polímero	88
Tabla 28. Sección 12 1/4 - Polímero	88
Tabla 29. Sección 8 3/8 - Polímero	88
Tabla 30. Sección 6 1/8 - Drill In	89

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE TRAYECTORIAS DE POZOS HORIZONTALES Y EVALUACIÓN DE UN FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO”

Autores: Franco Gonzabay Kimberly Dayanna

De La Rosa Liriano Óscar Gabriel

Tutor: Ing. Portilla Lazo Carlos, Mg.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación, tiene como objetivo, analizar el diseño de trayectorias y el fluido de perforación empleados en dos pozos horizontales del campo Sacha el SAKO 15 Y EL SAKO 24 (nombres ficticios), mediante el software COMPASS que es una herramienta diseñada para identificar los problemas no operacionales presentados en cada sección de los pozos, logrando determinar cuál de ellos es más rentable en su producción. En los resultados obtenidos tanto con el software, como en el informe técnico se obtuvieron problemas como: aumento de presión, aumento de torque, pérdidas de fluidos, sobrepresión, y pérdidas de circulación, los mismos fueron solucionados con las prácticas de operación correspondientes. Debido a esto en ambos pozos se presentan diferencias en la profundidad del objetivo de perforación y en el número de paradas, esto se da tanto en los datos programados con el software y en los datos obtenidos del informe. Sin embargo, gracias al correcto empleo del fluido de perforación base agua en cada sección de perforación de ambos pozos no se presentaron problemas mayores como una inestabilidad. Las recomendaciones que se dan para cada sección de los pozos son: la limpieza mediante bombeo de píldoras viscosas para las secciones perforadas, y perforar con parámetros controlados.

PALABRAS CLAVE: (*Diseño de trayectoria, fluidos de perforación, tiempos no operativos*)

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE TRAYECTORIAS DE
POZOS HORIZONTALES Y EVALUACIÓN DE UN FLUIDO DE
PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL CAMPO SACHA DEL ORIENTE
ECUATORIANO”**

Autores: Franco Gonzabay Kimberly Dayanna

De La Rosa Liriano Óscar Gabriel

Tutor: Ing. Portilla Lazo Carlos Msc.

ABSTRACT

The purpose of this degree work is to analyze the design of trajectories and drilling fluid used in two horizontal wells of the Sacha field, SAKO 15 and SAKO 24 (synthetic names), using the COMPASS software, which is a tool designed to identify the non-operational problems presented in each section of the wells, managing to determine which of them is more profitable in its production. In the results obtained with the software, as well as with the technical analysis, the following problems were obtained: pressure increase, torque increase, fluid losses, overpressure, and circulation losses, which were solved with the corresponding operation practices. Due to this, in both wells there are differences in the depth of the drilling target and in the number of stops, both in the data programmed with the software and in the results of the technical analysis. However, thanks to the correct use of the water-based drilling fluid in each drilling section of both wells, no major problems such as instability were encountered. The recommendations given for each section of the wells are: cleaning by pumping viscous pills for the drilled sections, and drilling with controlled parameters.

KEYWORDS: (*Trajectory design, drilling fluids, non -operational times*)

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo de investigación surgió por la necesidad de evaluar los problemas operacionales y sus riesgos que puedan darse durante la perforación de pozos horizontales. En los últimos años el campo de la ingeniería ha buscado mejorar la efectividad en la ejecución de la perforación tratando de evitar los problemas o contratiempos no esperados, implementando nuevos métodos y tecnologías para obtener los resultados deseados.

Este trabajo se centra en determinar los problemas que se presentan en el diseño de la perforación de dos pozos horizontales el SAKO 15 y el SAKO 24, teniendo en cuenta sus trayectorias y el fluido de perforación que se empleará en cada sección de ambos pozos. Por ende, se debe tener en cuenta los parámetros y las propiedades del fluido que se utilizará en la perforación, así como también una buena información sobre las características geológicas del campo Sacha y de las zonas de interés.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta durante el diseño de un pozo es la selección del fluido de perforación, debido a que parte de los problemas que ocurren durante la perforación de los pozos se encuentran relacionados directa o indirectamente con el tipo y las propiedades de dicho fluido.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Dentro de la perforación de pozos petroleros los fluidos de perforación se consideran muy importantes por ser el componente central dentro del sistema de circulación, debido a que son el medio para transportar los recortes, evitar los derrumbes en las paredes del pozo, mantener en suspensión el material cortado por la barrena, equilibrar la presión de formación minimizando su daño y no permitir el flujo de fluidos.

El análisis y las evaluaciones que se van a realizar nos ayudarán a demostrar la importancia del diseño de trayectoria y la buena selección del fluido al momento de perforar pozos horizontales. En base a los problemas que se presenten en los diseños de las trayectorias se elegirán las propiedades y los parámetros adecuados, y por ende se hará una correcta selección del fluido de perforación, con el fin de prevenir o anticipar algún problema operacional en el momento de la ejecución del proyecto.

Una vez que se hayan obtenido los resultados de la comparación del diseño de trayectorias de los pozos y el programa del fluido de perforación, se establecerán las recomendaciones necesarias para que se evite incurrir en retrasos y pérdidas de recursos invertidos por las empresas que realizan dichas operaciones.

El fin de este trabajo es conocer los fundamentos básicos y teóricos sobre el diseño de la perforación de un pozo, tomando como base el diseño de trayectoria y los fluidos de perforación que son empleados, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en la etapa académica.

1.3. ANTECEDENTES

Muhammad Tahir, Mohammed Halafawi, Marian Wiercigroch y Lazar Avram en 2019 en Escocia, Reino Unido, en su artículo destacan la realización de un método para diseñar y optimizar trayectorias de pozos direccionales y horizontales basado en la técnica del algoritmo PSO de optimización numérica. Usando datos de pozos reales se seleccionaron el mejor perfil de trayectoria de pozo con base en la predicción de inestabilidad del pozo y el algoritmo PSO, con el fin de evitar problemas geológicos importantes del pozo 3 y pozos del mismo campo. Según los datos del pozo 3 de trayectoria horizontal de doble construcción se alcanza un porcentaje del 55% de los tiempos no productivos (TNP), pero con el uso del algoritmo se seleccionaron las mejores soluciones para el diseño de la trayectoria.

Lee, Park, Kang y Jeong en el 2009, presentaron un diseño de pozo horizontal económicamente optimizado por GA (Algoritmo Genético), el cual toma en cuenta la ubicación de perforación, varias trayectorias y el costo de la perforación. Los diseños realizados anteriormente para el pozo de producción se han limitado en seleccionar el

lugar de perforación y colocar las trayectorias de forma fija para maximizar la producción acumulada. Mientras que con el modelo de optimización integra GA con una configuración basada en nodos permite varios puntos de partida para los diseños de pozos horizontales. El enfoque hace posible un diseño de pozos más confiable considerando varios puntos de partida, ubicación del pozo y varias trayectorias.

López (2014), México, en su trabajo destacó las principales características que afectan la selección de la trayectoria de perforación de un pozo incluyen la permeabilidad, tipo de formación y la presencia de fracturas naturales. Para un yacimiento isotrópico de alta permeabilidad, la dirección de la sección horizontal puede ser conflictiva. En yacimientos compactados se requiere conocer el esfuerzo principal mínimo de los pozos horizontales a diferencia de los pozos verticales. La perforación de un pozo requiere del conocimiento de la profundidad vertical del objetivo, de la longitud lateral, columna geológica esperada hasta llegar al yacimiento a perforar.

Grandas y Sánchez en el 2014 en México realizaron un trabajo con el fin presentar el diseño de trayectorias de pozos horizontales de una misma plataforma en un campo de shale oil, por el medio del análisis anticollisión. La configuración de los pozos tiene como finalidad, incrementar la producción de las formaciones de interés que tienen bajas permeabilidades, así como, gracias a esta tecnología se disminuye el impacto ambiental, se reducen los espacios de la superficie empleada en las operaciones y posibles problemas presentes en la perforación durante los diseños de trayectorias.

Williamson en el 2013 definió los fluidos de perforación acuosos, a los que se alude generalmente como lodos a base agua, son los más comunes y los más variados de los tres tipos de fluidos de perforación. Su composición varía entre mezclas simples de agua y arcilla, y sistemas complejos de fluidos de perforación inhibidores, o estabilizadores de arcillas, que incluyen muchos componentes. En los últimos años, los ingenieros y científicos se han concentrado en el mejoramiento del rendimiento inhibitor y térmico de los sistemas a base de agua en sus esfuerzos para competir con los fluidos no acuosos utilizados habitualmente en el ambiente de perforación desafiantes.

Roberta Souza Rosa y otros colegas en 2005 en la conferencia de Ingeniería petrolera de América Latina y el Caribe de SPE, Río de Janeiro, Brasilia presentaron un documento que trata sobre la búsqueda de un sistema de fluido de perforación a base de agua (WBDF) altamente inhibidor ha sido un propósito continuo en la industria de fluidos de perforación. Los fluidos de perforación desempeñan varias funciones en la perforación de pozos. Si las propiedades del lodo son incorrectas, la seguridad y la economía pueden verse gravemente comprometidas. Para cada fluido de perforación, sus comportamientos son una garantía importante del éxito de la operación de perforación.

Nael Abo Ras; Jenny Graterol; Fernando Ruiz en 2012 realizaron una ponencia sobre el campo Levas de Venezuela, en el cual a principios de 1952 usaban un fluido de perforación base agua en pozos verticales, sin embargo, a partir de 1998 cuando empezaron la perforación de pozos desviados tuvieron problemas operacionales, por lo cual en 2002 empezaron a buscar un fluido de perforación a base de petróleo. Finalmente, el análisis de costos permitió evaluar la viabilidad económica de cada sistema de fluidos de perforación. Después de analizar los diversos resultados, concluimos que el sistema de comercio de fluidos de perforación número uno tenía el mejor costo beneficio para perforar pozos desviados en Levas.

La primera instalación usando perforación horizontal dirigida se realizó por el año 1971, cuando se debía atravesar una tubería de acero de 180 milímetros a través del río Pájaro cerca de la ciudad llamada Watsonville en el Condado de Santa Cruz en California. Con el paso de los años y las visibles mejoras respecto la primera vez que se realizó una perforación horizontal, la técnica de perforación horizontal dirigida se ha generalizado para cruzar obstáculos como ríos, carreteras y zonas donde atravesarlas mediante una excavación convencional sería sumamente complicado, costoso o de gran impacto ambiental.

Lizeth Merino Granja en 2014 realizó un estudio técnico económico de la perforación horizontal de pozos productivos en la arena U del campo Sacha, oriente ecuatoriano, en el cual se basó en un análisis de pozos vecinos para el diseño de un pozo considerando los riesgos operativos que se pueden identificar durante la perforación. El análisis aporta información sobre las áreas problemáticas en las que puede estar implicada la

perforación del pozo, teniendo influencia sobre la selección de herramientas, del programa y del diseño de perforación del mismo.

1.4. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

Se determinará la efectividad en las operaciones de la perforación para reducir el tiempo empleado en las mismas, tomando como base la selección del diseño de la mejor trayectoria de los pozos y del fluido de perforación que será empleado en cada sección de los pozos horizontales.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General.

Analizar el diseño de trayectorias y el fluido de perforación empleado en dos pozos horizontales del campo Sacha, mediante el uso del software COMPASS para disminuir los tiempos no operacionales.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Recopilar la información relevante para el diseño de trayectorias de pozos horizontales.
- Realizar el diseño de las trayectorias en el software COMPASS.
- Analizar las propiedades reológicas del fluido de perforación empleado.
- Establecer la densidad en función de la profundidad.
- Describir el BHA que se utiliza para perforar las secciones de los pozos horizontales.
- Mostrar las curvas de tiempos programados vs reales.

1.6. ALCANCE

El alcance de este trabajo será la realización de un análisis comparativo sobre dos pozos con trayectoria horizontal mencionados anteriormente. En función de la información y

los datos obtenidos tanto del fluido de perforación base agua como de los dos pozos del Campo Sacha que se encuentra ubicado en la provincia de Orellana en el oriente ecuatoriano. Realizando la correcta selección del fluido de perforación para cada sección del diseño de la perforación de los pozos horizontales, teniendo en cuenta cada una de sus características químicas, físicas y reológicas.

Con el fin de obtener mejores resultados al momento de realizar perforaciones futuras dentro del mismo campo, obteniendo así una mayor eficiencia en la perforación y beneficios en la parte económica.

1.7. VARIABLES

1.7.1. Variable Dependiente.

- a) Concentración de los productos del fluido de perforación
- b) Densidad del fluido
- c) Trayectoria de los pozos

1.7.2. Variable Independiente.

- a) Fluido de perforación base agua
- b) Profundidad del viaje de tubería
- c) Características geológicas del campo Sacha

1.8. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SACHA

1.8.1. Ubicación del campo

El campo Sacha pertenece al área de operaciones de Petroecuador, se localiza en la provincia de Orellana dentro del área del cantón Las Joyas de los Sachas en el oriente ecuatoriano, entre las coordenadas 00°11'00'' y 00°24'30'' Latitud Sur y 76°49'40'' a 76°54'16'' Longitud Oeste a unos 50 Km. al sur de Lago Agrio extendiéndose en un área de 300 Km cuadrados aproximadamente, dentro de los cuales se encuentra un área desarrollada de aproximadamente 100 Km cuadrados, correspondientes a la extensión

del yacimiento Hollín. Geológicamente está ubicado en la parte central y en el eje de la subcuenca del Napo, formando parte del tren de estructuras orientadas en sentido nort-sur. (Romero y Gómez, 2010).

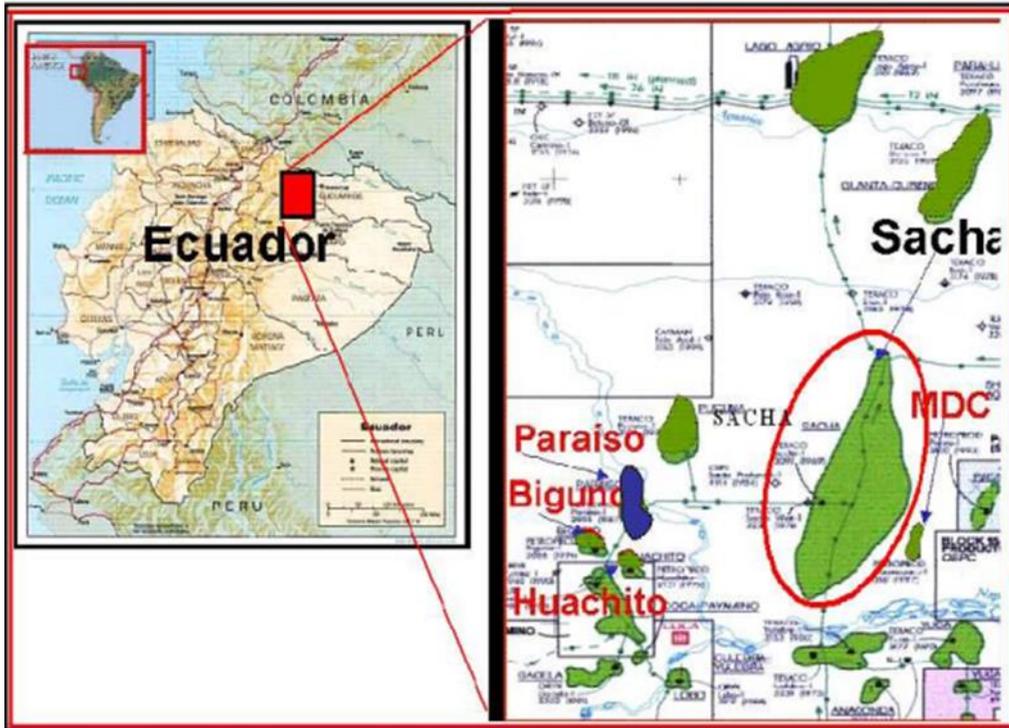


Figura 1. Mapa de ubicación del Campo Sacha - Archivo Campo Sacha, Petroproducción (Romero y Gómez 2010).

1.8.2. Geología del campo.

El campo Sacha, de manera geológica se encuentra ubicado al oeste del eje axial de la cuenca sedimentaria Cretácica Napo, incluido en el corredor Sacha-Shushufindi. También se encuentra bajo un cierre estructural, posee un área de 41 000 acres bajo relieve, que es el factor común con los demás campos del Oriente Ecuatoriano (Romero y Gómez 2010).

- a) **Estructura.** Su estructura se constituye por un anticlinal de bajo relieve que está fallado hacia el Oeste, con el eje principal en dirección preferencial noreste-suroeste, que está integrado por un gran sistema de fallas de dirección norte-sur. Lo más probable es que eran antiguas fallas normales, que luego del Cretácico Superior se invirtieron bajo un régimen transpersivo. Esta estructura consta de un ancho aproximado de unos 4 km al norte y 7 km al centro sur, con una

longitud tentativa de unos 33 km. Por tal motivo se confirma que en la primera etapa de inversión tectónica fue formada la estructura Sacha (Baby, Rivadenerira, y Barragán 2004; Mancilla et al. 2008).

b) **Estratigrafía.** Es importante recalcar que en el campo Sacha, las arenas de interés petrolífero de base a tope, son: Hollín Inferior, Hollín Superior, T Inferior, T Superior, U inferior, U superior y basal Tena (Salazar Cedeño, 2013).

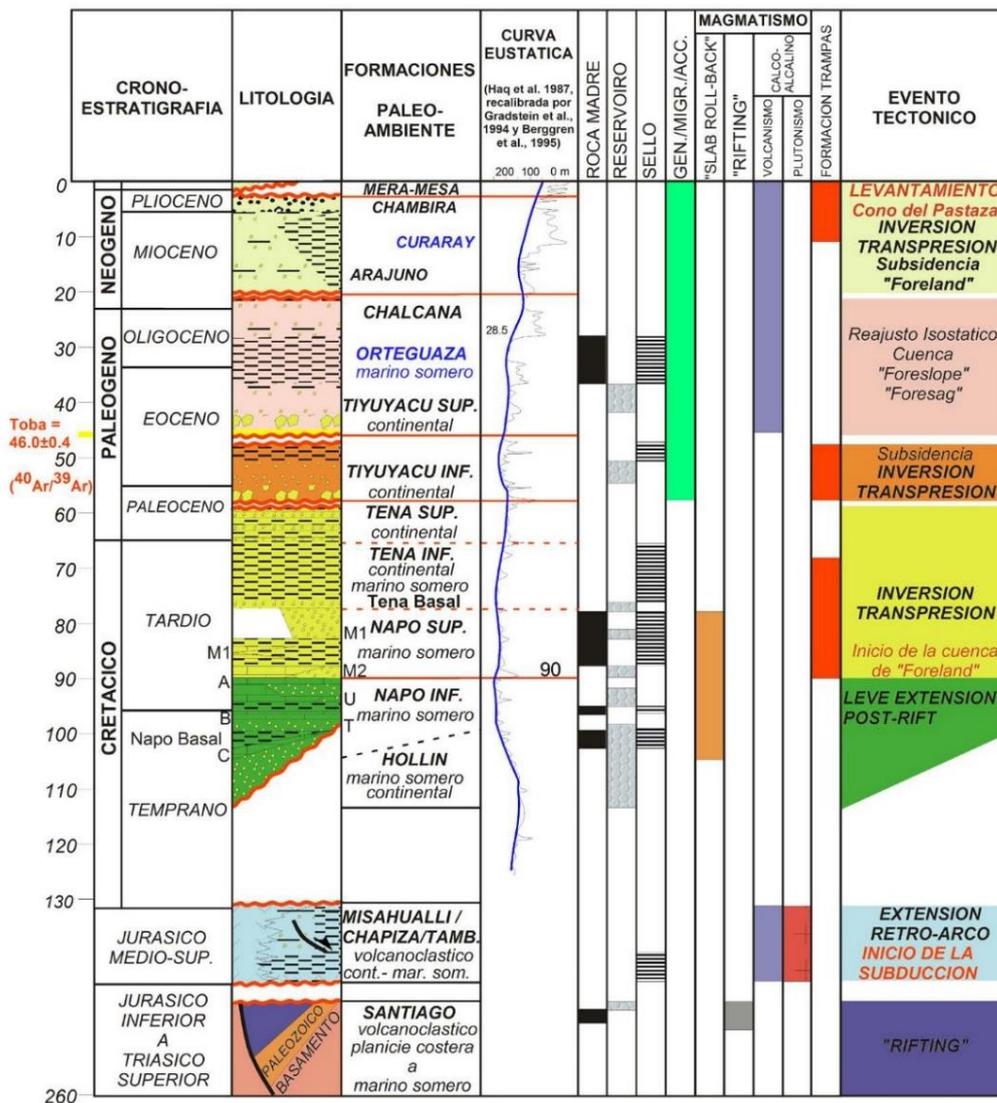


Figura 2. Columna Estratigráfica del Campo Sacha (Baby et al. 2004).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DE POZOS PETROLEROS

2.1.1. Pozo Petrolero.

Es una perforación efectuada en el subsuelo con barrenas de diferentes diámetros y con revestimiento de tuberías, a diversas profundidades, llamadas etapas de perforación, para la prospección o explotación de yacimientos petroleros (Méndez Castro, 2013).

2.1.2. Tipos de pozos según su trayectoria.

- a) *Verticales.* Los pozos verticales son aquellos pozos que no tienen como objetivo tener una desviación en su dirección, es decir, de su ubicación en un plano de superficie, observamos que las coordenadas de superficie y las coordenadas del objetivo son las mismas, lo que significa que el pozo no presenta ninguna inclinación y que por lo tanto las mediciones de TVD y MD son las mismas (Vázquez y López, 2010).

- b) *Horizontales.* Se definen como pozos horizontales aquellos que son perforados paralelamente a los planos de estratificación del yacimiento (o hasta alcanzar los 90 grados de desviación con respecto a la vertical), siempre y cuando se inicie la perforación desde superficie (ver figura 3), también se denominan pozos horizontales aquellos con un ángulo de desviación no menor a 86 grados (Vázquez, 2012).

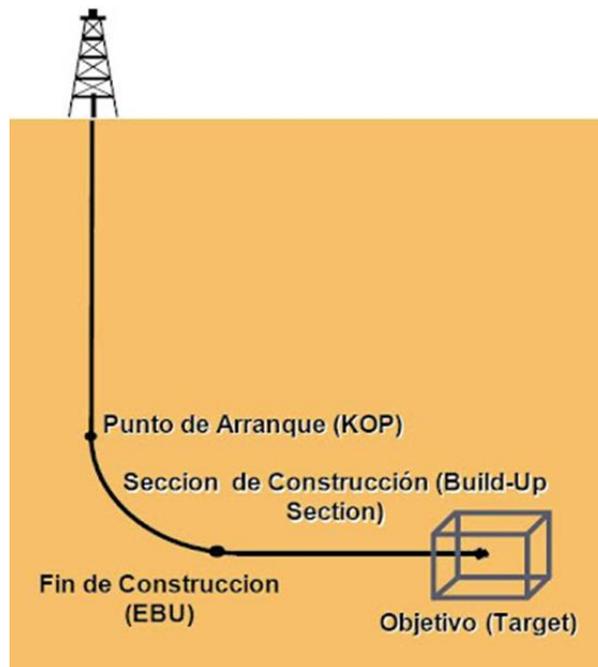


Figura 3. Ilustración de un pozo horizontal (Callón Álvarez 2020)

Ventajas de la Perforación Horizontal. Dentro de las ventajas de los pozos horizontales tenemos (Downey, 2022).

- Reducción del cono de agua y gas debido a la reducción en el depósito para una tasa de producción determinada, lo que reduce el trabajo de reparación requerido en el futuro.
- Aumento de la tasa de producción debido a la mayor longitud del pozo expuesta a la zona de pago.
- Reducción de la caída de presión alrededor del pozo.
- Velocidades de fluido más bajas alrededor del pozo.
- Una reducción general en la producción de arena a partir de una combinación de los puntos 3 y 4.
- Patrón de mejor drenaje y más eficiente que conduce a una mayor recuperación general de las reservas.

Limitaciones de la Perforación Horizontal. Dentro de los pozos horizontales existen limitaciones con respecto a los pozos verticales:

- Los altos costos de perforación, debido a que se requiere mayor tiempo del uso del taladro que un pozo vertical y el incremento del riesgo al presentar problemas operaciones.
- Las barrenas de permeabilidad vertical limitan la eficiencia de barrido vertical.
- Las opciones de recompletación se limitan, en el caso que se desee controlar los problemas ocasionados por altos cortes de agua y/o altas relaciones gas/petróleo.
- Requieren fluidos especiales y libres de cualquier sólido para prevenir los diferentes daños en la formación.

2.2. DISEÑO DE UNA PERFORACIÓN HORIZONTAL

Existe una convención de nomenclatura para la tasa de construcción de un pozo horizontal. El radio largo es inferior a 8°/100 pies de tasa de construcción, el radio medio está entre 8° y 20°/ 100 ft, y el radio corto tiene una tasa de construcción de más de 20°. Las construcciones de velocidad media y larga utilizan equipos de desviación convencionales. La velocidad de construcción a horizontal que se elija es muy importante. En general, cuanto más larga sea la sección horizontal que desea perforar, menor será la velocidad de construcción (mayor radio de construcción). La mayoría de los pozos horizontales, probablemente hasta el 95%, se perforan con construcciones de radio medio (Devereux, 1998).

2.2.1. Diseño de la trayectoria del pozo.

- a) *Criterios para el diseño.* La trayectoria de estos pozos se diseña en base a los análisis de anticollisión y en base a la interferencia magnética que se debe realizar antes de iniciar una perforación, debido a la locación (Correa et al. 2014)
- b) *Diseño de la trayectoria.* Al momento de diseñar la trayectoria de un pozo horizontal se deben tener en cuenta los siguientes parámetros (Devereux, 1998).
 - Seleccionar la ubicación de la superficie para la ruta de pozo más simple a la sección horizontal.

- Perforar buzamiento hacia arriba con una inclinación superior a 90° genera problemas para lograr y mantener el ángulo.
- El modelado por computadora se puede utilizar para predecir posibles arrastres y torsiones. A veces, un pequeño cambio en la trayectoria del pozo puede marcar una diferencia significativa en los arrastres.
- Si es necesario perforar a lo largo de una determinada sección del yacimiento y "seguir la geología" en lugar de solo por el ángulo del pozo, se necesita algún medio para identificar la ubicación en el yacimiento en la barrena o muy cerca de ella. Esta técnica se denomina "geonavegación", donde las herramientas LWD se utilizan para medir los parámetros de formación que permiten tomar decisiones en tiempo real para dirigir la broca.
- Planificar el uso de una tasa de construcción menor de la que es posible con el equipo de fondo de pozo. Esto da cierto margen de maniobra si se necesita un aumento en la tasa de construcción.

2.2.2. Sarta de Perforación.

Es un acople mecánico que se encuentra entre la broca y el sistema rotario de superficie, están conectados por componentes que están ensamblados de manera secuencial, los cuales son: lastra barrenas, tuberías pesadas y de perforación. La función de la misma es transmitir el fluido y la rotación que se genera por el top-drive hacia el BHA (Botton Hole Assembly) de fondo en la perforación, con lo cual se puede decir que su diseño adecuado es fundamental en la perforación (Correa et al. 2014).

a) Funciones de la Sarta. Entre las principales funciones de la sarta de perforación tenemos:

- Transmitir rotación a la broca.
- Soportar y transmitir cargas axiales y torsionales.
- Colocar peso sobre la broca.
- Guiar y controlar la trayectoria del pozo.
- Permitir circulación de fluidos para limpiar el fondo del pozo.

b) Componentes de la Sarta.

- *Sistema Top Drive.* Es el que transmite rotación a la sarta por medio de un motor que esta incorporado al sistema y durante la perforación crea un enlace entre la mesa rotaria y el equipo de fondo.
- *Tubería de perforación.* Es el que permite la circulación del fluido de perforación hasta la broca.
- *Tubería de perforación extrapesada.* Es el que da peso adicional sobre la broca de perforación que permite la transición de los esfuerzos entre la tubería de perforación (DP) y los lastra barrenas.
- *Lastrabarrenas.* Son tubos de pared gruesa que proporcionan peso sobre la broca.
- *Brocas.* Es la parte fundamental del equipo de fondo, las mismas que están localizadas al extremo inferior del BHA (Botton Hole Assembly). Estas cortan o trituran las formaciones del subsuelo garantizando el éxito de la perforación. Las mismas se clasifican en: Tricónicas, PDC y de cortadores fijos.

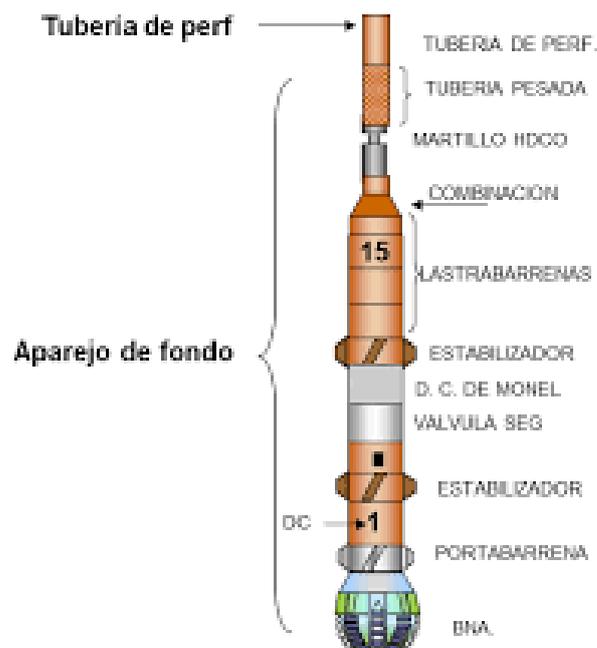


Figura 4. Arreglo común de una sarta de perforación (Encarnación 2013)

2.2.3. Tubería de Revestimiento.

Las tuberías de revestimiento se las utiliza para reforzar pozo, para aislar las formaciones inestables, los flujos bajo balance y sobre balance, también para poder prevenir la contaminación de reservorios de agua fresca, con el fin de actuar como conducto para operaciones asociadas (perforación, completación, más sargas de revestimiento, etc.) con dimensiones conocidas (ID's, etc.), recalcando que la misma tubería de revestimiento sostiene al cabezal de pozo, al conjunto de preventores de anuales/ arietes y a la sarga de tuberías de revestimiento adiciones (Bassante Muñoz, 2013).

- a) ***Criterios del diseño.*** Los criterios de diseño a considerar dentro de la tubería de revestimiento son: el asentamiento de la tubería de revestimiento que depende de las características de la columna geológica que se perforara y de la selección de los diámetros del pozo y de la tubería de revestimiento que dependen de la completación del pozo a perforar.

2.2.4. BHA (Conjunto de fondo de pozo).

Es un conjunto de componentes que se utilizan en varias operaciones de perforación. Los conjuntos de fondo de pozo están ubicados en los extremos inferiores de las sargas de perforación, debajo de las tuberías de perforación. Un conjunto típico consta de una broca, collares, motores de lodo y varios otros elementos. Una de las principales funciones que cumplen los conjuntos de fondo de pozo es proporcionar el peso necesario para que la broca perfora en cualquier sustancia que deba penetrar. También es responsable de proporcionar al operador de perforación la capacidad de controlar la dirección del pozo (Laukkönen, 2022).

- a) ***Componentes del BHA.*** Entre los principales componentes del BHA están (Alarcón, Alvarado, y Córdova, 2017; Villavicencio, 2009):
 - ***Collares de perforación (Drill Collars).*** Son tubos de gran espesor y rigidez por lo general en longitudes de 30 a 31 pies, los cuales están fabricados a partir del acero templado y revenidos. Se utilizan en el ensamble de fondo para cumplir

con las funciones más importantes como: dar rigidez a la sarta de perforación, minimizar los problemas de estabilidad del pozo y minimizar los problemas de control direccional.

- *Estabilizadores.* Contribuyen a tener un mejor control de la sarta de perforación sobre el pozo que se esté desviando. Su ubicación en la sarta de perforación depende del efecto que se quiera obtener en la trayectoria del pozo, ya sea, controlar o modificar el ángulo de 60 grados de inclinación del pozo.
- *Amortiguadores.* Son colocados encima de la barrena para absorber vibración y cargas de choque. Se utilizan especialmente en sitios de poca profundidad, cuando se perforan rocas duras y formaciones partidas o con líneas intermitentes duras y suaves para limitar el desgaste y la falla de la sarta de perforación.
- *Escariadores de rodillo.* Pueden ser utilizados para la estabilización de la sarta de perforación, en donde la torsión represente un problema, también en formaciones duras y profundas, y en donde sea difícil mantener la medición del pozo.
- *Portamechas.* Es el componente más rígido en un ensamblaje de fondo, en pozos direccionales pueden utilizarse varias barras con estabilizadores en ciertos puntos, dependiendo del tipo de pozo o su trayectoria. Los más utilizados para la perforación direccional es el tipo espiral, debido a que favorecen la circulación del fluido de perforación.

2.3. PROBLEMAS OPERACIONALES DURANTE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL

2.3.1. Inestabilidad del pozo.

La inestabilidad de un pozo durante la perforación se da cuando este tiende a derrumbarse o colapsarse. Por lo general esto sucede cuando las formaciones son no consolidadas, entre estas formaciones están las fracturadas y las lutitas sometidas a esfuerzos químicos o mecánicos. Las causas de la inestabilidad del pozo a menudo se clasifican en mecánicas, como ejemplo está la falla de la roca alrededor del pozo debido a esfuerzos elevados, o efectos químicos que surgen de la interacción dañina entre la

roca (generalmente lutita), y el fluido de perforación (Pašić, Gaurina-međimurec, y Matanović, 2007).

2.3.2. Pérdidas de circulación.

La pérdida de circulación se refiere a que una cantidad importante de fluido de perforación fluye hacia la formación. Esto implica que una fractura ha sido creada en la formación que se está perforando o que el lodo se está perdiendo dentro de una fractura existente. Generalmente esta situación se produce por pesos de lodo que superan el gradiente de fractura de la formación. Esto se convierte en un problema operacional, debido a que el lodo de perforación tiene un alto costo económico y porque hay un límite para la cantidad de lodo con la cual se cuenta en la locación de perforación (Ángel Álvarez, 2012).

2.3.3. Atascamiento de la tubería

El atascamiento de tubería es un problema que ocurre cuando la sarta de perforación, el revestidor o una herramienta no puede ser movida hacia adentro o hacia afuera del pozo una vez insertada o rotada. En muchos casos el atascamiento de tubería es considerado como unos de los problemas más costosos y que genera mayor pérdida de tiempo durante las operaciones de perforación (Suárez Ardila, 2021).

2.3.4. Pega diferencial.

La pega diferencial está relacionada con la presión diferencial entre la formación y el pozo. Se identifican cuatro condiciones que deben estar presentes para el atascamiento diferencial (Devereux, 1998).

- a)* La presencia de una zona permeable cubierta con revoque de pared
- b)* Un sobrebalance estático en la formación
- c)* Contacto entre la pared y la sarta de perforación
- d)* Una sarta estacionaria.

2.4. FLUIDOS DE PERFORACIÓN

2.4.1. Fluido de perforación base agua.

Sustancia con características químicas y físicas apropiadas, las mismas que pueden ser aire o gas, agua, petróleo y otras combinaciones de agua y aceite con diferente contenido de sólidos, el mismo que no debe ser tóxico, corrosivo ni inflamable, pero si inerte a las contaminaciones de sales solubles o minerales, el cual debe estar estable a altas temperaturas (Silva, 2016).

2.4.2. Funciones del fluido base agua.

El fluido de perforación es fundamental para lograr una operación exitosa o la posterior producción del pozo. Su estudio y diseño se debe hacer teniendo en cuenta consideraciones económicas, ambientales, técnicas y geológicas. Sus principales funciones se describen a continuación (Gallardo, 2018).

- a)* Transportar los recortes generados por el trepano desde el fondo del pozo hacia la superficie.
- b)* Enfriar y lubricar el trepano.
- c)* Transmitir energía hidráulica a las herramientas de fondo y al trépano.
- d)* Reducir fricción y lubricar la sarta de perforación.
- e)* Estabilizar las paredes del pozo.
- f)* Prevenir la invasión de fluidos presentes en las formaciones.
- g)* Permitir una adecuada cementación y estimulación del pozo.
- h)* Minimizar el impacto ambiental.

2.4.3. Propiedades del fluido base agua.

Debido a que el lodo de perforación es uno de los componentes más importantes durante la perforación de un pozo, es de suma importancia el control de sus propiedades físicas y químicas, de tal forma que el fluido proporcione un trabajo eficiente durante la

etapa de la perforación. Las principales características reológicas de un lodo de perforación son (Romero, 2019):

- a)* Densidad del lodo
- b)* Viscosidad de embudo
- c)* Propiedades reológicas: dentro de estas se encuentran la viscosidad plástica, punto cedente y la resistencia de gel
- d)* Características de filtración: así mismo se presentan los filtrados de API, la comprensibilidad del revoque
- e)* Contenido de arena
- f)* Contenido de líquidos y sólidos: retorta y MBT (Methylene blue capacity)
- g)* Concentraciones iónicas de hidrogeno
- h)* Análisis químicos: alcalinidad, cloruros, dureza total

2.4.4. Clasificación de los fluidos de perforación base agua.

- a) No Dispersos.* Este tipo de lodo no contienen adelgazantes, los mismo que son utilizados para perforar pozos pocos profundos tales como los lodos primarios y los naturales, no soportan altas temperaturas, las mismas afectan arcillas sensibles (Sierra y Salazar, 1999).
- b) Dispersos.* Se utilizan para perforar a grandes profundidades o en formaciones altamente problemáticas, ya que presentan como característica principal la dispersión de arcillas constitutivas (es decir de adición de lignitos que disminuyen la viscosidad), cabe recalcar su alta resistencia a la temperatura (Contreras Ángel, 2004).
- c) Calados o Cálculos.* Se obtienen por la adición de Cal apagada Ca(OH)_2 y yeso en altas concentraciones. De esta forma la arcilla bentonítica sódica se transforma en arcilla cálcica (lodos calados), los mismos controlan de manera eficiente las perforaciones de gas (Guzmán, 2009).
- d) Polímeros.* Son aquellos base agua dulce o salada que tienen incorporados compuestos químicos de cadena larga y peso molecular alto, los mismos que

contribuyen al control de pérdidas de filtrado y de propiedades reológicas, así mismo a la estabilidad térmica, a la resistencia ante contaminantes, a la protección de las zonas productoras, a mantener la estabilidad de las formaciones atravesadas, a lubricar la sarta, también a reducir el toque a la que está sometida, prevenir sus pegas y protegerla de ambientes corrosivos (Hernández y Manrique, 2018).

- e) **Salinos.** Son todos los lodos cuya fase continua es agua salada, con una concentración mínima de 10000 ppm de NaCl (1% en peso), también es utilizada como fase dispersa la arcilla attapulguita, así mismo se usan para perforar formaciones salinas o formaciones afectadas por la presencia de agua dulce (Morales, 2018).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación.

Este trabajo se fundamenta en una investigación de tipo documental y analítica, basándose tanto en el diseño de trayectoria como del fluido base agua empleado en la perforación de dos pozos horizontales del campo Sacha ubicado en el noreste de la Cuenca Oriente del Ecuador. Donde se comparan el diseño de la trayectoria y las propiedades reológicas del fluido, para la selección de la mejor opción en el ámbito operativo de la perforación.

La investigación documental es una técnica de investigación cualitativa que se encarga de recopilar y seleccionar información a través de la lectura de documentos, libros, revistas, bibliografías, etc. Y la investigación analítica es de gran importancia debido a que ayuda a establecer la relevancia de una idea.

3.1.2. Recopilación de la información.

La recopilación de información se realiza mediante la revisión de libros, manuales, artículos científicos y páginas web, las cuales nos brindan la información necesaria para la investigación.

- a) ***Población y muestra.*** Para este estudio la población elegida son los pozos petroleros perforados dentro del área del campo Sacha, y como muestra se tomaron dos pozos de trayectoria horizontal el SAKO 15 Y EL SAKO 24.
- b) ***Procesamiento de la información.*** Para el procesamiento de la información se utilizan la descripción, el software COMPASS, las gráficas y tablas con los datos requeridos del diseño de la trayectoria y de las propiedades de los fluidos.

3.2. DISEÑO MECÁNICO DE LOS POZOS

3.2.1. Pozo SAKO 15.

El pozo SAKO 15 está programado como un pozo de trayectoria horizontal dividiendo su perforación en cuatro secciones, la primera es la sección superficial con hoyo de 16'', la segunda es la sección intermedia con hoyo de 12 1/4'', la tercera sección con hoyo de 8 3/8'' y la cuarta sección la de producción con hueco de 6 1/8''. A continuación, se presentarán las tablas de los datos programados (Tabla 1) y los datos reales (Tabla 2) de la profundidad perforada del pozo.

Tabla 1. Pozo SAKO 15 - Datos Programados

Sección	Profundidad Perforada			
	Programada			
	MD, FT	TVD, FT	INCL, °	V S, FT
16"	0	6505	20	575
12 1/4"	6505	10865	67,8	3541
8 3/8"	10865	12186	82,4	4816
6 1/8"	12186	12951	87,8	5580

Tabla 2. Pozo SAKO 15 - Datos Reales

Sección	Profundidad Perforada			
	Real			
	MD, FT	TVD, FT	INCL, °	V S, FT
16"	0	6543	20	580,25
12 1/4"	10858	9413	64,2	3465
8 3/8"	11982	9706	81,5	4544
6 1/8"	12866	9773	86,4	5503,93

3.2.2. Pozo SAKO 24.

El pozo SAKO 24 también está programado como un pozo de trayectoria horizontal perforado en cuatro secciones, la sección superficial con hoyo de 16'', la segunda sección con hoyo de 12 1/4'', la tercera sección con hoyo de 8 3/8'' y la sección de producción con hoyo de 6 1/8''. A continuación, se presentan la tabla de los datos programados (Tabla 3) y la tabla de los datos reales (Tabla 4) de la profundidad perforada del pozo.

Tabla 3. Pozo SAKO 24 - Datos Programados

Sección	Profundidad Perforada			
	Programada			
	MD, FT	TVD, FT	INCL, °	V S, FT
16"	6475	6422,53	15,2	291,5
12 1/4 "	10635	9410,82	66,7	2943,4
8 3/8"	11818,77	9730,4	81,4	4079,3
6 1/8"	12639,33	9785,4	87	4897,6

Tabla 4. Pozo SAKO 24 - Datos Reales

Sección	Profundidad Perforada			
	Real			
	MD, FT	TVD, FT	INCL, °	V S, FT
16"	6462	6408,15	16,23	293,77
12 1/4 "	10504	9361,29	64,37	2832,69
8 3/8"	11764	9707,19	83,11	4037,5
6 1/8"	12739	9758,56	90,5	5009,28

3.3. SOFTWARE COMPASS

El software COMPASS (The Computerized Planning and Analysis Survey System), es una herramienta diseñada tanto para empresas petroleras como para contratistas de perforación, se utiliza para el diseño de trayectorias de pozos direccionales, permite planificar pozos con rapidez y precisión, además identifica posibles problemas potenciales en la fase más temprana posible. Se caracteriza por tener varios métodos de planificación en 2D y 3D, generación de objetivos de perforación, análisis de datos de prospección, análisis de torsión y arrastre. Esta aplicación se divide en tres módulos (Halliburton, 2011):

3.3.1. Trayectoria.

El módulo calcula la trayectoria de un pozo. Los datos pueden introducirse en una hoja de cálculo o importarse y procesarse utilizando métodos de cálculo estándar del sector. Los archivos de medición resultantes pueden editarse, imprimirse o analizarse. Las trayectorias pueden acoplarse para formar la "mejor ruta" definitiva, utilizando un editor de intervalos de herramientas.

Dos métodos son los que permiten evaluar los datos de la trayectoria en busca de datos ingresados incorrectamente o malas lecturas de la herramienta de la trayectoria. La validación de entrada aísla los datos de trayectoria incorrectos de la estación topográfica al resaltar su inconsistencia. Los gráficos de análisis de las trayectorias producen otras gráficas de comparación de datos de otras trayectorias y planes para obtener una serie de variables diferentes (Cárdenas, 2012).

3.3.2. Planificación.

El Editor de planes sirve para diseñar la forma de los pozos propuestos. Contiene una hoja de trabajo de edición interactiva que permite al usuario construir la trayectoria del pozo por secciones. En cada etapa de la planificación del pozo los gráficos de la trayectoria del mismo se actualizan dinámicamente a medida que se introducen cambios. El usuario puede modificar, borrar o insertar variables para cualquier sección del plan y el mismo se volverá a calcular, actualizándose con los datos modificados. La optimización automática de ranuras permite asignar o reasignar nuevos planes a las ranuras disponibles con el fin de mejorar los resultados de anticollisión. (Halliburton 2011).

3.3.3. Anticollisión.

El análisis anticollisión proporciona gráficos de araña, escalera (incluida la distancia magnética equivalente), proximidad 3D y cilindro móvil, así como números informes impresos. Las exploraciones anticollisión pueden ejecutarse de la forma interactiva con la planificación, la topografía o proyectando hacia delante mientras se registran nuevas estaciones de sondeo. Pueden configurarse avisos para alertar al usuario cuando las trayectorias de los pozos convergen según criterios mínimos especificados por la empresa (Halliburton 2011).

3.4. DISEÑO DE LAS TRAYECTORIAS EN EL SOFTWARE COMPASS

A continuación, se muestran los pasos que se siguieron para diseñar las trayectorias:

- 1) Se abre el software COMPASS y se da clic a la pestaña File, luego nos dirigimos a New y damos clic en Company.

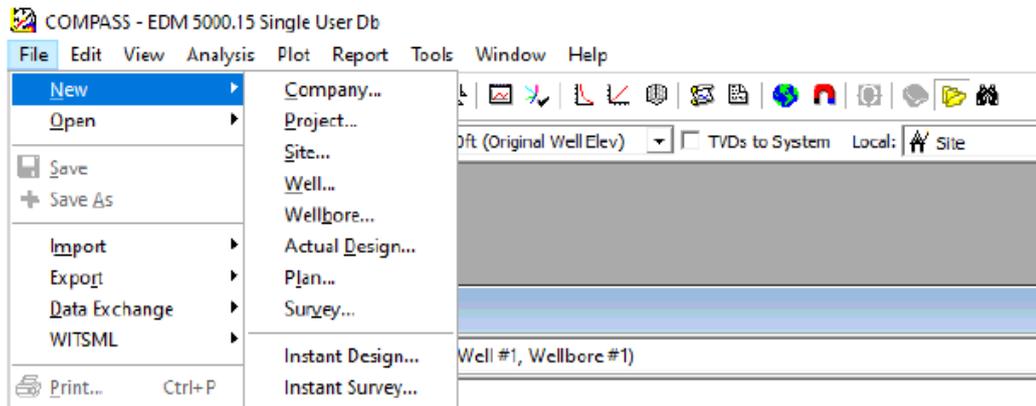


Figura 5. Creación de Company (COMPASS)

- 2) A continuación, aparece un cuadro con las propiedades de la compañía, donde seleccionamos Company y colocamos el nombre UPSE.
- 3) Le damos clic a la pestaña Calc Defaults y nos dirigimos a Surveys Calculation Method, ponemos Mínimum Curvature y damos clic en ok.

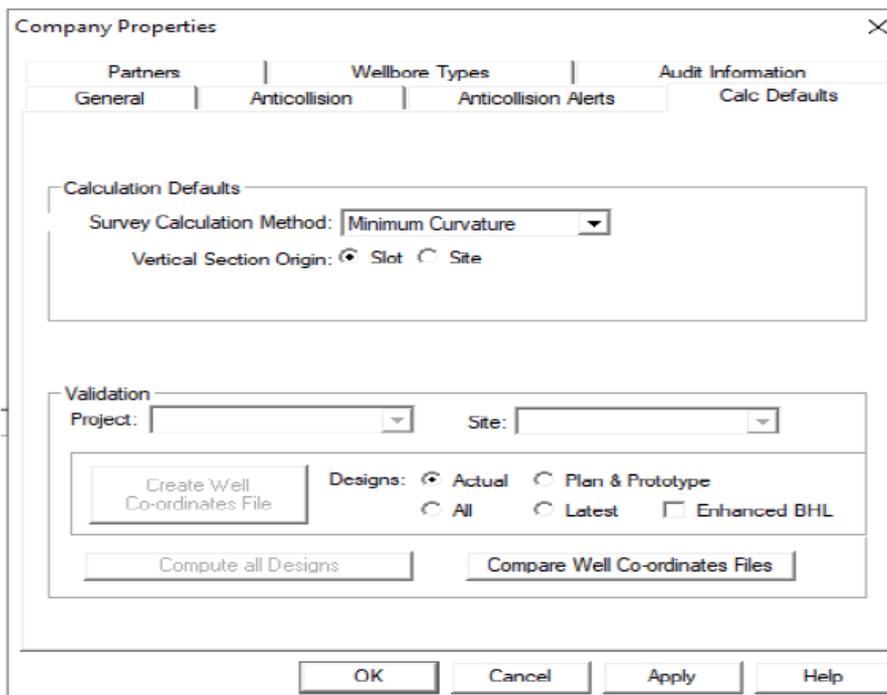


Figura 6. Definición de los cálculos predeterminados (COMPASS)

- 4) A continuación, se muestra un cuadro que indica si se desea crear un nuevo proyecto, presionando luego en “yes”. Luego aparece un cuadro con las propiedades del nuevo proyecto, donde se coloca el nombre proyecto 1 y en System Datum Description se selecciona Mean Sea Level.

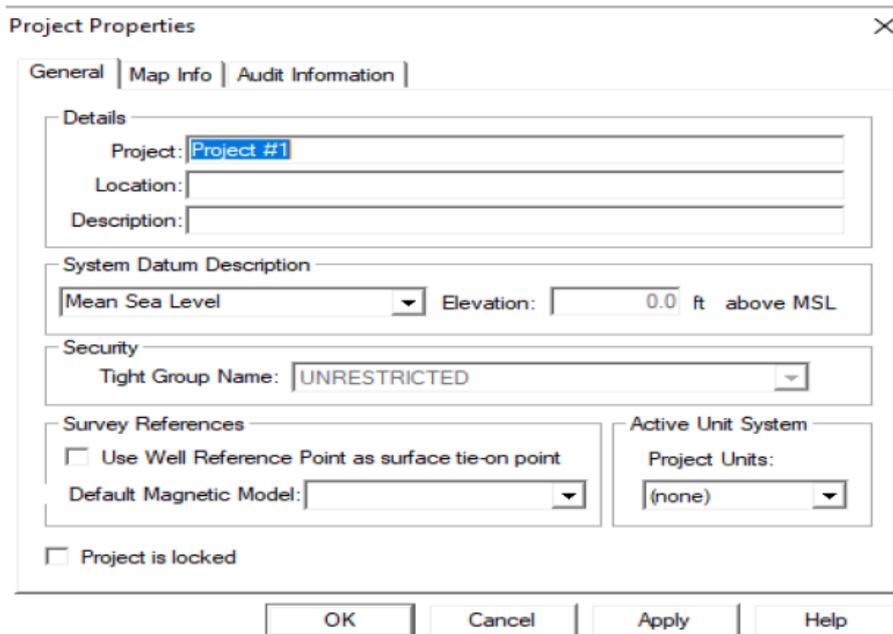


Figura 7. Propiedades del proyecto (COMPASS)

- 5) Se da clic en la pestaña Map info, en Geodetic System donde se selecciona Universal Transverse Mercator (UTM), automáticamente se llena lo demás, y se da clic en ok.

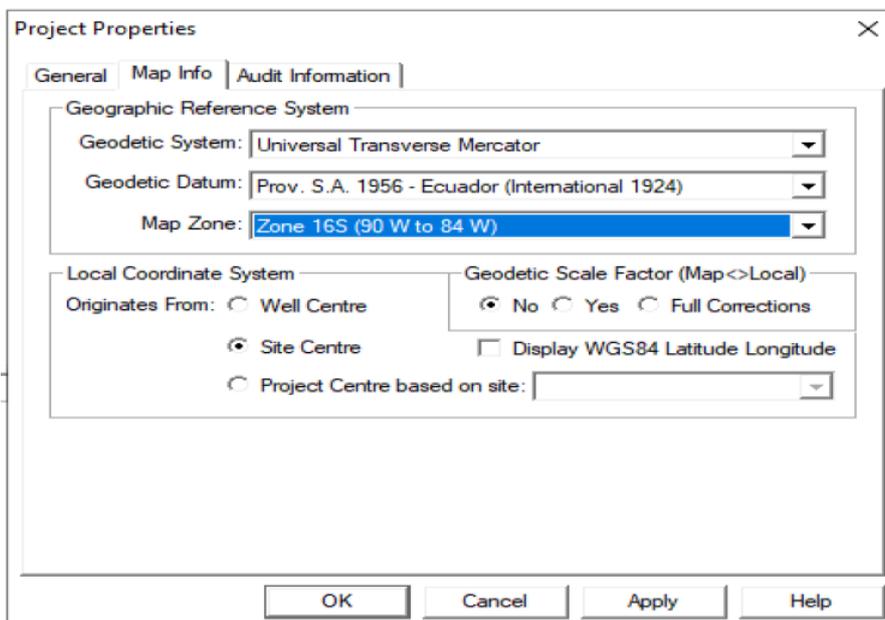


Figura 8. Selección del sistema geográfico (COMPASS)

- 6) A continuación, aparece un cuadro para crear un nuevo sitio, donde se da clic en yes, y aparece el cuadro de las propiedades del sitio donde se coloca como nombre sitio 1 y en Defaut Site Elevation se coloca 125 ft.

Site Properties

General | Location | Magnetic Field Errors | Audit Information

Details

Site: Site 1

District:

Block:

Default Site Elevation: 125.0 ft above Mean Sea Level

Security

Tight Group Name: UNRESTRICTED

Site is locked

OK Cancel Apply Help

Figura 9. Definición de las propiedades del sitio (COMPASS)

- 7) Luego se da clic en la pestaña Location y clic en map donde se colocan las coordenadas de superficie tanto en el norte como en el este y por último se da clic en ok.

Site Properties

General | Location | Magnetic Field Errors | Audit Information

Centre Location

None Use Local Co-ordinates Only Scale Factor: 0.99966464

Map Northing: 9879004.80 m Easting: 427738.50 m

Geographic Latitude: 1° 5' 40.551 S Longitude: 87° 38' 58.107 W

Lease Line +FSL/-FNL: 0.0 ft +FWL/-FEL: 0.0 ft

Location Uncertainty

Radius of Uncertainty: 0.0 ft (2.0 sigma) Slot Radius: 13.200 in

Azimuth Reference

North Reference: True Grid Convergence Angle: 0.01 ° (from True North)

OK Cancel Apply Help

Figura 10. Ingreso de las coordenadas del sitio (COMPASS)

- 8) A continuación, aparece un cuadro para crear un nuevo pozo y se da clic en yes, donde sale un cuadro con las propiedades del pozo y se coloca el nombre de pozo 1 y se presiona ok.

Well Properties

General | Depth Reference | Location | Associated Partners | Audit Information

Details

Well (Common): Well #1

Well (Legal):

Description:

Location String:

U.W.I.:

API No.:

Security

Tight Group Name: UNRESTRICTED

Active Unit System

Well Units: API

Well is locked

OK Cancel Apply Help

Figura 11. Propiedades del pozo (COMPASS)

- 9) Con lo realizado se muestra un cuadro en el cual se selecciona Create Plan y aparece un nuevo cuadro con las propiedades del diseño del plan, en el que se coloca el nombre pozo tipo horizontal y se da clic en ok.

Plan Design Properties

General | Tie-on | Survey Tool Program | Vert Section | Audit Information | Change History

Details

Name: Design #1

Description:

Version:

Effective Date: 12/16/2021

Prototype Lookahead (Actual+Plan)

Planned (Principal) BOT DLS: 0.00 %/100ft

Depth Reference Information

Mean Sea Level (System)

Datum Elevation: 0.0ft

Air Gap (Ground): 0.0ft

Ground Elevation: 0.0ft

Mean Sea Level

Design is locked

OK Cancel Apply Help

Figura 12. Propiedades de diseño del plan (COMPASS)

- 10) A continuación, aparece la tabla para diseñar la trayectoria, en el cual se coloca en MD el KOP, es decir, donde se desea que empiece la inclinación de la trayectoria, en este caso empieza en 800 ft, en la inclinación y el azimut se coloca 0, y automáticamente el programa calcula el TVD, N/S, E/W, Dogleg, T.F, Build, Turn.

	MD (ft)	CL (ft)	Inc (°)	Azi (°)	TVD (ft)	NS (ft)	EW (ft)	V.Sec (ft)	Dogleg (°/100ft)	T.Face (°)
1	0.0		0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2	8000.0	8000.0	0.00	0.00	8000.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3	10786.0	2786.0	90.00	141.69	9773.6	-1391.7	1099.5	1773.6	3.23	141.69
4	14700.0	3914.0	90.00	141.69	9773.6	-4462.9	3525.8	5687.6	0.00	0.00
5										

Figura 13. Ingreso de datos para el diseño (COMPASS)

- 11) Antes de seguir con la planificación de la trayectoria se deben colocar los objetivos, para lo cual se da clic derecho en Wellbore y clic en Target. Con esto aparece un cuadro en el que se colocan las coordenadas del objetivo y el TVD.

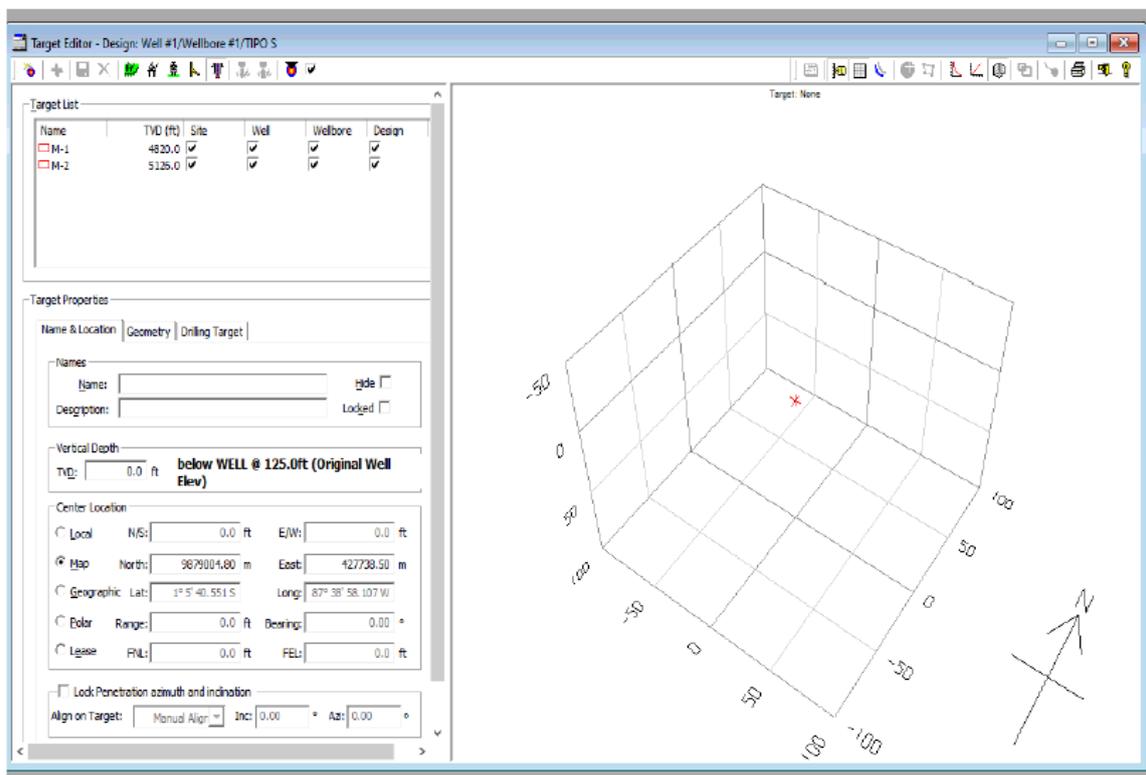


Figura 14. Ingreso de datos del objetivo y TVD (COMPASS)

- 12) Luego de terminar el ingreso de todos los datos en cada una de las tablas se da clic en la pestaña Save que se encuentra en la parte superior para guardar todo lo realizado anteriormente.
- 13) Una vez guardado se da clic en 3D view, donde aparece la trayectoria realizada, se da clic en toggle targets para observar los objetivos del pozo.
- 14) Una vez realizado todo se repiten cada uno de los pasos mencionados anteriormente para el diseño de la trayectoria del otro pozo.

3.5. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

3.5.1. Pozo SAKO - 15.

En la siguiente tabla se presentan los fluidos de perforación base agua utilizados en la perforación de cada sección del SAKO 15:

Tabla 5. Fluidos empleados en el SAKO 15

Fluido Nativo Disperso
Nitrato de Calcio
Fluido Polímero
Fluido Drill In

- **Sección 16''.** En esta sección se emplearon tres fluidos diferentes el nativo disperso, el nitrato de calcio y el fluido polímero, por lo cual se presentarán tres tablas con las propiedades de cada fluido:

Tabla 6. Sección 16 - Nativo Disperso

Propiedad	Programada		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	8,4	8,9	8,4	8,9
Viscosidad E, sec/qt	27	32	27	29
Visc. Plastica, cp	2	5	2	3
Punto cedente, lbf/100 ft2	4	17	3	4
Contenido ion Ca++, ppm	NA	NA	NA	NA
pH	NA	NA	NA	NA
% de Sólidos	NA	NA	NA	NA

Tabla 7. Sección 16 - Nitrato de Calcio

Propiedad	Programada		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	8,9	9,6	8,9	9,6
Viscosidad E, sec/qt	28	32	27	31
Visc. Plastica, cp	2	6	3	5
Punto cedente, lbf/100 ft2	4	10	3	10
Contenido ion Ca++, ppm	1800	2000	1500	1850
pH	NA	NA	NA	NA
% de Sólidos	NA	NA	NA	NA

Tabla 8. Sección 16 - Polímero

Propiedad	Programada		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	9,6	10,3	9,6	10,3
Viscosidad E, sec/qt	28	39	35	45
Visc. Plastica, cp	6	12	7	14
Punto cedente, lbf/100 ft2	12	15	13	20
Filtrado API, cc/30 min	<	16	13,9	15,8
pH	7,5	8,6	8	9
% de Sólidos	NA	NA	4	8

- **Sección 12 1/4''.** En esta sección se utilizó un solo fluido de perforación, el polímero a continuación, se presentan sus propiedades:

Tabla 9. Sección 12 1/4 - Polímero

Propiedad	Programada		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	9,3	11	9,3	11
Viscosidad E, sec/qt	28	50	35	59
Visc. Plastica, cp	6	18	7	23
Punto cedente, lbf/100 ft2	8	14	9	11
Filtrado API, cc/30 min NAPO	≤	10	9,5	10
TENA	≤	8	6	9,4
pH	7,5	8,6	7,5	9,2
% de solidos	NA	NA	4	13,5

- **Sección 8 3/8''.** En esta sección se empleó un solo fluido de perforación el polímero a continuación, se presentan sus propiedades:

Tabla 10. Sección 8 3/8 - Polímero

Propiedad	Programada		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	10,3	10,5	10,2	10,7
Viscosidad E, sec/qt	50	60	74	77
Visc. Plastica, cp	17	22	36	39
Punto cedente, lbf/100 ft2	24	32	39	41
Filtrado API, cc/30 min	≤	5,5	4	4
pH	7,5	9,5	8	9,58
% de Sólidos	NA	NA	12,5	16

- **Sección 6 1/8''.** En esta sección se empleó un solo fluido el drill in para zona de interés, a continuación, se presentan sus propiedades:

Tabla 11. Sección 6 1/8 - DRILL IN

Propiedad	Programada		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	8,8	8,9	8,8	8,9
Viscosidad E, sec/qt	40	65	62	78
Visc. Plastica, cp	16	25	27	29
Punto cedente, lbf/100 ft2	26	32	32	34
Filtrado API, cc/30 min	<	5,5	5,3	5,4
pH	7,5	9,5	8,67	9,91
% de Sólidos	NA	NA	NA	NA

3.5.2. Pozo SAKO - 24.

En la siguiente tabla se presentan los fluidos de perforación base agua utilizados en la perforación de cada sección del SAKO 24:

Tabla 12. Fluidos empleados en el SAKO 24

Fluido Nativo Disperso
Nitrato de Calcio
Fluido Polímero
Fluido Drill In

- **Sección 16''.** En esta sección se emplearon tres fluidos diferentes el nativo disperso, el nitrato de calcio y el polímero, por lo cual se presentarán tres tablas con las propiedades de cada fluido:

Tabla 13. Sección 16 - Nativo Disperso

Propiedad	Programado		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	8,4	8,9	8,5	8,9
Viscosidad E, sec/qt	27	32	28	28
Visc. Plastica, cp	2	5	2	3
Punto cedente, lbf/100 ft2	4	17	3	4
Contenido ion Ca++, ppm	NA	NA	NA	NA
pH	NA	NA	NA	NA
% de Sólidos	NA	NA	NA	NA

Tabla 14. Sección 16 - Nitrato de Calcio

Propiedad	Programado		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	8,9	9,6	8,9	9,6
Viscosidad E, sec/qt	28	32	27	29
Visc. Plastica, cp	2	6	2	4
Punto cedente, lbf/100 ft2	4	10	3	6
Contenido ion Ca++, ppm	1800	2000	1700	1920
pH	NA	NA	NA	NA
% de Sólidos	NA	NA	NA	NA

Tabla 15. Sección 16 - Polímero

Propiedad	Programado		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	9,6	10,3	9,6	10,3
Viscosidad E, sec/qt	28	39	32	35
Visc. Plastica, cp	6	12	7	9
Punto cedente, lbf/100 ft2	12	15	11	15
Filtrado API, cc/30 min	<	16	13	16
MBT, lpb	5	ALAP	NA	NA
pH	7,5	8,6	7,1	8,2
% de Sólidos	NA	NA	6,5	14

➤ **Sección 12 1/4''.** En esta sección se utilizó un solo fluido de perforación el polímero a continuación, se presentan sus propiedades:

Tabla 16. Sección 12 1/4 - Polímero

Propiedad	Programado		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	9,3	11	9,3	11
Viscosidad E, sec/qt	28	50	33	51
Vsic plastica, cp	6	18	6	17
Punto cedente, lbf/100 ft2 TENA	8	14	9	12
Filtrado API, cc/30 min TENA	≤	10	9,1	9,8
Filtrado API, cc/30 min NAPO	≤	8	6,5	7,1
pH	7,5	8,6	7,2	8,9
% de Sólidos	NA	NA	5	13

- **Sección 8 3/8''**. En esta sección se empleó un solo fluido de perforación el polímero a continuación, se presentan sus propiedades:

Tabla 17. Sección 8 3/8 - Polímero

Propiedad	Programado		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	10,3	10,7	10,3	11
Viscosidad E, sec/qt	50	60	60	71
Visc. Plastica, cp	17	26	18	24
Punto cedente, lbf/100 ft2	24	40	24	32
Filtrado API, cc/30 min	≤	5,5	4,8	5,3
pH	7,5	9,5	8	9,58
% de Sólidos	NA	NA	8,5	15

- **Sección 6 1/8''**. En esta sección se empleó un solo fluido el drill in para zona de interés, a continuación, se presentan sus propiedades:

Tabla 18. Sección 6 1/8 - DRILL IN

Propiedad	Programado		Real	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Densidad, lpg	8,8	8,9	8,8	8,9
Viscosidad E, sec/qt	40	65	55	64
Visc. Plastica, cp	16	25	18	20
Punto cedente, lbf/100 ft2	26	32	24	29
Filtrado API, cc/30 min	<	5,5	5	5,4
% de Sólidos	NA	NA	2	2,5

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS TRAYECTORIAS REALIZADAS EN EL SOFTWARE COMPASS

4.1.1. Trayectoria del pozo SAKO – 15.

El pozo SAKO 15 fue diseñado como un pozo de desarrollo para ser perforado con trayectoria horizontal en el bloque Sacha, consta con 4 secciones: 16'', 12 1/4'', 8 1/2'' y 6 1/8'', y con 4 revestidores: superficial de 13 3/8'', intermedio de 9 5/8'', un liner de producción de 7'' y un liner de producción de 5''.

En la trayectoria del pozo horizontal SAKO – 15 diseñada con el software COMPASS se estimaron 149 estaciones o paradas (ver anexo A1), cada estación cuenta con 100 ft de separación entre sí. Desde la estación 1 hasta la estación 81 el ángulo de inclinación toma valores de 0. Se infiere que a partir de la estación 82 a una profundidad de 8.100 ft, el ángulo de inclinación toma el valor de 3,23 grados, lo que indica que la dirección de la trayectoria empieza a cambiar. A partir de la estación 109 hasta la estación 149 el valor del ángulo se muestra constante en 90 grados hasta llegar al objetivo en 14.700 ft (ver figuras 15 - 16).

Según el informe técnico, los datos obtenidos en la trayectoria del pozo SAKO – 15 cuenta con 136 estaciones (ver anexo A2) contando con 100 ft entre sí, desde la estación 1 a la estación 12, a partir de la estación 13 hasta la estación 136 cuentan con una separación que varía de 94 a 95 ft. En el ángulo de inclinación indican valores desde 0 a 7 grados, iniciando desde la estación 1 hasta la 45 a una profundidad de 4276 ft. Partiendo de la estación 46 que indica el valor de 1,6 grados el ángulo de inclinación

va incrementando hasta la estación 130 donde toma el valor de 87,2 grados. Desde ahí hasta la estación 136 que es el punto del objetivo a 12.866 ft se muestra un valor constante de 86 grados.

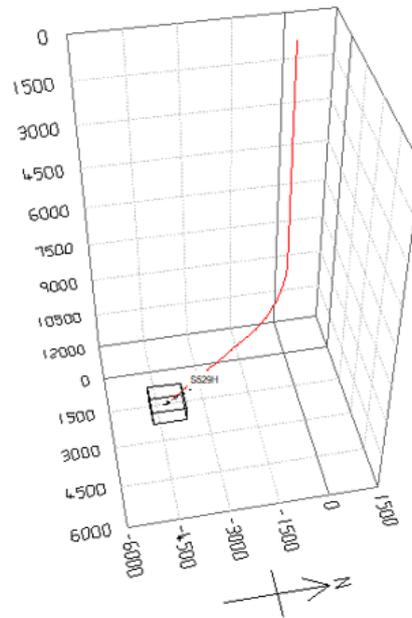


Figura 15. Trayectoria del pozo SAKO 15, vista 3D – COMPASS

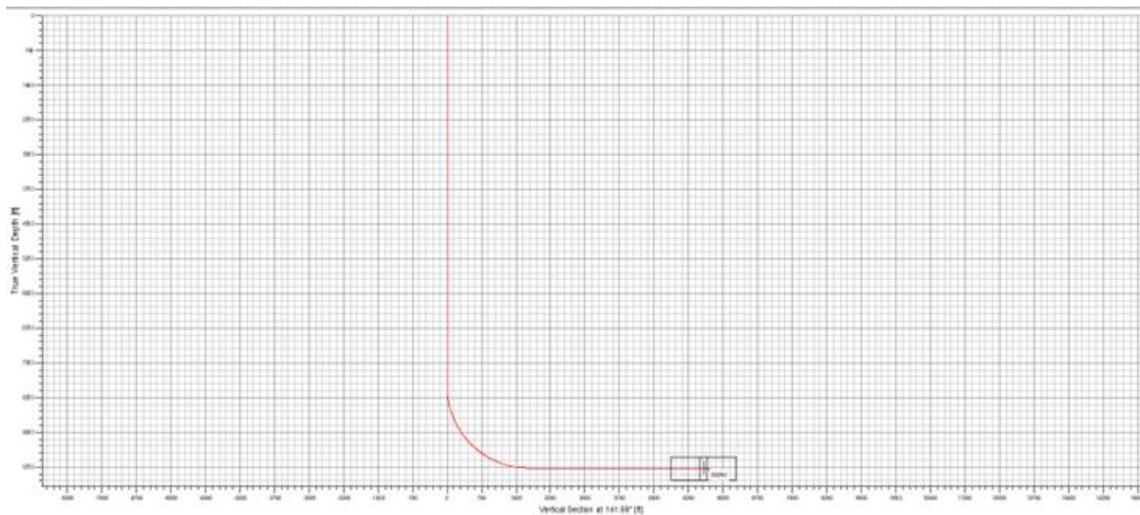


Figura 16. Trayectoria del pozo SAKO 15, vista 2D – COMPASS

En base a los resultados mencionados, se puede observar que en las tablas 1 y 2 de los datos programados y reales de la empresa, existe una variación en los resultados. Esto se debe a que en el diseño de la trayectoria realizada con el software COMPASS se tomaron en cuenta los problemas que han ocurrido en pozos vecinos que ya han sido perforados, por tal motivo este diseño cuenta con más paradas. Los problemas tomados en cuenta fueron: aumento de presión, pérdidas de fluidos, sobrepresión, pérdidas de

circulación, atascamiento de tubería y fracturas de las rocas, en total de todos los problemas sucedidos sumaron un total de 20 horas de tiempos no productivo.

Sin embargo, los problemas que se presentaron dentro de las secciones perforadas del pozo SAKO 15 fueron: en la sección 16" se suscitaron problemas como los puntos apretados, arrastre desde 650 ft hasta 6543 ft, del mismo modo dentro de la sección 12 ¼" presentó problemas tales como el asentamiento de tubería, pérdidas de fluidos desde 7797 ft hasta 8835 ft, inclusive en la sección 8 3/8" se encontraron con problemas como los aumentos de rípios, fracturas de la roca desde 10785 ft hasta 11982 ft, finalmente en la sección 6 1/8" se suscitaron problemas como por ejemplo el aumento de torque, una leve sobrepresión y las pérdidas de peso en la sarta desde 11985 ft hasta 12300 ft. Tomando en cuenta dichos problemas, se puede decir que los tiempos no productivos fueron menos de lo esperado, ya que pudieron prevenirse de tal manera que se dieron solución tomando en cuentas las diferentes recomendaciones, por tanto, la trayectoria real cuenta con menos paradas, dando un total de 15 horas no productivas.

4.1.2. Trayectoria del pozo SAKO – 24.

El pozo SAKO 24 también fue diseñado como un pozo de desarrollo para ser perforado con trayectoria horizontal en el bloque Sacha, consta con 4 secciones: 16'', 12 1/4'', 8 1/2'' y 6 1/8'', y con 4 revestidores: superficial de 13 3/8'', intermedio de 9 5/8'', un liner de producción de 7'' y un liner de producción de 5''.

En la trayectoria del pozo horizontal SAKO – 24 diseñada en el software COMPASS se cuenta con 137 estaciones o paradas (ver anexo B1), cada estación cuenta con 100 ft entre sí. Desde la estación 1 hasta la estación 71 el ángulo de inclinación se mantiene constante en 0. Partiendo de estos datos se infiere que desde la estación 72 a una profundidad de 7.100 ft, el ángulo de inclinación toma el valor de 2,06 grados, lo que indica que la dirección de la trayectoria empieza a cambiar. En base a lo anterior el ángulo de inclinación apunta un incremento hasta la estación 114 donde toma el valor de 88,46 grados a una profundidad de 11.300 ft. A partir de la estación 115 hasta la 137 que es la estación del objetivo a 13.500 ft, el valor del ángulo se muestra constante en 90 grados (ver figuras 17 - 18).

En los informes técnicos los datos de la trayectoria del pozo SAKO – 24 cuenta con 165 estaciones (ver anexo B2) de las cuales la mayoría tiene 100 ft entre sí, con la excepción de 34 estaciones en las cuales la separación entre sí varía de 45 a 95 ft. Desde la estación 1 hasta la estación 53 a una profundidad de 4.600 ft, el ángulo de inclinación muestra valores que varían desde 0 a 9 grados. Partiendo desde la estación 54 que indica el valor de 1,7 grados, se infiere que el ángulo de inclinación empieza a incrementar hasta la estación 61 donde toma el valor de 13,6 grados. Pero desde la estación 62 hasta la 77 el ángulo se mantiene constante en 15 grados, y a partir de la estación 78 la inclinación vuelve a aumentar hasta la estación 157 donde toma el valor de 85,67 grados a una profundidad de 12.000 ft. Con esto se asume que desde la estación 158 a la 165 donde es el punto del objetivo a 12.639 ft, el valor del ángulo de inclinación se mantiene constante en 87 grados.

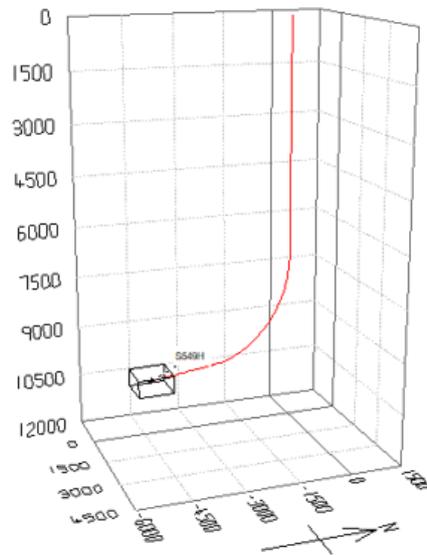


Figura 17. Trayectoria del pozo SAKO 24, vista 3D - COMPASS

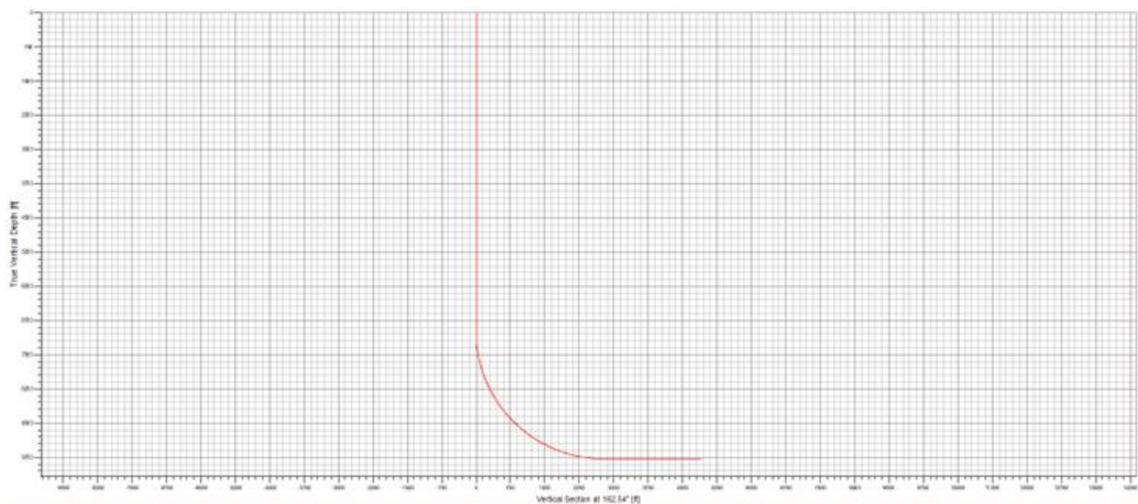


Figura 18. Trayectoria del pozo SAKO 24, vista 2D – COMPASS

Dados los resultados se puede observar que existen diferencias entre los datos obtenidos por el software COMPASS y los datos reales que se encuentran en las tablas 3 y 4. Esta diferencia se debe a que en el diseño de la trayectoria realizada con el software COMPASS no se tienen en cuenta todos los problemas que surgieron en los pozos cercanos que ya han sido perforados, por tal motivo este diseño cuenta con menos paradas. Los problemas a considerar incluyen: aumento de presión, pérdidas de fluidos, sobrepresión, pérdidas de circulación, atascamiento de tubería y fracturas de las rocas.

Sin embargo, dentro de las secciones perforadas se presentaron otros problemas, los cuales fueron: en la sección 16" hubieron problemas como puntos apretados, arrastre desde 496 ft hasta profundidades de 5440 ft, así mismo en la sección 12 ¼" aparecieron problemas como el asentamiento de tubería, pérdida de fluidos, aumentos de rípios a profundidades desde 7560 ft hasta 8612 ft, también dentro de las secciones 8 3/8" existieron problemas como las fracturas de la roca, aumento de torque, una leve sobrepresión, y en la sección 6 1/8" a 10635 ft y 11011 ft se tuvieron eventos de pérdida de rotación y circulación y una sobretensión (overpull) que es la cantidad de tensión que se requiere para sacar la tubería, es decir, la sumatoria entre el arrastre y el peso de la sarta en el pozo, lo cual generó la realización de más paradas para hacer las pruebas necesarias en el trabajo de la sarta, por lo tanto los problemas sucedidos dieron un total de 25 horas de tiempos no productivos. Por tanto, la trayectoria real cuenta con más paradas.

4.1.3. Comparación de las trayectorias.

Los diseños de trayectoria de los pozos SAKO 15 Y SAKO 24 apuntan a ser similares tanto por la gráfica de la trayectoria, por los fluidos empleados durante su perforación, y por las estaciones programadas vs las reales, debido a que en ambos pozos no se cumplió con las paradas que se habían estimado realizar de acuerdo a lo programado.

Sin embargo, difieren en las estaciones reales debido a que durante la perforación del pozo SAKO 24 éste presentó más problemas, lo que aumentó el número de paradas realizadas. En la sección 8 3/8" se realizó un viaje corto hasta el zapato casing de 9 5/8" donde se evidenciaron problemas de altos torques en todas las zonas

de las calizas, incluso por dos ocasiones a 11011 ft y 10635 ft se tuvieron eventos de pérdida de rotación y circulación que fueron solucionados con una correcta práctica operacional. También se tuvo un overpull por lo que se tuvieron que realizar más pruebas y por ende más paradas para verificar que el funcionamiento de la sarta tenga éxito y seguir con la perforación programada. Antes de realizar el trabajo de cementación también ocurrieron problemas de sobrepresiones y material proveniente de la tubería, pero se lograron estabilizar los parámetros y se realizó la cementación de acuerdo al programa.

Tomando en cuenta los problemas presentados en el pozo SAKO 24, se puede asumir que los tiempos no productivos fueron más de lo esperado en comparación con el pozo SAKO 15 el cual presentó menos problemas y por ende se realizaron menos paradas de lo programado.

4.2. ANÁLISIS DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN EMPLEADO

4.2.1. Fluido empleado en el pozo SAKO 15.

- a) *Sección 16''*. Para la perforación de esta sección se inicia con el sistema de fluido Nativo Disperso en una densidad inicial de 8,4 lpg (ver tabla 5) para perforar las zonas superficiales que no son consolidadas hasta 400 ft. Se inició con parámetros bajos de perforación (80 gpm, 10-15 Klbs WOB) para evitar fracturamientos superficiales y pérdida de fluido hacia la formación. A 400 ft después se convirtió el sistema de fluidos Nativo Disperso a sistema de fluidos Nitrato de Calcio, empezando con las propiedades descritas en la tabla 6, con este se perforó hasta 5373 ft, luego se desplazó el fluido Nitrato de Calcio con 2000 bbl de fluido polímero con las propiedades descritas en la tabla 7 y se perforó hasta 6543 ft punto casing. Adicional, se bombeó alternadamente píldora dispersa para ayudar a erosionar el pozo (anexo C1), limpiar el BHA direccional de cualquier elemento arcilloso y mantener la densidad de acuerdo a la curva. El equipo de control de sólidos trabajó de forma adecuada eliminando de forma primaria los sólidos no deseados de perforación del sistema activo. Se realizó la estación de circulación a 5373 ft previo al cambio de fluido. Ya en punto de casing de 13 3/8" a la profundidad de 6543 ft, se bombeó doble tándem de

píldoras de baja y alta reología y circuló hasta observar retornos limpios en zarandas.

- b) Sección 12 1/4''.* Inicia la perforación con fluido Polímero con las propiedades descritas en la tabla 8, posterior al desplazamiento adiciona lubricante al sistema y mantiene al 3% durante la perforación. Como tratamiento para ajuste de propiedades, adicionó controlador de filtrado CCDC PAC LV/HV (ver anexo D1). Mantuvo el uso de píldoras de baja y alta reología en tándems para mejorar la eficiencia de limpieza durante la perforación de toda la Formación Tena y zonas Arcillosas de Formación Tiyuyacu. Durante la perforación en Formación Tiyuyacu y Tena mantiene un fluido disperso con valores reológicos bajos. Se trabaja ocasionalmente conforme fue necesario con centrifugas para controlar densidad y limpiar fluido. A la profundidad de 9323 ft, realizó estación de circulación, bombeó 100 bls de píldora dispersa y 80 bbls de píldora visco pesada y circuló hasta retornos limpios en zarandas. A esta misma profundidad realizó dilución programada de 1000 bls de nuevo fluido y homogeniza la densidad del sistema hasta 11 lpg de acuerdo a lo planificado. En punto de casing a 10858 ft, bombeó 80 bls de píldora viscosa pesada sellante y circuló hasta retornos limpios en zarandas. Los viajes realizados se observaron libres, al igual que la corrida de revestimiento 9 5/8''. Realizó cementación de acuerdo al programa, sin observar retorno de espaciadores o cemento en superficie.
- c) Sección 8 3/8''.* La sección fue perforada con sistema de fluido Polímero hasta punto de liner 7" a 11982 ft iniciando con las propiedades descritas en la tabla 9. Realizó desplazamiento del fluido Polímero de la sección anterior por nuevo fluido Polímero de 10,3 lpg. Previo al ingreso a formación Arena U, incrementó lubricidad del fluido hasta 9% de diésel, homogenizó la densidad y continuó perforando sección. Concentraciones de productos para control de filtrado como polímeros Pac-LV y almidón LS-2 (ver anexo D1) se llevaron a su valor máximo para iniciar y mantener un filtrado API en 4 mls a lo largo de toda la sección. A lo largo de toda la sección bombeó 40 bbls de píldoras viscosas pesadas preparadas con Carbonato de calcio hasta 11,8 lpg y de 11,8 lpg hasta 12,5 lpg con barita. A Profundidad de liner 7'' (11982 ft), se bombeó 60 bbls de píldora viscosa-pesada-sellante (12,5 lpg), realizó viaje libre hasta zapato casing

9 5/8'' y así mismo retornó libre al fondo. Bombeó doble píldora viscosa-pesada y circuló hasta retornos limpios en zarandas, al incorporar las píldoras se incrementó la densidad del fluido de 10,5 lpg hasta 10,7 lpg para bajada de liner. A profundidad de zapato casing 9 5/8'', bombeó 40 bls de píldora viscosa de alta reología y circuló sin observar aumento de cortes en zarandas. Previo a trabajo de cementación se observaron altas presiones y material proveniente de la tubería, pero se estabilizaron los parámetros y se realizó la cementación de acuerdo al programa.

d) Sección 6 1/8''. Esta sección fue perforada con fluido DRILL IN hasta 12866 ft con las propiedades descritas en la tabla 10. Toda la sección fue perforada en circuito corto al tanque de succión-1 para minimizar el volumen que se generó durante toda la sección. Se realizó el desplazamiento del fluido Polímero por el nuevo fluido DRILL IN para la zona de interés. En la concentración de los productos se adicionó PAC-LV/LS-2 para control de filtrado, XC-HV para mantener propiedades reológicas, REFIT para control de alcalinidad, XCS-III como glicol/estabilizador, y CaCO₃-200 como material de puenteo (ver anexo D1). Se trabajó esporádicamente con centrífugas decantadoras para mantener la densidad del sistema activo según el plan establecido. La limpieza fue reforzada con el bombeo de píldoras viscosas cada dos paradas perforadas. En superficie se observa cortes normales en forma, tamaño y cantidad. Por petición de la operadora, a 12540 y 12614 pies, se bombeó 40 bbl de píldora lubricada (3% v/v), para la perforación de próximos pozos horizontales de configuración similar, se sugiere el bombeo de estas píldoras en caso de ser necesario o si las condiciones de perforación lo ameriten.

➤ **Curva de densidad en función de la profundidad.**

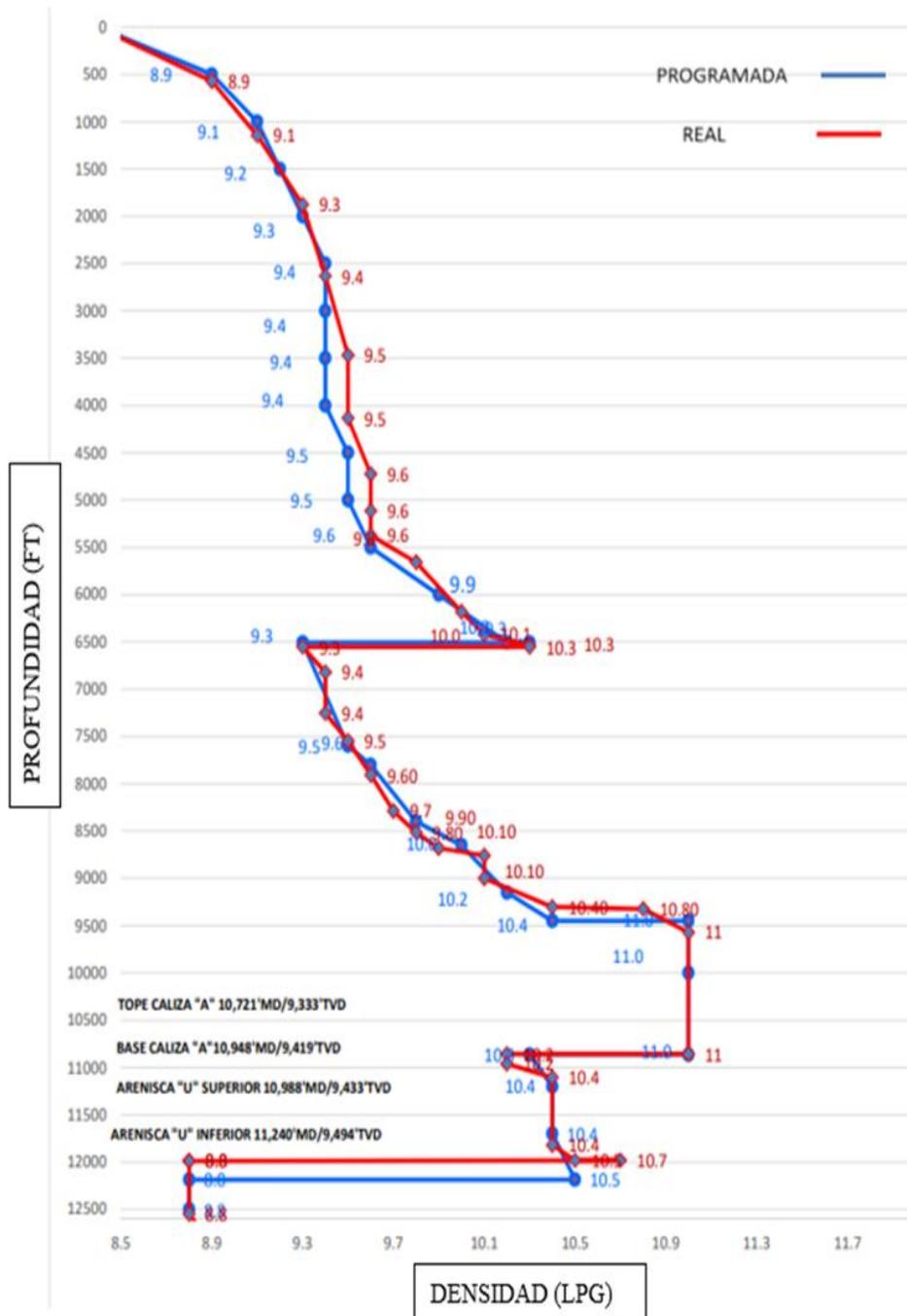


Figura 19. Curva de densidad programada vs, real del pozo SAKO 15

4.2.2. Fluido empleado en el pozo SAKO 24.

- a) *Sección 16''*. Para la perforación de esta sección se inició con el sistema de Fluido Nativo Disperso en densidad inicial de 8,4 lpg para perforar las zonas superficiales que no son consolidadas hasta 496 ft, con las propiedades descritas en la tabla 11. Se inició con parámetros bajos de perforación (80 gpm, 10-15

Klbs WOB) para evitar fracturamientos superficiales y pérdida de fluido hacia la formación. A 496 ft después se convirtió el sistema de fluidos Nativo Disperso a sistema de fluidos Nitrato de Calcio con las propiedades descritas en la tabla 12, con éste se perforó hasta 5440 ft. Previo al ingreso de la Formación Orteguaza se desplazó el Fluido Nitrato de Calcio por el Fluido Polímero con las propiedades descritas en la tabla 13, con el cual se perforó hasta 6462 ft el punto casing. En esta sección se mantuvo la concentración del ion Calcio entre 1500 - 1900 ppm (ver anexo D2) dejando depletar la concentración de calcio los últimos 500 ft perforados. Adicional se bombearon píldoras dispersas (ver anexo C2), de acuerdo a la necesidad de las operaciones, para ayudar a erosionar el pozo, limpiar el BHA direccional de cualquier elemento arcilloso y mantener la densidad de acuerdo al plan de diseño. Se trabajó con las centrifugas decantadoras de control de sólidos durante la perforación de los 6462 ft. El equipo de control de sólidos trabajó de forma adecuada eliminando de forma primaria los sólidos no deseados de perforación. Se realizó la estación de circulación a 5440 ft previo el cambio del fluido. Ya en punto de casing de 13 3/8" a la profundidad de 6462 ft, se bombeó doble tándem de píldoras de baja y alta reología y circuló hasta observar los retornos limpios en las zarandas.

- b) Sección 12 1/4".** La perforación de esta sección se realiza con Fluido Polímero con las propiedades descritas en la tabla 14, posterior al desplazamiento del fluido anterior se adiciona un lubricante al sistema y se mantiene al 2% durante la perforación de formación Tiyuyacu. Las concentraciones de productos (ver anexo D2) estabilizadores/inhibidores como Asfalto (SFT) hasta 4 lpb, resina (CCDC G-325) hasta 2 lpb, glicol (CCDC XCS III) 2 lpb y densidad del sistema se ajustaron antes de entrar a perforar la formación Basal Tena. En formación Napo bombeó 60 bbl de píldoras visco-pesadas-sellantes (ver anexo C2) cada parada perforada. Normalmente se trabajó conforme fue necesario con las centrifugas para controlar la densidad y limpiar el fluido. A la profundidad de 9133 ft, se realizó la estación de circulación, bombeando 100 bls de píldora dispersa y 80 Bbls de píldora viscosa pesada y circuló hasta retornos limpios en zarandas. A esta misma profundidad se realizó una dilución programada de un nuevo Fluido Polímero y homogeniza la densidad del sistema hasta 11 lpg de acuerdo a lo planificado. Durante la perforación de formación Napo se bombeó

píldoras visco-pesadas sellantes con 13,5 lpg cada parada perforada. En punto de casing a 10504 ft se bombeó dos píldoras (80 bls cada una) viscosas pesadas sellantes y se circuló hasta retornos limpios en las zarandas. De regreso al fondo en 9612 ft se bombeó 80 bls de píldora viscosa sellante y volvió a circular hasta retornos limpios. Una vez que se realizó la corrida del revestidor de 9 5/8" sin observar restricciones u obstrucciones se procedió a realizar la cementación de acuerdo al programa, sin observar retorno de espaciadores o cemento en superficie.

c) **Sección 8 3/8''**. La sección fue perforada con sistema de Fluido Polímero hasta punto de liner 7" a 11764 ft con las propiedades descritas en la tabla 15. Previo al ingreso de la formación Arena U, se incrementó la lubricidad del fluido hasta 9% v/v de diesel, con esto se homogenizó la densidad y se continuó perforando la sección. Las concentraciones de los productos para control de filtrado como polímeros Pac-LV y almidón LS-2 se llevaron a su valor máximo para iniciar y mantener un filtrado API en 4,5 - 5,2 cc a lo largo de toda la sección. De igual manera se trabajó con materiales inhibidores y estabilizadores de lutita en máximas concentraciones de acuerdo al programa previo al inicio de perforación; XCS-III (glycol) inhibidor/estabilizador, G-325 (resina) estabilizador de lutitas, SFT (asfalto) material de sello/estabilizador, CaCO₃-325/200 y barita como material densificante. Ocasionalmente se trabajó con centrífugas decantadoras para mantener la densidad del sistema según lo programado. A lo largo de toda la sección se bombeó 40 bbls de píldoras viscosas-pesadas-sellantes preparadas con carbonato de calcio hasta 10 lpg y de 10 lpg hasta 12,5 lpg con barita. A una profundidad de 11764 ft en el liner de 7'' se bombeó dos píldoras viscosa-pesada-sellante de 60 bbl cada una. Luego se realizó un viaje corto hasta el zapato casing de 9 5/8'' donde se evidenciaron problemas de altos torques en todas las zonas de las calizas, incluso por dos ocasiones a 11011 ft y 10635 ft se tuvieron eventos de pérdida de rotación y circulación que fueron solucionados con una correcta práctica operacional. El retorno al fondo con el BHA direccional fue libre sin obstrucciones a excepción del tramo de 10620 ft hasta 10645 ft, en donde se bajó repasando y calibrando el pozo, pero esto se realizó sin ningún contratiempo. A la profundidad del zapato casing de 9 5/8" se bombeó 40 bls de píldora pesada y continuó sacando tubería

libre y seca hasta superficie. Previo al trabajo de cementación se observaron sobrepresiones y material proveniente de la tubería, pero se estabilizaron los parámetros y se realizó la cementación de acuerdo al programa.

d) Sección 6 1/8''. Esta sección fue perforada con fluido DRILL IN hasta 12739 ft con las propiedades descritas en la tabla 16. Se realizó el desplazamiento del Fluido Polímero de 11 lpg por el nuevo fluido DRILL IN para la zona de interés de 8,8 lpg. En la concentración de productos (ver anexo D2) se adicionó PAC-LV/LS-2 para control de filtrado, XCHV para mantener propiedades reológicas, REFIT para control de alcalinidad, XCS-III como glicol/estabilizador, CaCO₃-200 como material de puenteo, STRYN GT para evitar degradación. En la mayor parte de esta sección se trabajó con centrífugas decantadoras para mantener la densidad del sistema según lo programado. La limpieza del pozo fue reforzada con el bombeo de píldoras viscosas de puenteo cada dos paradas perforadas. En una profundidad total de 12739 ft, se bombearon dos píldoras viscosas de puenteo 40 bbl cada una, antes y después del viaje corto programado. Toda la sección fue perforada con una concentración de lubricidad del 1% lo que ayudó a disminuir valores de torques altos durante los cuales fueron observados en anteriores pozos horizontales perforados.

➤ **Curva de densidad en función de la profundidad.**

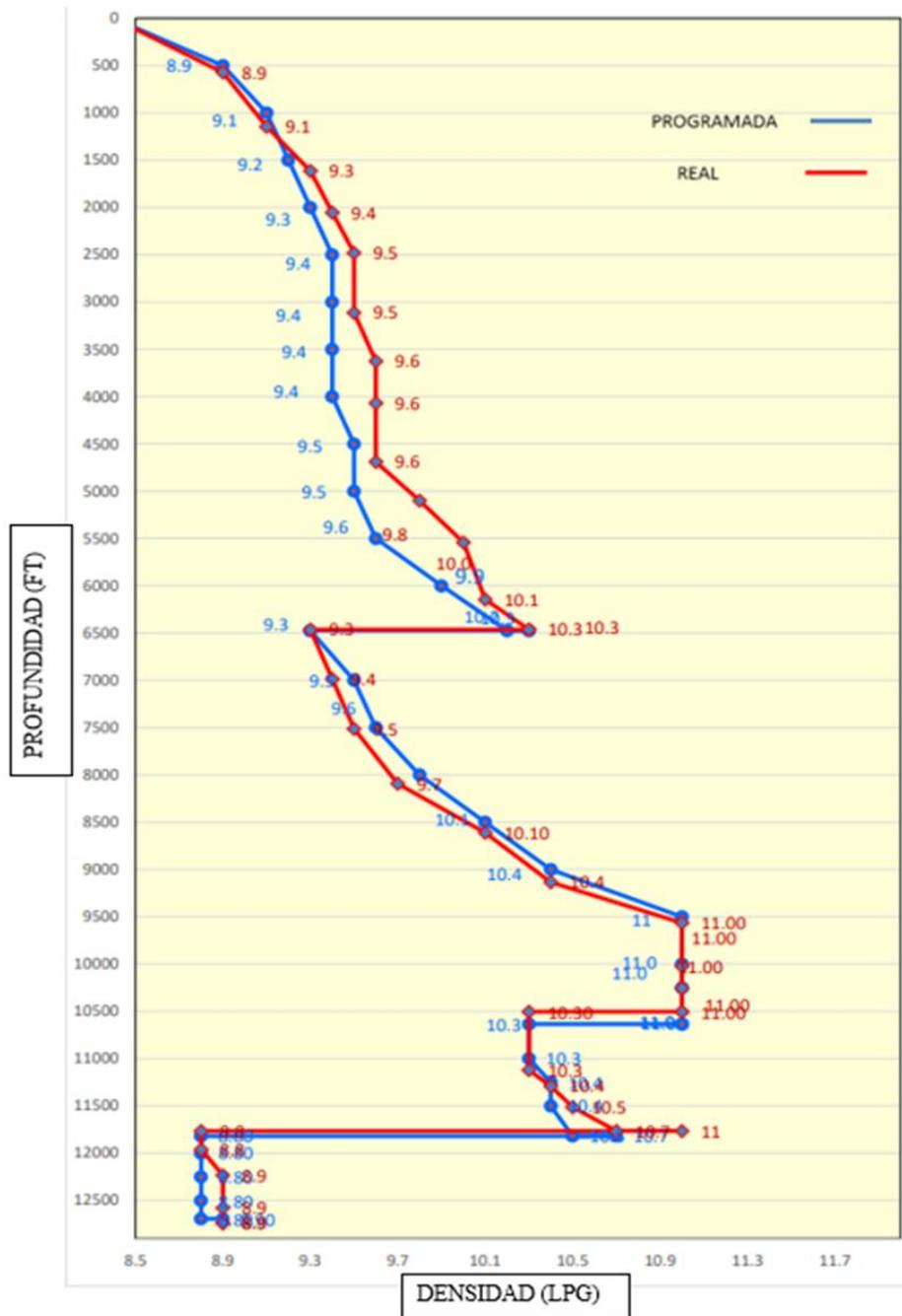


Figura 20. Curva de densidad programada vs, real del pozo SAKO 24

4.3. DISEÑO DEL BHA UTILIZADO EN CADA UNO DE LOS POZOS HORIZONTALES

4.3.1. BHA pozo SAKO – 15.

a) *BHA Convencional #1.* Se perfora desde 48 ft hasta 571 ft en la sección de 16".

Con una longitud de 171.61 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca Tricónica 16"
- Bit sub
- (1) Jts drill collar 8"
- 15" ½ stabilizer
- (3)-1 Jts drill collar 8"
- Xover

b) BHA Direccional #2. Se perfora desde 571 ft hasta 6553 ft en la sección de 16''.

Con una longitud de 1308.04 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca PDC de 16" SDI519MHSBPX
- 9 5/8" Sperrydrill
- 8" Flex float sub
- 14 ¾" Integral stab
- 8" UBHO
- 1x8" Drill collar
- X-over 6 5/8" Reg x 4 ½ IF
- (3) 6 ½" Drill collar
- X-over 4 ½" if x 5.5 HLST54 x 4 ½" If
- 6 ½ " Drilling jar
- X-over 4 1/2" if x 5.5HLST54
- (10) x 5 ½" HWDP

c) BHA Direccional #3. Se perfora desde 6553 ft hasta 8759 ft en la sección 12

1/4''. Con una longitud de 1678.40 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca PDC 12 ¼ " Z519
- Sperrydrill lobe 6/8 – 5 STG- Bh 1.50
- Flex float sub W/ float valve
- Pin-bos xover
- Pwd collar
- Hcim collar
- Shoc (1200 mwd system)
- Crossover
- (3) x 6 ½" Drill collar

- Crossover
- (35) x 5 ½” HWDP
- Crossover
- Hydraulic jar
- Crossover
- (6) x 5 ½” HWDP
- Crossover
- Acelerador
- Crossover
- 6x5 ½” HWDP

d) **BHA Direccional #4.** Se perfora desde 8759 ft hasta 10417 ft en la sección 12 1/4'. Con una longitud de 1678.63 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca PDC 12 ¼” IADC, jet (2x15+5x14), TFA: 1.097
- Sperrydrill lobe 6/7 – 4 stg
- Flex float sub w/float valve
- Integral Blade stabilizer
- Pin – box xover
- Pwd collar
- Hcim collar
- Shoc (1200 mwd system)
- Crossover
- (3) x 6 ½” drill collar
- Crossover
- (35) x 5 ½” WWDP
- Crossover
- Hydraulic jar
- Crossover
- (6) x 5 ½” HWDP
- Crossover
- Acelerador
- 6x5 ½” HWDP

e) **BHA Direccional #5.** Se perfora desde 10417 ft hasta 10858 ft en la sección 8 3/8". Con una longitud de 1680.38 ft. Se arma de la siguiente manera

- Broca PDC 12 1/4" IADC M223, jets (4x8+3x16), TFA: 1.583
- Sperrydrill lobe 6/7-4 stg
- Flex float sub w/ float valve
- Integral Blade stabilizer
- Pin – box xover
- Pwd collar
- Hcim collar
- Shoc (1200 mwd system)
- Crossover
- (3) x6 1/2" drill collar
- Crossover
- (35) x5 1/2" hwdp
- Crossover
- Hydraulic jar
- Crossover
- Hydraulic jar
- Crossover
- (6) x5 1/2" hwdp
- Crossover
- Acelerador
- Crossover
- 6x5 1/2" hwdp

f) **BHA Direccional #6.** Se perfora desde 10853 ft hasta 11982 ft en la sección 8 3/8". Con una longitud de 3126.13 ft. Se arma de la siguiente manera:

- 8- 3/8" PDC bit
- 6- 3/4" sperrydrill lobe 6/7 – 5 stg bh 1.5+ abi
- 6 3/4" flex float sub w/ float valve
- 6- 3/4" pony collar
- 7- 1/2" integral Blade stabilizer
- 6- 3/4" pin-pin x-over

- 6- 3/4" pwd collar
- 6- 3/4" dgr collar
- 6- 3/4" adr collar
- 6- 3/4" shoc w/650 mwd system
- X- over sub 4 1/2" if(P) x5- 1/2" hlst-54 (B)
- (3) x5- 1/2" hwdp
- (48) x 5- 1/2" drill pipe
- (32) x 5- 1/2" hwdp
- X- over 5- 1/2" hlst- 54(P) x 4- 1/2" if(B)
- 6- 1/2" drilling jar, serie: 91340 GD
- X-over 4- 1/2" if(P)x 5- 1/2" hlst-54 (B)
- 6x5- 1/2" hwdp
- X-over 5- 1/2" hlst-54 (P) X 4- 1/2" if(B)
- 6- 1/2" acelerador, serie: 36677J
- X- over 4- 1/2" if(P) x 5- 1/2" hlst- 54 (B)
- 6x5- 1/2" hwdp

g) BHA Convencional #7. Se perfora hasta desde 11982 ft hasta 12293 ft en la sección 6 1/8". Con una longitud de 737 ft. Se arma de la siguiente manera:

- 6- 1/8" tricone bit
- 4- 3/4" sperrydrill lobe 7/8- 3.8 stg
- BH 0 BTM sleeve stabilizer
- 4- 3/4" flex float sub w/ float valve
- 3x 4 3/4" drill collar
- 3x3 1/2" hwdp
- 39x 3 1/2" drill pipe
- 6x3 1/22 hwdp
- 4 3/4" drilling jar
- 3x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" acelerador
- 3x3 1/2" hwdp
- X-over sub 3 1/2" if(P) x 5 1/2" hlst54 (B)
- 24x 5 1/2" hwdp

h) BHA Direccional #8. Se utiliza para la limpieza del sistema y las zarandas en la sección 6 1/8". Se arma de la siguiente manera:

- 6 1/8" PDC HDBS – Long gauge, but sleeve
- Geo-pilot 5200 XL
- 4 3/4" dm collar (PCGK)
- 5 15/16" inline stabilizer (ils)
- Pin-pin xover
- 4 3/4" adr collar
- 4 3/4" pwd collar
- 4 3/4" shoc – mwd 350 system
- 6" string stabilizer
- 3x3 1/2" hwdp
- 66x3 1/2" dp
- 6x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" drilling jar
- 3x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" acelerador
- 3x3 1/2" hwdp
- X-over sub 3 1/2" if (P) x 5 1/2" hlst54 (B)
- 24x5 1/2" hwdp

i) BHA Direccional #9. Se perfora desde 11987 ft hasta 12300 ft en la sección 6 1/8". Con una longitud de 737 ft. Se arma de la siguiente manera:

- 6 1/8" PDC HDBS – Long gauge, but sleeve
- Geo-pilot 5200 XL
- 4 3/4" dm collar (PCGK)
- 5 15/16" inline stabilizer (ils)
- Pin-pin xover
- 4 3/4" adr collar
- 4 3/4" adr collar
- 4 3/4" pwd collar
- 4 3/4" shoc – mwd 350 system

- 6" string stabilizer
- 3x3 1/2" hwdp
- 66x3 1/2" dp
- 6x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" drilling jar
- 3x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" acelerador
- 3x3 1/2" hwdp
- X-over sub 3 1/2" if (P) x 5 1/2" hlst54 (B)
- 24x5 1/2" hwdp

j) **BHA Direccional #10.** Se perfora desde 12300 ft hasta 12866 ft en la sección 6 1/8". Con una longitud de 3435.70 ft. Se arma de la siguiente manera

- 6 1/8" PDC HDBS – Long gauge, but sleeve
- Geo-pilot 5200 XL
- 4 3/4" dm collar (PCGK)
- 5 15/16" inline stabilizer (ils)
- Pin-pin xover
- 4 3/4" adr collar
- 4 3/4" adr collar
- 4 3/4" pwd collar
- 4 3/4" shoc – mwd 350 system
- 6" string stabilizer
- 3x3 1/2" hwdp
- 66x3 1/2" dp
- 6x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" drilling jar
- 3x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" acelerador
- 3x3 1/2" hwdp
- X-over sub 3 1/2" if (P) x 5 1/2" hlst54 (B)
- 24x5 1/2" hwdp

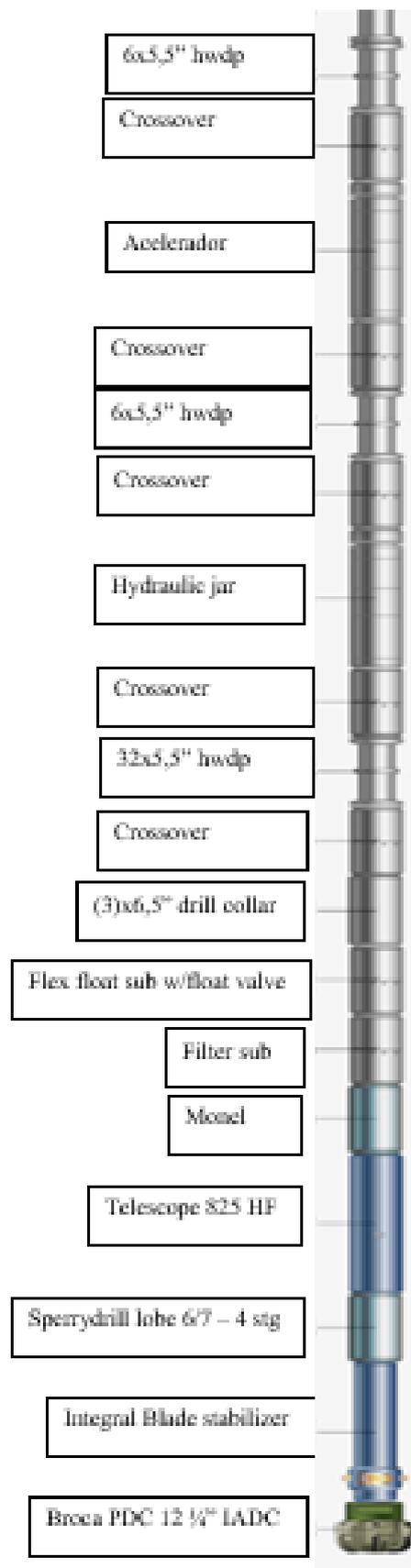


Figura 21. BHA #4 - SAKO 15

4.3.2. BHA pozo SAKO – 24.

a) **BHA Convencional #1.** Se perfora desde 53 ft hasta 496 ft en la sección de 16´´.

Cuenta con una longitud de 589.52 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca tricónica 16"
- Bit sub
- (5) Jts drill collar 8".
- Xover
- (14) HWDP 5.5"

b) **BHA Direccional #2.** Se perfora desde 496 ft hasta 6472 ft en la sección de 16´´.

Cuenta con una longitud de 1186,92 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca pdc de 16"
- 9 5/8" sperrydrill
- 8" flex float sub
- 14 3/4" integral stab
- 8" hoc (1200 mwd)
- 8" ubho
- 3 x 8" drill collar
- x-over 6 5/8" reg x 4 1/2" if
- (2) 6 1/2" drill collar.
- x-over 4 1/2" if x 5,5hlst54.
- (21) x 5 1/2" hwdp.
- x-over 5,5hlst54 x 4 1/2" if
- 6 1/2" drilling jar
- x-over 4 1/2" if x 5,5hlst54.
- (9) x 5 1/2" hwdp.

c) **BHA Direccional #3.** Perfora desde 6472 ft hasta 8821 ft en la sección 12 1/4´´.

Con una longitud de 1680,12 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca pdc 12 1/4" z519.
- 9 5/8" sperrydrill lobe 6/7 - 5.0 stg - bh 1.50.
- 8" flex float sub w/ float valve.

- 9 1/2" integral blade stabilizer.
- 8" pin-box xover.
- 8" pwd collar.
- 8" hcim collar
- 8" shoc (1200 mwd system)
- crossover 6 5/8" reg (p) x 4 1/2" if(b)
- (3) x 6 1/2" drill collar
- crossover 4 1/2" if (p) x 5 1/2" hlst54 (b)
- (35) x 5 1/2" hwdp
- crossover 5 1/2" hlst54 (p) x 4 1/2" if (b)
- 6 1/2" hydraulic jar
- crossover 4 1/2" if (p) x 5 1/2" hlst54 (b)
- (6) x 5 1/2" hwdp
- crossover 5 1/2" hlst54 (p) x 4 1/2" if (b)
- 6 1/2" acelerador.
- crossover 4 1/2" if (p) x 5 1/2" hlst54 (b)
- 6 x 5 1/2" hwdp

d) BHA Direccional #4. Perfora desde 8821 ft hasta 10504 ft en la sección 12 1/4'. Cuenta con una longitud de 1676,27 ft. Se arma de la siguiente manera:

- Broca pdc 12 1/4" iadc m223, jets (2x15+5x16), tfa: 1.327
- 8" sperrydrill lobe 6/7 - 4.0 stg
- 8" flex float sub w/ float valve.
- 10 1/2" integral blade stabilizer.
- 8" pin-box xover.
- 8" pwd collar.
- 8" hcim collar.
- 8" shoc (1200 mwd system)
- crossover 6 5/8" reg (p) x 4 1/2" if(b).
- (3) x 6 1/2" drill collar.
- crossover 4 1/2" if (p) x 5 1/2" hlst54 (b).
- (35) x 5 1/2" hwdp.
- crossover 5 1/2" hlst54 (p) x 4 1/2" if (b)

- 6 1/2" hydraulic jar
- crossover 4 1/2" if (p) x 5 1/2" hlst54 (b)
- (6) x 5 1/2" hwdp.
- crossover 1/2" hlst54 (p) x 4 1/2" if (b)
- 6 1/2" acelerador.
- crossover 4 1/2" if (p) x 5 1/2" hlst54 (b)
- 6 X 5 1/2" HWDP.

e) **BHA Direccional #5.** Perfora desde 10504 ft hasta 11764 ft en la sección 8 3/8'. Cuenta con una longitud de 2936,78 ft. Se arma de la siguiente manera:

- 8-3/8" PDC bit, serie jm0288, jets (6x12, 2x11), tfa 0.848 in2
- 6-3/4" sperrydrill lobe 6/7 - 5.0 stg bh 1.5 + abi
- 6 3/4" flex float sub w/ float valve
- 6-3/4" pony collar
- 7-1/2" integral blade stabilizer
- 6-3/4" pin-pin x-over
- 6-3/4" pwd collar
- 6-3/4" dgr collar
- 6-3/4" adr collar
- 6-3/4" shoc w/650 mwd system
- x-over sub 4 1/2" if(p) x 5 1/2" hlst-54 (b)
- (3) x 5-1/2" hwdp
- (42) x 5-1/2" drill pipe
- (32) x 5-1/2" hwdp
- x-over 5-1/2" hlst-54 (p) x 4-1/2" if (b)
- 6-1/2" drilling jar, serie: 91340gd
- x-over 4-1/2" if (p) x 5-1/2" hlst-54 (b)
- 6 x 5-1/2" hwdp
- x-over 5-1/2" hlst-54 (p) x 4-1/2" if (b)
- 6-1/2" accelerator, serie: 32822j
- x-over 4-1/2" if (p) x 5-1/2" hlst-54 (b)
- 6 x 5-1/2" hwdp

f) **BHA Direccional #6.** Se perfora desde 11764 ft hasta 12739 ft en la sección 6
1/8'. Con una longitud de ft. Se arma de la siguiente manera:

- 6- 1/8" Tricone bit
- 4- 3/4" sperrydrill lobe 7/8- 3.8 stg
- BH 0 BTM sleeve stabilizer
- 4- 3/4" flex float sub w/ float valve
- 3x 4 3/4" drill collar
- 3x3 1/2" hwdp
- 39x 3 1/2" drill pipe
- 6x3 1/22 hwdp
- 4 3/4" drilling jar
- 3x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" acelerador
- 3x3 1/2" hwdp
- X-over sub 3 1/2" if(P) x 5 1/2" hlst54 (B)
- 24x 5 1/2" hwdp

g) **BHA Direccional #7.** Se perfora desde 11764 ft hasta 12739 ft en la sección 6
1/8'. Con una longitud de ft. Se arma de la siguiente manera:

- 6 1/8" PDC bit – Long gauge, but sleeve
- Geo-pilot
- 4 3/4" dm collar (PCGK)
- 5 15/16" inline stabilizer (ils)
- Pin-pin xover
- 4 3/4" adr collar
- 4 3/4" adr collar
- 4 3/4" pwd collar
- 4 3/4" shoc – mwd 350 system
- 6" string stabilizer
- 3x3 1/2" hwdp
- 66x3 1/2" dp
- 6x3 1/2" hwdp
- 4 3/4" drilling jar

- 3x3 ½” hwdp
- 4 ¾” acelerador
- 3x3 ½” hwdp
- X-over sub 3 ½” if (P) x 5 ½” hlst54 (B)
- 24x5 ½” hwdp

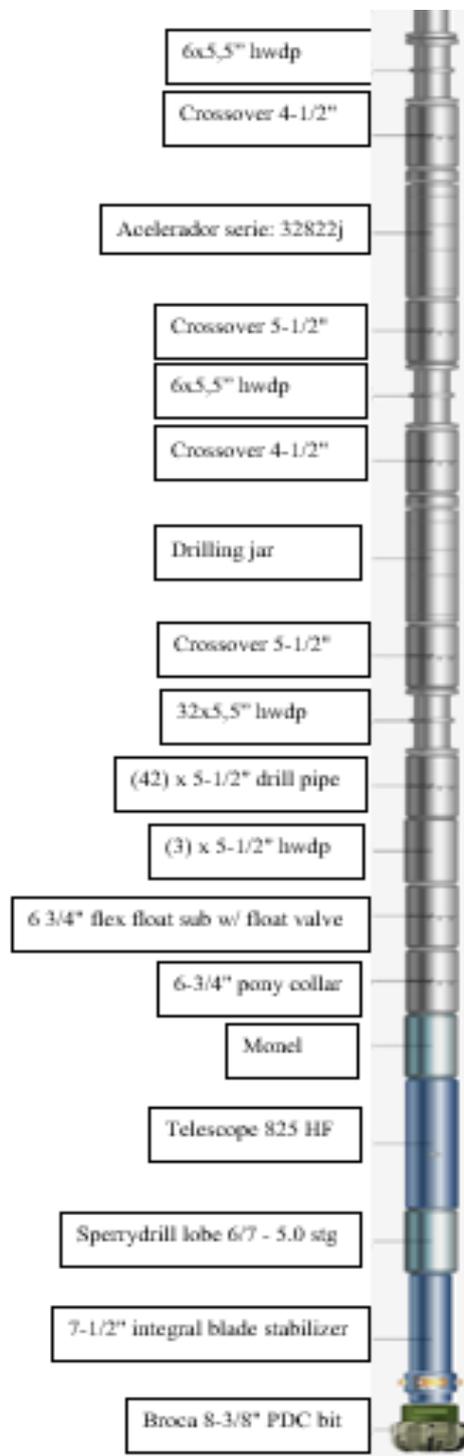


Figura 22. BHA #5 - Sako 24

4.4. CURVAS DE TIEMPOS REALES VS PROGRAMADOS

4.4.1. Pozo SAKO 15.

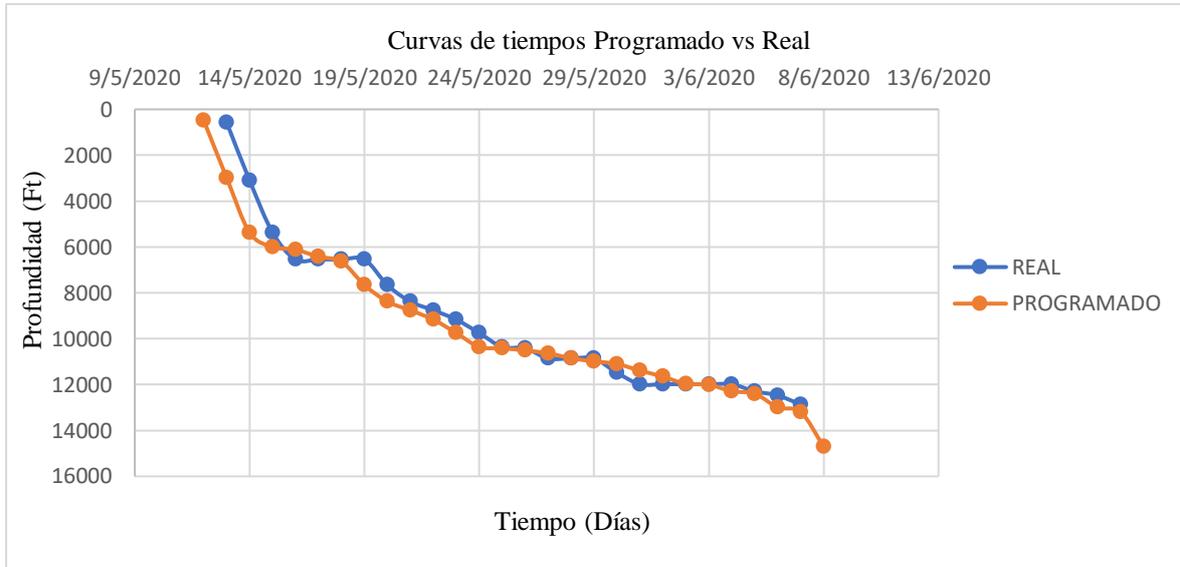


Figura 23. Curvas de tiempos Programado vs Real - SAKO 15

4.4.2. Pozo SAKO 24.

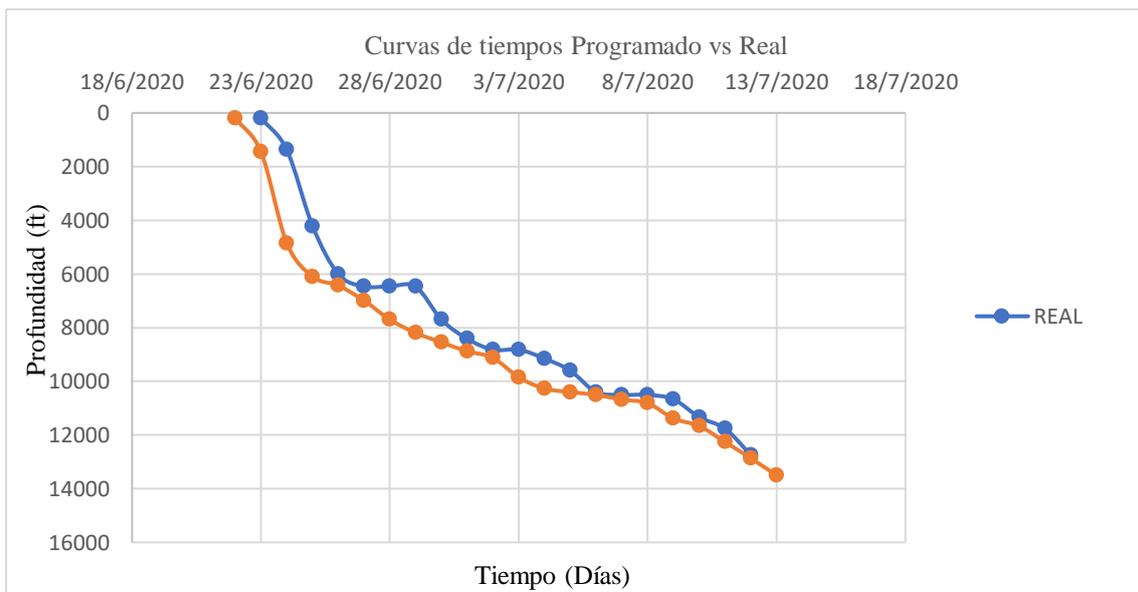


Figura 24. Curvas de tiempos Programado vs Real - SAKO 24

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Con base a la información recopilada se puede definir conceptos relevantes sobre el diseño de una perforación horizontal, tales como: TVD, KOP, ventana de lodo y la información estratigráfica proporcionada, así mismo teniendo en cuenta el fluido de perforación empleado, que en este caso es un fluido base agua.
- Los diseños de trayectoria de los pozos realizados con el software COMPASS presentan similitudes, el Sako 15 tiene su objetivo de perforación a 14.700 ft con 149 paradas y el Sako 24 tiene su objetivo a 13.500 ft con 137 paradas, las mismas fueron programadas en base a problemas encontrados en pozos vecinos que dieron un total de 20 horas no productivas. Sin embargo, en base a los datos obtenidos del informe técnico las trayectorias difieren, el pozo SAKO 15 tiene su objetivo a 12.866 ft con 136 con 5 horas no productivas menos de lo planificado. Y el pozo SAKO 24 tiene su objetivo a 12.739 ft con 165 paradas, en este caso se presentaron más problemas dando 5 horas más de las programadas.
- Las propiedades de los fluidos son de vital importancia y se deben tener muy en cuenta dentro de la perforación, debido a que de los mismos dependen: el rendimiento de la broca, la limpieza de los pozos y mantener la estabilidad de las paredes de los mismos. Por tanto, las propiedades de los fluidos que se utilizaron en cada sección de los pozos varían de acuerdo a las características geológicas y a los problemas presentados en cada sección durante la perforación de los pozos.

- Las variaciones en las curvas de densidades se deben a las necesidades que se tuvieron durante la perforación de ambos pozos. Tanto en las secciones del pozo SAKO 15 como en las del SAKO 24 se encontraron problemas similares, por tanto, se necesitó la incorporación de píldoras viscosas pesadas bombeadas en punto de casing para incrementar la densidad del fluido, con el fin de que el mismo tenga las propiedades reológicas necesarias para mantener las formaciones atravesadas.
- En el pozo SAKO 15 se utilizaron 10 BHA's y en el pozo SAKO 24 se utilizaron 7 BHA's, el Sako 15 cuenta con el uso de más bha's debido a que su profundidad es mayor que la del Sako 24. Los diseños de los BHA's de ambos pozos se realizaron con éxito en cada una de las secciones a perforar, y las mismas fueron perforadas bajo los parámetros normales y controlados. Durante toda la perforación en las secciones de ambos pozos no se tuvo un problema mayor en cada una de las bajadas y subidas realizadas con los BHA's.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar la limpieza del pozo mediante el bombeo de píldoras viscosas sellantes cada parada perforada hasta los 400 ft y circular hasta la zona de zarandas limpias, previo a la realización de operaciones donde se debe dejar al pozo estático, como por ejemplo tomas de Gyro.
- En la perforación de la zona superficial de ambos pozos se recomienda perforar con parámetros controlados los primeros 600 ft para evitar pérdidas superficiales, así como evitar taponamientos con arcilla en el tubo conductor. A esta profundidad también es importante que se coloque una bomba de lodo para el jeteo constante del flow line, para evitar acumulación y/o taponamiento del mismo con arcilla plástica.
- En caso de presentarse pérdidas parciales de fluido de perforación se recomienda bombear píldoras con material sellante como carbonato de calcio y fibras.
- Se debe reciprocar la sarta dos veces con tiempos prudenciales de repaso antes de hacer las conexiones de tubería y así reducir la carga de cortes, aplicando la máxima

rotación y caudal posibles para mejorar el acarreo de cortes, la limpieza y el calibre del pozo perforado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abo, Nael, Jenny Graterol, y Fernando Ruiz. 2012. «Economic and Technical Feasibility Analysis of the Use of a Water Base Drilling Fluid at Levas Field, Dacion Production Unit, San Tome District Ayacucho Division-Venezuela». *OnePetro*.
- Alarcón, Patricia, Vicente Alvarado, y Luz Córdova. 2017. *Herramientas para la perforación direccional*. Tabasco, México.
- Ángel Álvarez, John. 2012. «Metodología para identificar en tiempo real las zonas de inestabilidad geomecánica, y mitigar los riesgos durante la perforación de pozos petroleros». Medellín, Colombia.
- Baby, Patrice, Marco Rivadenerira, y Roberto Barragán. 2004. *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo*. Vol. 1.
- Bassante Muñoz, Alfonsina. 2013. «Evaluación y optimización de tuberías de revestimiento para pozos a perforar en los campos Shushufindi y Oso proyecto previo a la obtención del título de ingeniera en petróleos».
- Callón Álvarez, Javier. 2020. «En qué consiste la perforación horizontal». *Perforación horizontal*. Recuperado 18 de diciembre de 2022 (<https://perforacionhorizontal.com/en-que-consiste>).
- Cárdenas, Camilo. 2012. «Aplicación de los principios de funcionamiento del software integrado de landmark para anticipar y evitar problemas en la perforación de pozos petroleros en las etapas de diseño y perforación».
- Chonillo, V. M. 2020. Análisis de la selección de los fluidos de perforación utilizados en pozos petroleros de un campo de la cuenca oriente. Obtenido de Repositorio UPSE: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6507/1/UPSE-TIP-2021-0026.pdf>
- Contreras, Ángel. s. f. «Clasificación de los fluidos de perforación». *StudyLib*. Recuperado 2 de diciembre de 2022 (<https://studylib.net/doc/25756691/clasificacion-de-los-fluidos-de-perforacion>).
- Correa, William, Adrián Quicaliquin, César Jara, y Kleber Malavé. 2014. *Parámetros de Diseño para Perforar y Revestir un Pozo Horizontal*.
- Devereux, Steve. 1998. *Practical Well Planning and Drilling Manual*. Tulsa, Oklahoma: PenWell Corporation.
- Downey, Lucas. 2022. «Horizont Well». *Investopedia*. Recuperado 2 de diciembre de 2022 (<https://www.investopedia.com/terms/h/horizontalwell.asp>).

- Encarnación, Enrique. 2013. «Fortalecimiento de pozos durante la perforación ‘‘Stress Cage’’». D.F, México.
- Gallardo, Felipe. 2018. «Optimización de fluidos de perforación base agua para shales». Buenos Aires, Argentina.
- Grandas, Camila, y Jaiber Sánchez. 2014. «Diseño de la trayectoria de una perforación horizontal tipo clúster aplicada a un campo conceptual de shale oil». Bucaramanga, Colombia.
- Guaño, B., & Males, E. 2020. Reporte final de fluidos de perforación. Quito.
- Guzmán, David. 2009. «Fluidos de perforación». *Slideshare*.
- Halliburton. 2011. *COMPASS SOFTWARE Release 5000.1.7 Training Manual*. Houston, Texas: Halliburton.
- Hernández, Mónica, y Alejandro Manrique. 2018. «Formulación de un fluido de perforación de alto rendimiento polimérico en base agua para el bloque CPO-05 de la cuenca de los llanos orientales». Bogotá, Colombia.
- Laukkönen, Jeremy. 2022. «¿Qué es un conjunto de orificio inferior?» *AboutMechanics*.
- Lee, JW, C. Park, JM Kang, y CK Jeong. 2009. «Horizontal Well Design Incorporated with Interwell Interference, Drilling Location, and Trajectory for the Recovery Optimization». *OnePetro*.
- López Ordaz, Carlos. 2014. «Construcción de pozos horizontales». México D.F.
- Mancilla, Oscar, Luis Albariño, Viviana Meissinger, Marco Rivadeneira, y Simone Sciamanna. 2008. *SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA ORIENTE. ECUADOR*.
- Méndez Castro, Armando. 2013. «Aspectos de producción». *OilProduction*. Recuperado 2 de diciembre de 2022 (<http://www.oilproduction.net/files/Aspectos-de-Produccion.pdf>).
- Merino Granja, Lizeth. 2013. «Estudio técnico económico para la perforación horizontal de pozos de producción de petróleo en la arena ‘‘U’’ del campo Sacha sur».
- Moral, M. d. 2018. Fluidos de Perforación: Base Agua. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/mariannyd8a/fluidos-de-perforacion-base-agua>.
- Morales, Rusmary. 2018. «Fluidos base agua». *Slideshare*.
- Ordaz, C. A. 2014. *Construccion de pozos horizontales*. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0709380/0709380.pdf>
- Pašić, Borivoje, Nediljka Gaurina-međimurec, y Davorin Matanović. 2007. «Wellbore instability: causes and consequences». *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 19:87-98.
- PEI. 2021. «Historia de la Perforación Horizontal Dirigida». *Perforaciones e Ingeniería Perú*. Recuperado 11 de diciembre de 2022 (<https://perforacioneseingenieriaperu.pe/2021/05/24/historia-de-la-perforacion-horizontal-dirigida/>).

- Production, O. (s.f.). Diseño de la Peforación de Pozos. Obtenido de Oil Production.Net: <http://oilproduction.net/files/Diseno%20de%20perforacion.pdf>
- Ras, N. A., Graterol, J., & Ruiz, F. 2012. Análisis de Factibilidad Económica y Técnica del Uso de un Fluido de Perforación de Base de Agua en campo Levas, Unidad de Producción Dacion, División Ayacucho Distrito de Santo Tomé Venezuela. Obtenido de: OnePetro: <https://onepetro.org/SPELACP/proceedings-abstract/12LACP/All-12LACP/SPE-153130-MS/157748>
- Romero, José, y Franklin Gómez. 2010. «Estudio de los efectos de la inyección de agua en los yacimientos U y T de la formación Napo del campo Sacha». Quito.
- Romero, Ricardo. 2019. «Propiedades de los fluidos de perforación». *slideshare*.
- Rosa, RCRS, Ala Rosa, SB Farias, MH Garcia, y As Coelho. 2005. «A New Inhibitive Water-Based Fluid: A Completely Cationic System». *OnePetro*.
- Salazar Cedeño, Eduardo. 2013. «Estudio técnico-económico de la aplicación de diferentes técnicas de cañoneo para incrementar la producción del campo Sacha». Quito, Ecuador.
- Sierra, Miguel, y Germán Salazar. 1999. *Principales tipos de lodos empleados en la perforación de pozos de gas, aceite o agua*.
- Silva, Key. 2016. «Definición de fluido de perforación». *Academia*. Recuperado 2 de diciembre de 2022 (https://www.academia.edu/7837252/definicion_de_fluido_de_perforacion).
- Suárez Ardila, Miguel. 2021. «Atascamiento De La Tubería De Perforación En El Hoyo». *IDOC PUB*. Recuperado 8 de diciembre de 2022 (<https://idoc.pub/documents/atascamiento-de-la-tuberia-de-perforacion-en-el-hoyo-d2nvweov3y1k>).
- Tahir Abubakar, Muhammad, Marian Wiercigroch, Muhammad Tahir, Mohammed Halafawi, y Lazăr Avram. 2020. «Optimum Well Trajectory Design and Optimization Based On Numerical Optimization Method PSO Algorithm and Wellbore Stability».
- Vázquez, Alejandro, y Víctor López. 2010. «Análisis técnico económico de pozos multilaterales vs pozos convencionales».
- Villavicencio. 2009. «Introducción al equipo de perforación». *issuu*.
- Williamson, Don. 2013. «Fundamentos de los fluidos de perforación». *Oilfield Review* 25.

ANEXOS

Anexo A – Cálculo de paradas del pozo SAKO 15

A1. Cálculo de paradas realizadas en el software COMPASS.

Plan Editor - POZO SACHA - 529/SACHA-529/POZO HORIZONTAL #1

	MD (ft)	Inc (°)	Azi (°)	TVD (ft)	N/S (ft)	E/W (ft)	V.Sec. (ft)	Dogleg (°/100ft)
1	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
2	100.0	0.00	0.00	100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
3	200.0	0.00	0.00	200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
4	300.0	0.00	0.00	300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
5	400.0	0.00	0.00	400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
6	500.0	0.00	0.00	500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
7	600.0	0.00	0.00	600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
8	700.0	0.00	0.00	700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
9	800.0	0.00	0.00	800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
10	900.0	0.00	0.00	900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
11	1000.0	0.00	0.00	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
12	1100.0	0.00	0.00	1100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
13	1200.0	0.00	0.00	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
14	1300.0	0.00	0.00	1300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
15	1400.0	0.00	0.00	1400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
16	1500.0	0.00	0.00	1500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
17	1600.0	0.00	0.00	1600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
18	1700.0	0.00	0.00	1700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
19	1800.0	0.00	0.00	1800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
20	1900.0	0.00	0.00	1900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
21	2000.0	0.00	0.00	2000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
22	2100.0	0.00	0.00	2100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
23	2200.0	0.00	0.00	2200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
24	2300.0	0.00	0.00	2300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
25	2400.0	0.00	0.00	2400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
26	2500.0	0.00	0.00	2500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
27	2600.0	0.00	0.00	2600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
28	2700.0	0.00	0.00	2700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
29	2800.0	0.00	0.00	2800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
30	2900.0	0.00	0.00	2900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
31	3000.0	0.00	0.00	3000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
32	3100.0	0.00	0.00	3100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
33	3200.0	0.00	0.00	3200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
34	3300.0	0.00	0.00	3300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
35	3400.0	0.00	0.00	3400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
36	3500.0	0.00	0.00	3500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
37	3600.0	0.00	0.00	3600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
38	3700.0	0.00	0.00	3700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
39	3800.0	0.00	0.00	3800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
40	3900.0	0.00	0.00	3900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
41	4000.0	0.00	0.00	4000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
42	4100.0	0.00	0.00	4100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
43	4200.0	0.00	0.00	4200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
44	4300.0	0.00	0.00	4300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
45	4400.0	0.00	0.00	4400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
46	4500.0	0.00	0.00	4500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
47	4600.0	0.00	0.00	4600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
48	4700.0	0.00	0.00	4700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
49	4800.0	0.00	0.00	4800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
50	4900.0	0.00	0.00	4900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
51	5000.0	0.00	0.00	5000.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Figura 25. Cálculo de paradas realizadas en el software COMPASS – SAKO 15



	HO (ft)	INC (°)	AR (°)	TO (ft)	N/S (ft)	E/W (ft)	C-sec (ft)	Dogleg (°/100ft)
52	5100.0	0.00	0.00	5100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
53	5200.0	0.00	0.00	5200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
54	5300.0	0.00	0.00	5300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
55	5400.0	0.00	0.00	5400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
56	5500.0	0.00	0.00	5500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
57	5600.0	0.00	0.00	5600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
58	5700.0	0.00	0.00	5700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
59	5800.0	0.00	0.00	5800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
60	5900.0	0.00	0.00	5900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
61	6000.0	0.00	0.00	6000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
62	6100.0	0.00	0.00	6100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
63	6200.0	0.00	0.00	6200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
64	6300.0	0.00	0.00	6300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
65	6400.0	0.00	0.00	6400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
66	6500.0	0.00	0.00	6500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
67	6600.0	0.00	0.00	6600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
68	6700.0	0.00	0.00	6700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
69	6800.0	0.00	0.00	6800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
70	6900.0	0.00	0.00	6900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
71	7000.0	0.00	0.00	7000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
72	7100.0	0.00	0.00	7100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
73	7200.0	0.00	0.00	7200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
74	7300.0	0.00	0.00	7300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
75	7400.0	0.00	0.00	7400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
76	7500.0	0.00	0.00	7500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
77	7600.0	0.00	0.00	7600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
78	7700.0	0.00	0.00	7700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
79	7800.0	0.00	0.00	7800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
80	7900.0	0.00	0.00	7900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
81	8000.0	0.00	0.00	8000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
82	8100.0	3.23	141.89	8099.9	-2.2	3.7	2.8	3.23
83	8200.0	6.46	141.89	8099.4	-6.8	7.0	11.3	3.23
84	8300.0	9.69	141.89	8098.8	-18.9	15.7	25.3	3.23
85	8400.0	12.92	141.89	8098.4	-30.2	27.8	44.9	3.23
86	8500.0	16.15	141.89	8097.4	-54.9	42.4	70.0	3.23
87	8600.0	19.38	141.89	8096.6	-76.9	62.3	100.9	3.23
88	8700.0	22.61	141.89	8095.2	-107.0	84.5	136.4	3.23
89	8800.0	25.84	141.89	8093.1	-136.2	110.0	177.4	3.23
90	8900.0	29.07	141.89	8091.3	-175.4	138.3	223.5	3.23
91	9000.0	32.30	141.89	8089.9	-215.4	170.2	274.5	3.23
92	9100.0	35.53	141.89	8088.8	-258.2	204.8	330.3	3.23
93	9200.0	38.77	141.89	8087.8	-306.4	242.2	390.7	3.23
94	9300.0	42.00	141.89	8087.7	-357.4	282.4	455.5	3.23
95	9400.0	45.23	141.89	8087.9	-411.5	325.3	524.4	3.23
96	9500.0	48.46	141.89	8088.3	-468.7	370.3	597.4	3.23
97	9600.0	51.69	141.89	8088.6	-528.9	417.9	674.1	3.23
98	9700.0	54.92	141.89	8089.4	-591.8	467.8	754.2	3.23
99	9800.0	58.15	141.89	8090.6	-657.3	519.3	837.4	3.23
100	9900.0	61.38	141.89	8092.4	-725.9	572.8	924.0	3.23
101	10000.0	64.61	141.89	8094.3	-794.9	628.0	1013.1	3.23
102	10100.0	67.84	141.89	8096.0	-866.7	684.8	1104.8	3.23



	MD (m)	Inc (%)	Age (y)	TiO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	Drilling (%)(KPC)
99	9600.0	88.13	141.69	9304.3	-457.3	119.3	827.6	3.23	
100	9800.0	81.38	141.69	9356.9	-725.0	172.8	824.0	3.23	
101	10000.0	64.61	141.69	9602.3	-794.9	628.0	1013.1	3.23	
102	10200.0	67.84	141.69	9542.8	-885.7	684.8	1104.8	3.23	
103	10300.0	71.07	141.69	9677.7	-940.2	742.8	1196.2	3.23	
104	10300.0	74.30	141.69	9307.9	-1015.1	802.0	1293.7	3.23	
105	10400.0	77.53	141.69	9731.8	-1091.2	862.1	1390.7	3.23	
106	10500.0	80.76	141.69	9790.8	-1166.3	922.0	1488.9	3.23	
107	10600.0	83.99	141.69	9763.9	-1246.0	984.4	1586.0	3.23	
108	10700.0	87.22	141.69	9774.3	-1324.5	1046.2	1687.7	3.23	
109	10786.0	90.00	141.69	9773.4	-1391.7	1099.3	1773.6	3.23	
110	10800.0	90.00	141.69	9773.4	-1402.7	1108.2	1787.6	0.00	
111	10900.0	90.00	141.69	9773.4	-1461.2	1170.2	1867.6	0.00	
112	11000.0	90.00	141.69	9773.4	-1538.6	1232.2	1987.6	0.00	
113	11100.0	90.00	141.69	9773.4	-1636.1	1294.2	2087.6	0.00	
114	11200.0	90.00	141.69	9773.4	-1728.6	1356.1	2187.6	0.00	
115	11300.0	90.00	141.69	9773.4	-1795.0	1418.1	2287.6	0.00	
116	11400.0	90.00	141.69	9773.4	-1873.5	1480.1	2387.6	0.00	
117	11500.0	90.00	141.69	9773.4	-1952.0	1542.1	2487.6	0.00	
118	11600.0	90.00	141.69	9773.4	-2030.4	1604.1	2587.6	0.00	
119	11700.0	90.00	141.69	9773.4	-2108.9	1666.1	2687.6	0.00	
120	11800.0	90.00	141.69	9773.4	-2187.4	1728.1	2787.6	0.00	
121	11900.0	90.00	141.69	9773.4	-2265.8	1790.1	2887.6	0.00	
122	12000.0	90.00	141.69	9773.4	-2344.3	1852.1	2987.6	0.00	
123	12100.0	90.00	141.69	9773.4	-2422.8	1914.1	3087.6	0.00	
124	12200.0	90.00	141.69	9773.4	-2501.2	1976.1	3187.6	0.00	
125	12300.0	90.00	141.69	9773.4	-2579.7	2038.0	3287.6	0.00	
126	12400.0	90.00	141.69	9773.4	-2658.2	2100.0	3387.6	0.00	
127	12500.0	90.00	141.69	9773.4	-2736.6	2162.0	3487.6	0.00	
128	12600.0	90.00	141.69	9773.4	-2815.1	2224.0	3587.6	0.00	
129	12700.0	90.00	141.69	9773.4	-2893.6	2286.0	3687.6	0.00	
130	12800.0	90.00	141.69	9773.4	-2972.0	2348.0	3787.6	0.00	
131	12900.0	90.00	141.69	9773.4	-3050.5	2410.0	3887.6	0.00	
132	13000.0	90.00	141.69	9773.4	-3129.0	2472.0	3987.6	0.00	
133	13100.0	90.00	141.69	9773.4	-3207.4	2534.0	4087.6	0.00	
134	13200.0	90.00	141.69	9773.4	-3285.9	2596.0	4187.6	0.00	
135	13300.0	90.00	141.69	9773.4	-3364.4	2658.0	4287.6	0.00	
136	13400.0	90.00	141.69	9773.4	-3442.8	2720.0	4387.6	0.00	
137	13500.0	90.00	141.69	9773.4	-3521.3	2782.0	4487.6	0.00	
138	13600.0	90.00	141.69	9773.4	-3600.0	2844.0	4587.6	0.00	
139	13700.0	90.00	141.69	9773.4	-3678.2	2905.9	4687.6	0.00	
140	13800.0	90.00	141.69	9773.4	-3756.7	2967.9	4787.6	0.00	
141	13900.0	90.00	141.69	9773.4	-3835.2	3029.8	4887.6	0.00	
142	14000.0	90.00	141.69	9773.4	-3913.6	3091.8	4987.6	0.00	
143	14100.0	90.00	141.69	9773.4	-3992.1	3153.8	5087.6	0.00	
144	14200.0	90.00	141.69	9773.4	-4070.6	3215.8	5187.6	0.00	
145	14300.0	90.00	141.69	9773.4	-4149.0	3277.8	5287.6	0.00	
146	14400.0	90.00	141.69	9773.4	-4227.5	3339.8	5387.6	0.00	
147	14500.0	90.00	141.69	9773.4	-4306.0	3401.8	5487.6	0.00	
148	14600.0	90.00	141.69	9773.4	-4384.4	3463.8	5587.6	0.00	
149	14700.0	90.00	141.69	9773.4	-4462.9	3525.8	5687.6	0.00	

A2. Cálculo de paradas del informe técnico.

Measured Depth (ft)	Inclination (°)	Azimuth (°)	Vertical Depth (ft)	+N/-S (ft)	+E/-W (ft)	Vertical Section (ft)	Dogleg Rate (°/100ft)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
100.000	0.180	353.610	100.000	0.156	-0.017	-0.133	0.18
200.000	0.200	61.390	199.999	0.396	0.118	-0.237	0.21
300.000	0.380	349.570	299.998	0.805	0.211	-0.501	0.37
400.000	0.310	1.480	399.997	1.407	0.158	-1.007	0.10
500.000	0.200	0.260	499.996	1.847	0.166	-1.346	0.11
600.000	0.250	359.060	599.995	2.240	0.163	-1.656	0.05
700.000	0.240	1.990	699.994	2.667	0.167	-1.989	0.02
800.000	1.860	176.110	799.978	1.257	0.284	-0.810	2.10
900.000	3.510	181.550	899.865	-3.477	0.317	7.879	1.67
1,000.000	4.980	188.180	999.589	-10.779	-0.389	8.217	1.55
1,100.000	5.840	194.880	1,099.143	-19.992	-2.313	14.254	1.07
1,246.000	7.550	208.800	1,244.152	-35.579	-8.842	22.436	1.61
1,341.000	7.870	211.710	1,338.293	-46.581	-15.267	27.085	0.53
1,436.000	6.960	203.980	1,437.501	-57.366	-21.077	31.980	1.43
1,530.000	5.920	202.830	1,525.908	-67.030	-25.214	36.965	1.10
1,625.000	3.700	206.680	1,620.568	-74.285	-28.492	40.626	2.36
1,720.000	2.020	200.700	1,715.446	-78.591	-30.460	42.784	1.79
1,814.000	1.080	208.090	1,809.411	-80.922	-31.463	43.991	1.02
1,909.000	0.490	214.800	1,904.401	-82.046	-32.116	44.468	0.63
2,003.000	0.310	232.380	1,998.399	-82.531	-32.547	44.581	0.23
2,098.000	0.370	251.340	2,093.397	-82.786	-33.041	44.475	0.13
2,192.000	0.630	221.570	2,187.394	-83.270	-33.672	44.464	0.38
2,287.000	0.310	165.200	2,282.391	-83.909	-33.953	44.791	0.55
2,382.000	0.530	165.740	2,377.388	-84.683	-33.779	45.478	0.73
2,476.000	0.400	279.270	2,471.387	-84.952	-33.996	45.583	0.83
2,571.000	0.360	308.880	2,566.385	-84.711	-34.555	45.047	0.21
2,666.000	0.200	313.000	2,661.383	-84.411	-34.909	44.592	0.17
2,761.000	0.940	356.720	2,756.378	-83.519	-35.075	43.790	0.85
2,856.000	1.180	358.450	2,851.367	-81.787	-35.145	42.384	0.76
2,950.000	1.300	353.330	2,945.340	-79.734	-35.297	40.682	0.17
3,045.000	1.110	17.860	3,040.320	-77.788	-35.140	39.253	0.57
3,140.000	1.110	349.410	3,135.302	-76.007	-35.026	37.926	0.57
3,235.000	0.430	33.360	3,230.294	-74.805	-35.000	36.999	0.90

Figura 26. Cálculo de paradas del informe técnico – SAKO 15

Measured Depth (ft)	Inclination (°)	Azimuth (°)	Vertical Depth (ft)	+N-S (ft)	+E-W (ft)	Vertical Section (ft)	Dogleg Rate (1/100ft)
4,840.000	7.830	143.940	4,833.656	-100.324	-5.035	75.568	1.38
4,934.000	9.060	142.290	4,926.656	-111.224	3.165	89.235	1.54
5,028.000	11.220	139.850	5,019.185	-124.071	13.590	105.778	2.34
5,123.000	13.130	142.050	5,112.045	-139.749	28.052	125.805	2.12
5,218.000	15.120	140.200	5,204.170	-157.892	40.498	148.981	2.21
5,312.000	16.690	139.770	5,294.569	-177.607	57.052	174.729	1.67
5,407.000	18.800	140.780	5,385.043	-198.894	75.544	203.672	2.24
5,502.000	20.410	140.690	5,474.533	-224.561	95.718	235.542	1.70
5,598.000	20.040	140.870	5,562.737	-249.737	118.268	269.035	0.40
5,691.000	20.120	141.790	5,651.583	-275.202	138.645	300.649	0.34
5,788.000	20.630	142.170	5,741.019	-301.259	157.018	333.724	0.55
5,880.000	20.660	141.540	5,828.982	-327.323	177.467	368.688	0.24
5,974.000	21.480	141.680	5,918.697	-353.807	198.477	400.659	0.87
6,068.000	21.020	141.590	6,004.306	-380.517	219.627	434.728	0.40
6,162.000	21.140	141.700	6,092.015	-407.029	240.608	468.537	0.13
6,258.000	20.340	142.030	6,179.923	-433.211	261.182	501.825	0.88
6,350.000	20.660	141.780	6,267.970	-459.117	281.474	534.744	0.35
6,445.000	20.180	141.380	6,357.006	-485.075	302.060	567.874	0.55
6,481.000	20.040	141.950	6,390.813	-494.779	309.734	580.245	0.64
6,631.000	21.290	140.690	6,531.189	-538.089	342.828	633.175	0.88
6,725.000	22.240	139.980	6,618.458	-562.917	365.079	688.020	1.05
6,819.000	23.290	139.670	6,705.134	-590.707	388.545	704.373	1.12
6,914.000	24.350	139.350	6,792.041	-619.894	413.459	742.712	1.12
7,009.000	24.720	138.780	6,879.483	-649.694	439.307	762.119	0.46
7,103.000	26.750	139.730	6,967.135	-680.813	465.035	822.635	2.20
7,197.000	27.750	139.580	7,046.702	-713.410	492.805	885.937	1.07
7,291.000	28.310	138.690	7,129.676	-748.880	522.658	910.039	0.68
7,386.000	29.720	140.290	7,212.751	-781.950	552.514	968.093	1.65
7,480.000	30.380	139.930	7,294.128	-817.788	583.009	1,003.106	0.99
7,573.000	30.820	140.990	7,374.185	-854.018	613.448	1,050.425	1.23
7,667.000	32.020	141.120	7,454.400	-892.129	644.247	1,099.404	1.28
7,761.000	33.590	140.990	7,533.406	-931.738	676.259	1,150.327	1.67
7,856.000	35.000	140.550	7,611.889	-973.198	710.114	1,203.848	1.51
7,949.000	35.660	140.650	7,689.761	-1,014.754	744.249	1,257.617	0.71
8,044.000	36.440	140.670	7,764.568	-1,057.992	779.699	1,313.514	0.82
8,138.000	37.720	140.610	7,839.554	-1,101.818	815.638	1,370.185	1.37
8,232.000	38.550	140.000	7,913.485	-1,148.462	852.716	1,428.220	0.98
8,328.000	39.380	139.540	7,986.583	-1,191.800	890.898	1,487.295	0.91

Depth (ft)	Inclination (°)	Azimuth (°)	Depth (ft)	+N/-S (ft)	+E/-W (ft)	Section (ft)	Rate (%/100ft)
9,549.000	59.530	142.170	8,803.693	-1,893.954	1,451.649	2,386.025	2.24
9,643.000	59.880	141.360	8,851.112	-1,957.704	1,501.880	2,467.187	0.83
9,738.000	60.850	141.410	8,898.086	-2,022.223	1,553.412	2,549.758	1.02
9,832.000	59.700	141.160	8,944.694	-2,085.916	1,604.466	2,631.386	1.25
9,926.000	60.030	141.870	8,991.384	-2,148.876	1,654.518	2,711.816	0.75
10,019.000	61.300	141.490	9,037.436	-2,213.164	1,705.329	2,793.760	1.40
10,113.000	61.670	140.820	9,082.311	-2,277.493	1,757.135	2,876.352	0.74
10,207.000	62.290	140.360	9,126.470	-2,341.606	1,809.818	2,959.318	0.79
10,301.000	62.980	140.290	9,169.677	-2,405.859	1,863.115	3,042.775	0.74
10,396.000	63.820	140.750	9,212.714	-2,471.473	1,917.177	3,127.701	0.98
10,489.000	63.980	141.110	9,253.129	-2,536.263	1,969.759	3,211.210	0.39
10,583.000	64.590	140.990	9,293.915	-2,602.126	2,022.999	3,295.895	0.66
10,677.000	64.520	140.760	9,334.301	-2,667.975	2,076.561	3,380.768	0.23
10,771.000	64.170	140.880	9,374.999	-2,733.657	2,130.092	3,465.491	0.39
10,866.000	65.490	140.630	9,415.838	-2,801.474	2,184.790	3,550.693	1.81
10,962.000	66.960	140.340	9,453.337	-2,868.372	2,240.489	3,639.635	0.87
11,057.000	68.780	140.960	9,489.124	-2,936.421	2,296.282	3,727.618	2.01
11,150.000	70.260	140.500	9,521.662	-3,003.865	2,351.427	3,814.725	1.66
11,244.000	71.920	139.170	9,552.126	-3,071.815	2,408.784	3,903.599	2.22
11,340.000	74.590	136.620	9,579.786	-3,139.996	2,470.421	3,995.309	3.77
11,432.000	76.740	136.680	9,602.563	-3,204.810	2,531.605	4,084.095	2.34
11,526.000	78.190	137.900	9,622.965	-3,272.233	2,593.839	4,175.580	2.00
11,620.000	78.830	141.290	9,641.694	-3,342.368	2,653.536	4,267.619	3.60
11,716.000	78.570	144.850	9,660.511	-3,417.606	2,710.089	4,361.715	3.65
11,808.000	78.760	145.100	9,678.601	-3,491.474	2,761.860	4,451.770	0.33
11,902.000	80.390	144.110	9,695.618	-3,566.830	2,815.406	4,544.093	2.03
12,042.000	82.380	144.390	9,716.588	-3,679.163	2,896.273	4,682.368	1.44
12,136.000	84.370	144.100	9,727.433	-3,754.933	2,950.830	4,775.643	2.14
12,232.000	86.040	141.840	9,735.458	-3,831.294	3,008.438	4,871.273	2.92
12,324.000	87.160	141.720	9,740.914	-3,903.196	3,065.670	4,963.109	1.39
12,418.000	86.730	140.170	9,745.924	-3,975.827	3,125.028	5,056.960	1.21
12,512.000	86.350	139.320	9,751.597	-4,047.434	3,185.659	5,150.733	0.99
12,606.000	86.790	139.290	9,757.221	-4,118.576	3,246.840	5,244.484	0.47
12,700.000	86.110	141.580	9,763.042	-4,190.896	3,306.595	5,338.274	2.54
12,794.000	86.410	141.250	9,769.174	-4,264.218	3,365.095	5,432.072	0.47

Anexo B – Cálculo de paradas del pozo SAKO 24

B1. Cálculo de paradas realizadas en el software COMPASS.

	MD (m)	Inc (°)	Az (°)	TD (m)	NS (°)	Elev (m)	V. Sec (m)	Output (m³/d)
1	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
2	250.0	0.00	0.00	250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
3	500.0	0.00	0.00	500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
+	750.0	0.00	0.00	750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
5	1000.0	0.00	0.00	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
6	1250.0	0.00	0.00	1250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
7	1500.0	0.00	0.00	1500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
8	1750.0	0.00	0.00	1750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
9	2000.0	0.00	0.00	2000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
10	2250.0	0.00	0.00	2250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
11	2500.0	0.00	0.00	2500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
12	2750.0	0.00	0.00	2750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
13	3000.0	0.00	0.00	3000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
14	3250.0	0.00	0.00	3250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
15	3500.0	0.00	0.00	3500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
16	3750.0	0.00	0.00	3750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
17	4000.0	0.00	0.00	4000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
18	4250.0	0.00	0.00	4250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
19	4500.0	0.00	0.00	4500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
20	4750.0	0.00	0.00	4750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
21	5000.0	0.00	0.00	5000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
22	5250.0	0.00	0.00	5250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
23	5500.0	0.00	0.00	5500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
24	5750.0	0.00	0.00	5750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
25	6000.0	0.00	0.00	6000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
26	6250.0	0.00	0.00	6250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
27	6500.0	0.00	0.00	6500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
28	6750.0	0.00	0.00	6750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
29	7000.0	0.00	0.00	7000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
30	7250.0	0.00	0.00	7250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
31	7500.0	0.00	0.00	7500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
32	7750.0	0.00	0.00	7750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
33	8000.0	0.00	0.00	8000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
34	8250.0	0.00	0.00	8250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
35	8500.0	0.00	0.00	8500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
36	8750.0	0.00	0.00	8750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
37	9000.0	0.00	0.00	9000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
38	9250.0	0.00	0.00	9250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
39	9500.0	0.00	0.00	9500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
40	9750.0	0.00	0.00	9750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
41	10000.0	0.00	0.00	10000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
42	10250.0	0.00	0.00	10250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
43	10500.0	0.00	0.00	10500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
44	10750.0	0.00	0.00	10750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
45	11000.0	0.00	0.00	11000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
46	11250.0	0.00	0.00	11250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
47	11500.0	0.00	0.00	11500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
48	11750.0	0.00	0.00	11750.0	0.0	0.0	0.0	0.00
49	12000.0	0.00	0.00	12000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
50	12250.0	0.00	0.00	12250.0	0.0	0.0	0.0	0.00
51	12500.0	0.00	0.00	12500.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Figura 27. Cálculo de paradas realizadas en el software COMPASS – SAKO 24

	MO (%)	IPC (%)	Am (°)	T10 (%)	N/D (%)	E/m (%)	V.Sec (%)	Depth (1/100%)
52	5200.0	0.00	0.00	5200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
53	5300.0	0.00	0.00	5300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
54	5400.0	0.00	0.00	5400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
55	5400.0	0.00	0.00	5400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
56	5500.0	0.00	0.00	5500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
57	5600.0	0.00	0.00	5600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
58	5700.0	0.00	0.00	5700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
59	5800.0	0.00	0.00	5800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
60	5900.0	0.00	0.00	5900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
61	6000.0	0.00	0.00	6000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
62	6100.0	0.00	0.00	6100.0	0.0	0.0	0.0	0.00
63	6200.0	0.00	0.00	6200.0	0.0	0.0	0.0	0.00
64	6300.0	0.00	0.00	6300.0	0.0	0.0	0.0	0.00
65	6400.0	0.00	0.00	6400.0	0.0	0.0	0.0	0.00
66	6500.0	0.00	0.00	6500.0	0.0	0.0	0.0	0.00
67	6600.0	0.00	0.00	6600.0	0.0	0.0	0.0	0.00
68	6700.0	0.00	0.00	6700.0	0.0	0.0	0.0	0.00
69	6800.0	0.00	0.00	6800.0	0.0	0.0	0.0	0.00
70	6900.0	0.00	0.00	6900.0	0.0	0.0	0.0	0.00
71	7000.0	0.00	0.00	7000.0	0.0	0.0	0.0	0.00
72	7100.0	2.08	362.34	7100.0	-1.7	0.1	1.8	2.06
73	7200.0	4.11	362.34	7199.9	-6.8	2.2	7.2	2.06
74	7300.0	6.17	362.34	7200.4	-15.4	4.8	26.1	2.06
75	7400.0	8.23	362.34	7206.6	-27.4	8.6	28.7	2.06
76	7500.0	10.29	362.34	7407.3	-42.7	13.4	44.8	2.06
77	7600.0	12.34	362.34	7505.4	-61.4	19.3	64.4	2.06
78	7700.0	14.40	362.34	7602.7	-83.3	26.3	87.3	2.06
79	7800.0	16.46	362.34	7700.0	-108.8	34.2	114.1	2.06
80	7900.0	18.51	362.34	7804.4	-137.3	43.3	144.1	2.06
81	8000.0	20.57	362.34	7906.7	-169.4	53.3	177.6	2.06
82	8100.0	22.63	362.34	8071.8	-204.3	64.3	214.4	2.06
83	8200.0	24.69	362.34	8163.2	-242.8	76.4	254.5	2.06
84	8300.0	26.74	362.34	8253.3	-284.3	89.4	297.8	2.06
85	8400.0	28.80	362.34	8341.8	-328.6	103.4	344.3	2.06
86	8500.0	30.86	362.34	8428.5	-376.1	118.3	394.3	2.06
87	8600.0	32.91	362.34	8513.4	-426.3	134.1	447.1	2.06
88	8700.0	34.97	362.34	8596.4	-479.7	150.9	503.9	2.06
89	8800.0	37.03	362.34	8677.3	-535.8	168.5	561.7	2.06
90	8900.0	39.09	362.34	8756.0	-594.6	187.0	623.3	2.06
91	9000.0	41.14	362.34	8832.5	-656.1	206.4	687.7	2.06
92	9100.0	43.20	362.34	8906.8	-720.3	226.5	754.8	2.06
93	9200.0	45.26	362.34	8978.3	-786.6	247.4	824.6	2.06
94	9300.0	47.31	362.34	9047.4	-855.0	268.1	896.8	2.06
95	9400.0	49.37	362.34	9113.8	-926.8	289.5	971.8	2.06
96	9500.0	51.43	362.34	9177.8	-1000.3	311.6	1049.7	2.06
97	9600.0	53.49	362.34	9239.5	-1076.0	334.4	1127.9	2.06
98	9700.0	55.54	362.34	9298.5	-1153.6	362.9	1209.4	2.06
99	9800.0	57.60	362.34	9354.6	-1233.3	397.9	1292.8	2.06
100	9900.0	59.66	362.34	9407.7	-1314.7	433.3	1379.2	2.06
101	10000.0	61.71	362.34	9457.6	-1397.9	469.7	1468.4	2.06
102	10100.0	63.77	362.34	9484.4	-1482.7	496.3	1554.2	2.06

	MO (N)	In (°)	Az (°)	T/D (N)	N/D (N)	E/W (N)	V/Sec (N)	Depth (m)
87	8000.0	32.91	362.34	8533.4	-428.3	134.1	447.1	2.06
88	8100.0	34.97	362.34	8596.4	-479.7	150.9	502.9	2.06
89	8200.0	27.03	362.34	8677.3	-331.8	168.3	561.7	2.06
90	8300.0	36.09	362.34	8764.0	-394.4	187.0	623.3	2.06
91	8400.0	41.14	362.34	8855.3	-458.1	206.4	687.7	2.06
92	8500.0	43.20	362.34	8951.6	-523.1	226.5	754.9	2.06
93	8600.0	45.28	362.34	9053.3	-589.6	247.4	824.4	2.06
94	8700.0	47.31	362.34	9160.4	-657.4	269.1	896.9	2.06
95	8800.0	49.37	362.34	9273.8	-727.3	291.5	971.8	2.06
96	8900.0	51.43	362.34	9393.4	-800.3	314.6	1049.7	2.06
97	9000.0	53.48	362.34	9519.3	-876.0	338.4	1129.8	2.06
98	9100.0	55.54	362.34	9651.4	-954.3	362.9	1211.4	2.06
99	9200.0	57.60	362.34	9789.8	-1035.3	387.8	1294.8	2.06
100	9300.0	59.66	362.34	9933.7	-1119.7	413.5	1379.2	2.06
101	9400.0	61.71	362.34	10083.3	-1207.9	439.7	1465.4	2.06
102	9500.0	63.77	362.34	10238.4	-1299.7	466.3	1553.3	2.06
103	9600.0	65.83	362.34	10399.0	-1395.0	493.5	1643.8	2.06
104	9700.0	67.89	362.34	10565.3	-1493.7	521.1	1736.7	2.06
105	9800.0	69.94	362.34	10737.3	-1595.7	549.1	1832.0	2.06
106	9900.0	72.00	362.34	10914.9	-1700.9	577.4	1929.3	2.06
107	10000.0	74.08	362.34	11098.1	-1809.1	606.1	2029.2	2.06
108	10100.0	76.11	362.34	11286.8	-1920.3	635.1	2131.8	2.06
109	10200.0	78.17	362.34	11481.0	-2034.3	664.4	2237.2	2.06
110	10300.0	80.23	362.34	11680.8	-2151.0	693.9	2345.3	2.06
111	10400.0	82.29	362.34	11886.0	-2270.3	723.5	2456.3	2.06
112	10500.0	84.34	362.34	12096.6	-2392.3	753.3	2570.7	2.06
113	10600.0	86.40	362.34	12312.7	-2517.0	783.2	2688.3	2.06
114	10700.0	88.46	362.34	12534.4	-2644.4	813.2	2799.2	2.06
115	10800.0	90.50	362.34	12761.8	-2774.4	843.7	2913.2	2.06
116	10900.0	90.00	362.34	12995.0	-2906.7	873.2	2999.2	0.00
117	11000.0	90.00	362.34	13234.2	-3041.1	902.2	3099.2	0.00
118	11100.0	90.00	362.34	13479.3	-3177.3	931.2	3199.2	0.00
119	11200.0	90.00	362.34	13730.3	-3315.3	959.2	3299.2	0.00
120	11300.0	90.00	362.34	13987.3	-3455.3	987.2	3399.2	0.00
121	11400.0	90.00	362.34	14250.3	-3597.3	1015.2	3499.2	0.00
122	11500.0	90.00	362.34	14519.3	-3741.3	1043.2	3599.2	0.00
123	11600.0	90.00	362.34	14794.3	-3887.3	1071.2	3699.2	0.00
124	11700.0	90.00	362.34	15075.3	-4035.3	1099.2	3799.2	0.00
125	11800.0	90.00	362.34	15362.3	-4185.3	1127.2	3899.2	0.00
126	11900.0	90.00	362.34	15655.3	-4337.3	1155.2	3999.2	0.00
127	12000.0	90.00	362.34	15954.3	-4491.3	1183.2	4099.2	0.00
128	12100.0	90.00	362.34	16259.3	-4647.3	1211.2	4199.2	0.00
129	12200.0	90.00	362.34	16570.3	-4805.3	1239.2	4299.2	0.00
130	12300.0	90.00	362.34	16887.3	-4965.3	1267.2	4399.2	0.00
131	12400.0	90.00	362.34	17210.3	-5127.3	1295.2	4499.2	0.00
132	12500.0	90.00	362.34	17539.3	-5291.3	1323.2	4599.2	0.00
133	12600.0	90.00	362.34	17874.3	-5457.3	1351.2	4699.2	0.00
134	12700.0	90.00	362.34	18215.3	-5625.3	1379.2	4799.2	0.00
135	12800.0	90.00	362.34	18562.3	-5795.3	1407.2	4899.2	0.00
136	12900.0	90.00	362.34	18915.3	-5967.3	1435.2	4999.2	0.00
137	13000.0	90.00	362.34	19274.3	-6141.3	1463.2	5099.2	0.00

B2. Cálculo de paradas del informe técnico.

11	Transect			Topical/Sub-Sea		Local Coordinates		MTH Coordinates		Topical
12	Depth	Lat.	Long.	Depth	Depth	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Depth
13	[ft]	[Deg]	[Deg]	[ft]	[ft]	[ft]	[ft]	[ft]	[ft]	[ft]
14	0	0	0	0	-922,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
15	50	0	0	50	-872,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
16	100	0	0	100	-822,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
17	200	0	0	200	-722,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
18	300	0	0	300	-622,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
19	400	0	0	400	-522,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
20	500	0	0	500	-422,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
21	550	0	0	550	-372,4	0 N	0 E	9951802,6	291000	0
22	600	0,75	15	600	-322,4	0,32 N	0,08 E	9951802,7	291000	-0,28
23	700	2,25	15	699,96	-222,4	2,84 N	0,76 E	9951803,4	291000,2	-2,48
24	800	3,75	15	799,82	-122,6	7,9 N	2,12 E	9951805,3	291000,7	-6,9
25	816,67	4	15	816,45	-106	8,99 N	2,41 E	9951805,3	291000,7	-7,85
26	900	5,101	22,526	899,52	-22,88	15,22 N	4,58 E	9951807,2	291001,4	-13,14
27	1000	6,493	28,09	999,01	76,61	24,31 N	8,95 E	9951810	291002,7	-20,51
28	1100	7,925	31,674	1098,2	175,81	35,17 N	15,23 E	9951813,3	291004,7	-28,98
29	1200	9,378	34,16	1197,1	274,67	47,78 N	23,42 E	9951817,1	291007,1	-38,55
30	1242,5	10	35	1239	316,6	53,67 N	27,49 E	9951818,9	291008,4	-42,95
31	1292,5	10	35	1288,2	365,84	60,78 N	32,47 E	9951821,1	291009,9	-48,24
32	1300	9,888	35	1295,6	373,2	61,84 N	33,21 E	9951821,4	291010,1	-49,03
33	1400	8,388	35	1394,3	471,92	74,85 N	42,32 E	9951825,4	291012,9	-58,71
34	1500	6,888	35	1493,4	571,03	85,73 N	49,94 E	9951828,7	291015,2	-66,8
35	1600	5,388	35	1592,9	670,46	94,49 N	56,07 E	9951831,4	291017,1	-73,32
36	1700	3,888	35	1692,5	770,13	101,12 N	60,71 E	9951833,4	291018,5	-78,25
37	1800	2,388	35	1792,4	869,97	105,6 N	63,85 E	9951834,7	291019,5	-81,58
38	1900	0,888	35	1892,3	969,93	107,94 N	65,49 E	9951835,5	291020	-83,32
39	1959,2	0	0	1951,5	1029,1	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
40	2000	0	0	1992,3	1069,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
41	2100	0	0	2092,3	1169,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
42	2200	0	0	2192,3	1269,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
43	2300	0	0	2292,3	1369,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
44	2400	0	0	2392,3	1469,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
45	2500	0	0	2492,3	1569,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
46	2600	0	0	2592,3	1669,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
47	2700	0	0	2692,3	1769,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
48	2800	0	0	2792,3	1869,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
49	2900	0	0	2892,3	1969,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
50	3000	0	0	2992,3	2069,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
51	3100	0	0	3092,3	2169,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
52	3200	0	0	3192,3	2269,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
53	3300	0	0	3292,3	2369,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
54	3400	0	0	3392,3	2469,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
55	3500	0	0	3492,3	2569,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
56	3600	0	0	3592,3	2669,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6
57	3700	0	0	3692,3	2769,9	108,32 N	65,75 E	9951835,6	291020,1	-83,6

Figura 28. Cálculo de paradas del informe técnico – SAKO 24

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
65	4500	0	0	4492,3	3569,9	108,32	N	65,75	E	9951835,6	291020,1	-83,6
66	4600	0	0	4592,3	3669,9	108,32	N	65,75	E	9951835,6	291020,1	-83,6
67	4700	1,7	163,94	4692,3	3769,9	106,89	N	66,16	E	9951835,1	291020,2	-82,12
68	4800	3,4	163,94	4792,2	3869,8	102,62	N	67,39	E	9951833,8	291020,6	-77,67
69	4900	5,1	163,94	4891,9	3969,5	95,49	N	69,44	E	9951831,7	291021,2	-70,26
70	5000	6,8	163,94	4991,4	4069	85,53	N	72,31	E	9951828,6	291022,1	-59,9
71	5100	8,5	163,94	5090,5	4168,1	72,74	N	75,99	E	9951824,7	291023,2	-46,59
72	5200	10,2	163,94	5189,2	4266,8	57,13	N	80,49	E	9951820	291024,5	-30,35
73	5300	11,9	163,94	5287,3	4364,9	38,71	N	85,79	E	9951814,4	291026,2	-11,19
74	5400	13,6	163,94	5384,8	4462,4	17,5	N	91,9	E	9951807,9	291028	10,87
75	5494,5	15,207	163,94	5476,4	4554	5,09	S	98,4	E	9951801	291030	34,38
76	5500	15,207	163,94	5481,7	4559,3	6,47	S	98,8	E	9951800,6	291030,1	35,81
77	5537	15,207	163,94	5517,4	4595	15,8	S	101,48	E	9951797,7	291030,9	45,52
78	5600	15,207	163,94	5578,2	4655,8	31,68	S	106,05	E	9951792,9	291032,3	62,03
79	5700	15,207	163,94	5674,7	4752,3	56,88	S	113,31	E	9951785,2	291034,5	88,26
80	5800	15,207	163,94	5771,2	4848,8	82,09	S	120,57	E	9951777,5	291036,8	114,48
81	5900	15,207	163,94	5867,7	4945,3	107,3	S	127,82	E	9951769,9	291039	140,7
82	6000	15,207	163,94	5964,2	5041,8	132,5	S	135,08	E	9951762,2	291041,2	166,93
83	6100	15,207	163,94	6060,7	5138,3	157,71	S	142,34	E	9951754,5	291043,4	193,15
84	6200	15,207	163,94	6157,2	5234,8	182,92	S	149,59	E	9951746,8	291045,6	219,37
85	6300	15,207	163,94	6253,7	5331,3	208,13	S	156,85	E	9951739,1	291047,8	245,59
86	6400	15,207	163,94	6350,2	5427,8	233,33	S	164,11	E	9951731,4	291050	271,82
87	6424,1	15,207	163,94	6373,4	5451	239,4	S	165,88	E	9951729,6	291050,6	278,13
88	6475	15,207	163,94	6422,5	5500,1	252,24	S	169,55	E	9951725,7	291051,7	291,48
89	6495,6	15,207	163,94	6442,4	5520	257,43	S	171,05	E	9951724,1	291052,1	296,88
90	6500	15,258	163,94	6446,7	5524,3	258,54	S	171,37	E	9951723,8	291052,2	298,04
91	6587	16,258	163,94	6530,4	5608	281,25	S	177,9	E	9951716,8	291054,2	321,67
92	6600	16,408	163,94	6542,9	5620,5	284,76	S	178,91	E	9951715,8	291054,5	325,32
93	6700	17,558	163,94	6638,5	5716,1	312,83	S	186,99	E	9951707,2	291057	354,52
94	6776,7	18,439	163,94	6711,4	5789	335,59	S	193,55	E	9951700,3	291059	378,19
95	6800	18,708	163,94	6733,5	5811,1	342,73	S	195,6	E	9951698,1	291059,6	385,63
96	6900	19,858	163,94	6827,9	5905,5	374,47	S	204,74	E	9951688,4	291062,4	418,64
97	7000	21,008	163,94	6921,6	5999,2	408,01	S	214,4	E	9951678,2	291065,4	453,54
98	7100	22,158	163,94	7014,6	6092,2	443,36	S	224,57	E	9951667,4	291068,5	490,31
99	7200	23,308	163,94	7106,8	6184,4	480,5	S	235,26	E	9951656,1	291071,7	528,94
100	7300	24,458	163,94	7198,3	6275,9	519,4	S	246,47	E	9951644,2	291075,1	569,42
101	7400	25,608	163,94	7288,9	6366,5	560,06	S	258,17	E	9951631,9	291078,7	611,72
102	7500	26,758	163,94	7378,6	6456,2	602,46	S	270,38	E	9951618,9	291082,4	655,83
103	7600	27,908	163,94	7467,5	6545,1	646,59	S	283,08	E	9951605,5	291086,3	701,73
104	7611,3	28,037	163,94	7477,4	6555	651,66	S	284,54	E	9951603,9	291086,7	707,01
105	7700	29,058	163,94	7555,4	6633	692,42	S	296,27	E	9951591,5	291090,3	749,4
106	7800	30,208	163,94	7642,3	6719,9	739,93	S	309,95	E	9951577	291094,5	798,83
107	7900	31,358	163,94	7728,2	6805,8	789,11	S	324,11	E	9951562	291098,8	849,99
108	8000	32,508	163,94	7813,1	6890,7	839,94	S	338,74	E	9951546,5	291103,3	902,87
109	8100	33,658	163,94	7896,8	6974,4	892,39	S	353,84	E	9951530,6	291107,9	957,44
110	8200	34,808	163,94	7979,5	7057,1	946,45	S	369,41	E	9951514,1	291112,6	1013,7
111	8213,3	34,96	163,94	7990,4	7068	953,75	S	371,51	E	9951511,9	291113,2	1021,3

J	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	T
132	9800	59,393	163,94	9032,8	8110,4	2086,4	S	697,59	E	9951166,6	291212,6	2199,6	
133	9900	60,393	163,94	9083	8160,6	2169,53	S	721,52	E	9951141,3	291219,9	2286,1	
134	10000	61,393	163,94	9131,6	8209,2	2253,49	S	745,69	E	9951115,7	291227,3	2373,4	
135	10100	62,393	163,94	9179,7	8256,3	2338,26	S	770,09	E	9951089,9	291234,7	2461,6	
136	10119	62,58	163,94	9187,4	8265	2354,23	S	774,69	E	9951085	291236,1	2478,2	
137	10185	63,241	163,94	9217,5	8295,1	2410,78	S	790,97	E	9951067,8	291241,1	2537	
138	10200	63,317	163,94	9224,3	8301,9	2423,79	S	794,72	E	9951063,8	291242,2	2550,6	
139	10207	63,352	163,94	9227,4	8305	2429,7	S	796,42	E	9951062	291242,8	2556,7	
140	10300	63,817	163,94	9268,8	8346,4	2509,84	S	819,49	E	9951037,6	291249,8	2640,1	
141	10400	64,317	163,94	9312,6	8390,2	2596,26	S	844,37	E	9951011,2	291257,4	2730	
142	10438	64,508	163,94	9329	8406,6	2629,26	S	853,87	E	9951001,2	291260,3	2764,3	
143	10485	64,741	163,94	9349,1	8426,7	2669,87	S	865,56	E	9950988,8	291263,8	2806,6	
144	10500	64,937	163,94	9355,5	8433,1	2683,05	S	869,36	E	9950984,8	291265	2820,3	
145	10600	66,225	163,94	9396,8	8474,4	2770,55	S	894,55	E	9950958,1	291272,7	2911,3	
146	10635	66,675	163,94	9410,8	8488,4	2801,39	S	903,42	E	9950948,7	291275,4	2943,4	
147	10643	66,782	163,94	9414,1	8491,7	2808,66	S	905,52	E	9950946,5	291276	2950,9	
148	10680	67,254	163,94	9428,4	8506	2841,13	S	914,87	E	9950936,6	291278,9	2984,7	
149	10700	67,513	163,94	9436,1	8513,7	2858,92	S	919,99	E	9950931,2	291280,4	3003,2	
150	10800	68,801	163,94	9473,3	8550,9	2948,12	S	945,67	E	9950904	291288,2	3096	
151	10841	69,325	163,94	9487,9	8565,5	2984,64	S	956,18	E	9950892,8	291291,5	3134	
152	10900	70,089	163,94	9508,4	8586	3038,1	S	971,57	E	9950876,5	291296,1	3189,6	
153	11000	71,377	163,94	9541,4	8619	3128,81	S	997,69	E	9950848,9	291304,1	3284	
154	11009	71,492	163,94	9544,3	8621,9	3136,97	S	1000	E	9950846,4	291304,8	3292,5	
155	11100	72,665	163,94	9572,3	8649,9	3220,21	S	1024	E	9950821	291312,1	3379,1	
156	11200	73,953	163,94	9601	8678,6	3312,26	S	1050,5	E	9950793	291320,2	3474,8	
157	11300	75,241	163,94	9627,6	8705,2	3404,9	S	1077,2	E	9950764,7	291328,3	3571,2	
158	11315	75,435	163,94	9631,4	8709	3418,94	S	1081,2	E	9950760,5	291329,6	3585,8	
159	11381	76,279	163,94	9647,4	8725	3479,96	S	1098,8	E	9950741,9	291334,9	3649,3	
160	11400	76,529	163,94	9652	8729,6	3498,09	S	1104	E	9950736,3	291336,5	3668,2	
161	11500	77,817	163,94	9674,2	8751,8	3591,79	S	1131	E	9950707,8	291344,7	3765,6	
162	11600	79,105	163,94	9694,2	8771,8	3685,94	S	1159,1	E	9950679,1	291353	3863,6	
163	11700	80,393	163,94	9712	8789,6	3780,5	S	1185,3	E	9950650,3	291361,3	3962	
164	11779	81,405	163,94	9724,4	8802	3855,11	S	1206,8	E	9950627,5	291367,8	4039,6	
165	11799	81,405	163,94	9727,4	8805	3874,18	S	1212,3	E	9950621,7	291369,5	4059,4	
166	11800	81,405	163,94	9727,6	8805,2	3875,42	S	1212,6	E	9950621,3	291369,6	4060,7	
167	11819	81,405	163,94	9730,4	8808	3893,25	S	1217,8	E	9950615,9	291371,2	4079,3	
168	11834	81,405	163,94	9732,6	8810,2	3907,51	S	1221,9	E	9950611,6	291372,4	4094,1	
169	11900	83,105	163,28	9741,6	8819,2	3970,46	S	1240,4	E	9950592,4	291378,1	4159,7	
170	12000	85,672	162,29	9751,3	8828,9	4065,51	S	1269,8	E	9950563,4	291387,1	4259,2	
171	12052	87	161,78	9754,7	8832,3	4114,61	S	1285,8	E	9950548,4	291391,9	4310,8	
172	12100	87	161,78	9757,2	8834,8	4160,4	S	1300,8	E	9950534,5	291396,5	4359	
173	12200	87	161,78	9762,4	8840	4255,26	S	1332,1	E	9950505,6	291406	4458,9	
174	12300	87	161,78	9767,6	8845,2	4350,11	S	1363,3	E	9950476,6	291415,5	4558,7	
175	12400	87	161,78	9772,9	8850,5	4444,97	S	1394,5	E	9950447,7	291425,1	4658,6	
176	12500	87	161,78	9778,1	8855,7	4539,82	S	1425,8	E	9950418,8	291434,6	4758,4	
177	12600	87	161,78	9783,3	8860,9	4634,68	S	1457	E	9950389,9	291444,1	4858,3	
178	12639	87	161,78	9785,4	8863	4671,98	S	1469,3	E	9950378,5	291447,8	4897,6	

C - Píldoras de limpieza utilizadas en la perforación de los pozos

C1. Pozo SAKO 15

SECCION:		16"				
PROF MD	VOL	DENSIDAD	FV	TIPO	MATERIALES	OBSERVACION DE RETORNOS
126	20	8.5	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
200	20	8.6	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
294	20	8.6	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
454	40	8.8	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
571	40	8.9	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
783	60	9	100	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
952	60	9.1	100	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
1148	60	9.1	100	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
1308	60	9.1	100	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
1497	60	9.1	100	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
1725	60	9.2	100	Viscosa Sellante	Lodo + XC-HV + Carbonato200	10% incremento de cortes
1920	60	9.3	100	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
2064	60	9.3	100	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
2254	60	9.3	100	Viscosa Sellante	Lodo + XC-HV + Carbonato200	10% incremento de cortes
2460	60	9.4	100	Viscosa	Lodo + XC-HV	10% incremento de cortes
2631	60	9.4	100	Viscosa	Lodo + XC-HV	10% incremento de cortes
2823	60	9.4	100	Viscosa	Lodo + XC-HV	10% incremento de cortes
3011	60	9.5	100	Viscosa	Lodo + XC-HV	10% incremento de cortes
3221	60	9.5	100	Viscosa	Lodo + XC-HV	5% incremento de cortes
3315	100	8.4	27	Dilución sistema activo	Agua Fresca + Nitrato de Calcio	Controlar peso, centrífugas no abastecen
3391	60	9.5	100	Viscosa	Lodo + XC-HV	10% incremento de cortes
3485	100	8.4	27	Dilución sistema activo	Agua Fresca + Nitrato de Calcio	Controlar peso, centrífugas no abastecen
3580	60	9.5	100	Viscosa	Lodo + XC-HV	10% incremento de cortes
3585	200	8.4	27	Dilución sistema activo	Agua Fresca + Nitrato de Calcio	Controlar peso, centrífugas no abastecen

Figura 29. Píldoras de limpieza - SAKO 15

7818	20	9.6	120	Viscosa-Sellante-Puenteo	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5 % incremento de cortes
7911	20	9.6	120	Viscosa-Sellante-Puenteo	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5 % incremento de cortes
8005	20	9.6	120	Viscosa-Sellante-Puenteo	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5 % incremento de cortes
8100	20	9.6	120	Viscosa-Sellante-Puenteo	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5 % incremento de cortes
8192	20	9.6	120	Viscosa-Sellante-Puenteo	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5 % incremento de cortes
8287	20	9.7	120	Viscosa-Sellante-Puenteo	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5 % incremento de cortes
8335	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
8335	60	9.7	120	Viscosa-Sellante-Puenteo	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5 % incremento de cortes
8475	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
8475	60	12.5	120	Viscosa-Pesada	Lodo + XC-HV + Barita	10 % incremento de cortes
8589	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Ayudar a trabajos de Slide
8664	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
8664	60	12.5	120	Viscosa-Pesada	Lodo + XC-HV + Barita	10 % incremento de cortes
8759	100	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
8759	60	12.5	120	Viscosa-Pesada	Lodo + XC-HV + Barita	15 % incremento de cortes
8328	40	12.5	100	Pesada	Lodo+ Barita	Sacar tubería seca
8760	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
8854	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
8947	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
8947	60	12.5	120	Viscosa-Pesada	Lodo + XC-HV + Barita	10 % incremento de cortes
9041	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
9135	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
9135	60	12.5	120	Viscosa-Pesada	Lodo + XC-HV + Barita	5% incremento de cortes
9323	100	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA

9515	60	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT + Super Sweep	10% incremento de cortes
9899	60	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT + Super Sweep	10% incremento de cortes
9892	60	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT + Super Sweep	10% incremento de cortes
10080	60	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	10% incremento de cortes
10273	60	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	10% incremento de cortes
10335	60	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	5% incremento de cortes
10417	60	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	10% incremento de cortes
6587	30	13	56	Pesada	Lodo + Carbonato 200	Sacar tubería seca
10592	50	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	10% incremento de cortes
10858	80	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	5% incremento de cortes
10858	80	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	5% incremento de cortes
10858	80	13	120	Viscosa-Pesada-Sellante	Lodo + XC-HV + Barita + SFT+G325+ Carbonato	10% incremento de cortes

C2. Pozo SAKO 24

SECCION: 16"						
PROF MD	VOL	DENSIDAD	FV	TIPO	MATERIALES	OBSERVACION DE RETORNOS
127	20	8.5	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
188	20	8.5	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
288	30	8.5	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
370	20	8.5	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
496	40	8.9	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + SFT	Sello y prevención de pérdidas
651	40	8.9	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + Super	5% incremento de cortes
830	40	9	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + Super	5% incremento de cortes
1022	40	9.1	120	Viscosa-Obturante	XC HV + WALLNUT + Bentonita + Super	5% incremento de cortes
1220	40	9.1	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
1405	40	9.1	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
1696	40	9.1	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
1993	40	9.1	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
2159	40	9.2	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
2415	40	9.2	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
2650	40	9.2	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
2810	40	9.4	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
2990	60	9.4	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
3173	60	9.4	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
3363	60	9.4	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
3561	60	9.4	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes
3748	60	9.4	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	5% incremento de cortes

Figura 30. Píldoras de limpieza - SAKO 24

7444	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut + G-318	Limpieza de BHA
7444	60	9.6	120	Viscosa	Lodo + XC-HV + Super Sweep	10% incremento de cortes
7538	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut + G-318	Limpieza de BHA
7565	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut + G-318	Limpieza de BHA
7630	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut + G-318	Limpieza de BHA
7630	60	9.6	120	Viscosa-Sellante	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5% incremento de cortes
7725	20	9.6	120	Viscosa-Sellante	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5% incremento de cortes
7820	20	9.7	120	Viscosa-Sellante	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5% incremento de cortes
7913	60	9.8	120	Viscosa-Sellante	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5% incremento de cortes
8101	60	9.9	120	Viscosa-Sellante	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	5% incremento de cortes
8113	100	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP	Limpieza de BHA
8156	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP	Limpieza de BHA
8226	100	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP	Limpieza de BHA
8226	60	10	120	Viscosa-Sellante	Lodo + XC-HV + SFT + CaCO3-200	10% incremento de cortes
8383	100	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP	Limpieza de BHA
8383	60	10	120	Viscosa	Lodo + XC-HV	10% incremento de cortes
8437	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut	Limpieza de BHA
8498	130	10	35	Lubricada	Lodo del Sistema + MUD LUBE	Para ayudar a trabajos de Slide
8515	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut	Limpieza de BHA
8572	60	13.5	120	Viscosa-Pesada	Lodo + XC-HV + Barita + Super Sweep	10% incremento de cortes
8589	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut	Limpieza de BHA
8589	130	10	35	Lubricada	Lodo del Sistema + MUD LUBE	Para ayudar a trabajos de Slide
8681	80	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca + SAPP + Wall-Nut	Limpieza de BHA

SECCION:		8 3/8"				
PROF MD	VOL	DENSIDAD	FV	TIPO	MATERIALES	OBSERVACION DE RETORNOS
10509	40	11	120	Espaciadora	Lodo + XC-HV + Super Sweep	Desplazamiento de Fluido
10667	40	12.5	120	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3 + SFT	5% incremento de recortes
10855	40	12.5	120	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3 + SFT	5% incremento de recortes
10948	40	12.5	120	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3 + SFT	5% incremento de recortes
11042	40	12.5	120	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3 + SFT	5% incremento de recortes
11230	40	12.5	120	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3-200 + SFT	10% incremento de recortes
11417	40	12.5	120	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3-200 + SFT	5% incremento de recortes
11606	40	12.5	180	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3-200 + SFT	10% incremento de recortes
11764	60	13.5	180	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3-200 + SFT	5% incremento de recortes
11764	60	13.5	180	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3-200 + SFT	5% incremento de recortes
11261	60	13.5	180	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + CaCO3-200 + SFT	15% incremento de recortes
10975	80	11.5	70	Obturante	Lodo + CaCO3-200 + SFT + Wall-Nut	Prevenir posible pérdida de fluido
10455	100	8.4	27	Dispersa	Agua Fresca	Limpieza de BHA
10455	60	10.7	180	Viscosa	Lodo + XC-HV	5% incremento de recortes
11764	60	13.5	200	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + Barita + SFT + Super	5% incremento de recortes
11764	60	13.5	200	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + Barita + SFT + Super	5% incremento de recortes
11256	60	13.5	200	Viscopesada-	Lodo + XC-HV + Barita + SFT + Super	5% incremento de recortes
10455	40	13.5	70	Pesada	Lodo + Barita	Pildora para sacar tubería seca

SECCION:		6 1/8"				
PROF MD	VOL	DENSIDAD	FV	TIPO	MATERIALES	OBSERVACION DE RETORNOS
11769	40	8.4	120	Espaciadora	Agua Fresca + XC-HV + Wall-Nut	Desplazamiento de Fluido
11700	40	11	45	Pesada	Lodo + CaCO3-200	Píldora de maniobra
11926	30	8.8	120	Viscosa de	Lodo + XC-HV+CaCO3-200	5% incremento de recortes
12114	30	8.9	120	Viscosa de	Lodo + XC-HV+CaCO3-200	5% incremento de recortes
12301	30	8.9	120	Viscosa de	Lodo + XC-HV+CaCO3-200	5% incremento de recortes
12488	30	8.9	120	Viscosa de	Lodo + XC-HV+CaCO3-200	5% incremento de recortes
12739	40	8.9	120	Viscosa de	Lodo + XC-HV+CaCO3-200	5% incremento de recortes
12739	40	8.9	120	Viscosa de	Lodo + XC-HV+CaCO3-200	5% incremento de recortes
12739	40	8.9	120	Viscosa de	Lodo + XC-HV+CaCO3-200	5% incremento de recortes
12739	40	8.9	80	Lubricada	Lodo + MUD LUBE	Emplazada en todo Open Hole
11654	30	11	70	Pesada	Lodo + CaCO3-200	Para sacar seca la tubería

D. Volumen y concentración de productos

D1. Pozo SAKO 15

➤ Volumen de Productos

Tabla 19. Sección 16 - Nativo Disperso

	Programado		Real	
Volumen tanques	350	bl	360	bl
Volumen de ultimo casing	20	bl	17	bl
Volumen de hoyo	86	bl	88	bl
Dilución	0	bl	0	bl
Volumen de Re Uso	0	bl	0	bl
Volumen Total	456	bl	464	bl

Tabla 20. Sección 16 - Nitrato de Calcio

	Programado		Real	
Volumen tanques	550	bl	550	bl
Volumen de ultimo casing	20	bl	17	bl
Volumen de hoyo	1355	bl	1390	bl
Dilución	2179	bl	2300	bl
Volumen de Re Uso	0	bl	0	bl
Volumen Total	4104	bl	4257	bl

Tabla 21. Sección 16 - Polímero

	Programado		Real	
Volumen tanques	550	bl	550	bl
Volumen de ultimo casing	20	bl	17	bl
Volumen de hoyo	0	bl	1692	bl
Dilucion	1605	bl	0	bl
Volumen de Re Uso	710	bl	0	bl
Volumen Total	2885	bl	2259	bl

Tabla 22. Sección 12 1/4 - Polímero

	Programado		Real	
Volumen tanques	550	bl	550	bl
Volumen de ultimo casing	973	bl	980	bl
Volumen de hoyo	636	bl	1020	bl
Dilucion	1744	bl	1000	bl
Volumen de re uso/píldoras	500	bl	-	bl
Volumen total	4403	bl	3550	bl

Tabla 23. Sección 8 3/8 - Polímero

	Programado		Real	
Volumen tanques	550	bl	550	bl
Volumen de ultimo casing	795	bl	800	bl
Volumen de hoyo	90	bl	100	bl
Dilución	92	bl	0	bl
Volumen de re uso/píldoras	500	bl	500	bl
Volumen total	2027	bl	1950	bl

Tabla 24. Sección 6 1/8 - Drill In

	Programado		Real	
Volumen tanques	400	bl	350	bl
Volumen de ultimo casing	718	bl	696	bl
Volumen de hoyo	38	bl	110	bl
Dilución	15	bl	100	bl
Volumen de liner 7"	55	bl		
Volumen total	1225	bl	1256	bl

➤ **Concentración de Productos**

Tabla 25. Sección 16 - Nativo Disperso

Material	Programada		Real	
	Min	Max	Min	Max
	lpb	lpb	lpb	lpb
CCDC- XC HV	0,5	0,6	0,41	0,41
BENTONITA	3	5	4,96	4,96
WALNUT MEDIUM	0,35	0,5	0,82	0,82

Tabla 26. Sección 16 - Nitrato de Calcio

Material	Programada		Real	
	Min	Max	Min	Max
	lpb	lpb	lpb	lpb
NITRATO DE CALCIO	8	9	9,34	12,79
CCDC- PAC HV	0,5	0,6	0	0
CCDC- XC HV	0,5	0,6	0,41	1,42

Tabla 27. Sección 16 - Polímero

Material	Programada		Real	
	Min	Max	Min	Max
	lpb	lpb	lpb	lpb
CALCIUM CARBONATE 325	90	100	105,63	105,63
CALCIUM CARBONATE 200	10	15	0	0
CCDC- G318	0,2	0,3	0	0
CCDC-SFT	0,5	1	1,02	1,02
CCDC-PAC LV	0,75	1	0,9	0,9
CCDC-PAC HV	0,25	0,4	0,61	0,61
CCDC-XC HV	0,25	0,4	0,51	0,59
CCDC- XCS III	0,2	0,3	0,43	0,43

Tabla 28. Sección 12 1/4 - Polímero

Material	Programada		Real	
	Min	Max	Min	Max
	LPB	LPB	LPB	LPB
CALCIUM CABONATE 325	80	90	16,55	42,37
CALCIUM CARBONATE 200	20	25	2,68	11,09
CCDC-STF	1	1,25	0,89	4,51
CCDC-MUD LUBE	3	3	8,4	10,85
CCDC-PAC LIV	2	2	0,64	1,84
CCDC-PAC- HV	0,1	0,15	0,53	0,74
CCDC-G318	0,25	0,5	0,18	0,57
SAPP	0	0	0,2	0,6
KPAM	0,25	0,5	-	-
CCDC-XC HV	0,2	0,5	0,54	1,25
CCDC-CXS III	1,5	5	1	2
CCDC-G325	0,1	0,2	1,099	3
WALNUT MEDIUM	0,5	0,5	-	-

Tabla 29. Sección 8 3/8 - Polímero

Material	Programado		Real	
	Min	Max	Min	Max
	LPB	LPB	LPB	LPB
BARITE	35	45	46,81	62,01
CALCIUM CARBONATE 325	120	135	61,42	89,27
CALCIUM CARBONATE 200	10	20	19,91	31,68
CCDC-LS2	1,5	2,5	2,89	3,24
CCDC-G-325	1	1	1,89	2,21
CCDC-PAC-LV	2	3	3,03	3,54
CCDC-PAC-HV	0,8	1	0,65	1,19
CCDC-SFT	4	4	3,94	4,48
CCDC-XC-HV	1	1,3	1,1	1,28
CCDC-XCS-III	2	2	1,92	2,04
CCD-AP-1	1	2	0,73	1,33

Tabla 30. Sección 6 1/8 - Drill In

Material	DRILL-IN			
	Programado		Real	
	Min LPB	Max LPB	Min LPB	Max LPB
CALCIUM CARBONATE 325	20	30	27,41	34,58
CALCIUM CARBONATE 200	5	15	3,32	9,58
ALMIDON	4	6	5,77	6,75
CCDC-PAC-LV	2	4	3,85	4,45
CCDC-PAC-HV	1	1,5	0	0
CCDC-XC-HV	1	1,5	0,7	2,03
CCDC-XCS-III	1	2	1,26	1,55