



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

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS OPERATIVAS DURANTE LA  
PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL CON TRAYECTORIA TIPO  
“J” CON ALTO DESPLAZAMIENTO, UBICADO AL NOROESTE DE LA  
CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

**RICKY ANTHONY GUZMÁN CABRERA**

**TUTOR:**

**CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO  
INGENIERO EN PETRÓLEO**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2021**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEOS**

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS OPERATIVAS DURANTE  
LA PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL CON  
TRAYECTORIA TIPO “J” CON ALTO DESPLAZAMIENTO,  
UBICADO AL NOROESTE DE LA CUENCA ORIENTE DEL  
ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

**RICKY ANTHONY GUZMÁN CABRERA**

**TUTOR:**

**CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO**

**INGENIERO EN PETRÓLEO**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2021**

## DEDICATORIA

A Dios por guiar y bendecir mi camino con salud y paz.

A mis padres Marjorie Cabrera Sarmiento y Enrique Guzmán Mosquera, a mis hermanos Kristhy y Carlos por su esfuerzo y su ardua labor por querer sacarme adelante con mis estudios, gracias al apoyo incondicional que me brindaron pude culminar mi proyecto de tesis y mi carrera universitaria.

A mi esposa e hija, mis Nohas, por brindarme su apoyo, por ser mi motor día tras día.

A mi familia, por estar apoyándome constantemente, y formar parte de este logro. Muchas gracias por todo, los amo mucho.

## CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS OPERATIVAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL CON TRAYECTORIA TIPO “J” CON ALTO DESPLAZAMIENTO, UBICADO AL NOROESTE DE LA CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR”** elaborado por el estudiante **RICKY ANTHONY GUZMÁN CABRERA**, egresado de la carrera de Ingeniería en Petróleos, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 8% de la valoración permitida.

Capture del reporte URKUND: Porcentaje de similitud y fuentes de similitud

URKUND

Documento: [Tesis Ricky Guzmán Cabrera.docx](#) (D111404458)

Presentado: 2021-08-17 20:29 (-05:00)

Presentado por: cportilla@upse.edu.ec

Recibido: cportilla.upse@analysis.orkund.com

8% de estas 35 páginas, se componen de texto presente en 17 fuentes.

Lista de fuentes Bloques PORTILLA LAZO CARLOS ALBERTO (cportilla@upse.edu.ec)

Categoria	Enlace/nombre de archivo
	1417785413_PROYECTO DE GRADUACION.pdf
	<a href="https://docplayer.es/33204511-Escuela-politecnica-nacional.html">https://docplayer.es/33204511-Escuela-politecnica-nacional.html</a>
	TESIS FINAL FORMATO DENNIS CABRERA.pdf
	<a href="http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18486/1/70671_1.pdf">http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18486/1/70671_1.pdf</a>
	TESIS FINAL CON CÁLCULO DE REVESTIMIENTO SM.docx
	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7688/1/T-UCE-0012-384.pdf">http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7688/1/T-UCE-0012-384.pdf</a>
	<a href="https://docplayer.es/50741840-Escuela-politecnica-nacional.html">https://docplayer.es/50741840-Escuela-politecnica-nacional.html</a>

Carlos Alberto Portilla Lazo

C.I.:0913412367

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, **RICKY ANTHONY GUZMÁN CABRERA**, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS OPERATIVAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL CON TRAYECTORIA TIPO “J” CON ALTO DESPLAZAMIENTO, UBICADO AL NOROESTE DE LA CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleo 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,



**RICKY ANTHONY GUZMÁN CABRERA**

**Autor de Tesis**

**C.I. 0750285215**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Carlos Alberto Portilla Lazo, MSc.

### **TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **“EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS OPERATIVAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL CON TRAYECTORIA TIPO “J” CON ALTO DESPLAZAMIENTO, UBICADO AL NOROESTE DE LA CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR”** previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleo elaborado por el Sr. **RICKY ANTHONY GUZMÁN CABRERA**, egresado de la Escuela de Petróleo, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.



---

CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO

TUTOR

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

## CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA.

Yo, Lola González, certifico que he revisado la redacción y ortografía del contenido del trabajo de integración curricular: "EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS OPERATIVAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL CON TRAYECTORIA TIPO "J" CON ALTO DESPLAZAMIENTO, UBICADO AL NOROESTE DE LA CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR", elaborado por el sr. RICKY ANTHONY GUZMÁN CABRERA, previo a la obtención del título de INGENIERO EN PETRÓLEO.

Para el efecto he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma de contenido del texto.

- Se denota pulcritud en la escritura en todas sus partes.
- La acentuación es precisa.
- Se utiliza los signos de puntuación de manera acertada.
- En todos los ejes temáticos se evita los vicios de dicción.
- Hay concreción y exactitud de las ideas.
- No incurre en errores en la utilización de letras.
- La aplicación de sinonimia es correcta.
- El lenguaje es pedagógico, académico, sencillo, directo y de fácil comprensión.

Por lo expuesto, en calidad de gramatóloga, se procede a emitir el presente informe.

Atentamente,



---

Lic. Lola González Quimí, Mg  
CC: 0914393483  
Reg. Senescyt: 1050-15-86072949

**TRIBUNAL DE GRADO**

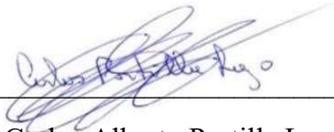
**ROMEL  
ANGEL  
ERAZO  
BONE** Firmado digitalmente por ROMEL ANGEL ERAZO BONE  
Fecha: 2021.11.26 09:26:38 -05'00'

---

Qf. Rolando Calero Mendoza, PhD.  
DIRECTOR DE LA CARRERA  
DE PETRÓLEOS

---

Ing. Romel Angel Erazo Bone, MSc  
PROFESOR DE ARÉA



---

Ing. Carlos Alberto Portilla Lazo, MSc  
TUTOR



Firmado digitalmente por ERICA LORENZO GARCIA

---

Leda. Erica Lorenzo García, PhD.  
DOCENTE Y SECRETARÍA DE LA UIC

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar mis pasos, por no abandonarnos en los momentos difíciles y darnos la sabiduría y fortaleza de lograr cumplir con nuestro objetivo de tan anhelada carrera.

A mis padres, que me han apoyado incondicionalmente, por forjado como persona de bien con valores y principios, y sobre todo por impulsarme a conseguir la llegar a la meta.

A mi esposa Nohely Rivilla Mantuano, por ser mi apoyo y compañera, durante mi carrera universitaria. A mi hija Noha Guzmán Rivilla, por ser mi motor y principal motivación para seguir adelante.

A mis amigos, Eddie Medina y Kevin Soto por acompañarme y apoyarme en el transcurso de la carrera universitaria.

Al Ing. Carlos Alberto Portilla Lazo, por ser mi tutor y darme la oportunidad de realizar este trabajo bajo su asesoría, brindándome sus conocimientos y colaboración para lograr desarrollar este trabajo de investigación.

A mis maestros, por sus enseñanzas a lo largo de esta carrera profesional, por su paciencia y tiempo.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por recibirme en sus instalaciones y permitirme formarme como profesional, perteneciendo a la carrera de Ingeniería en Petróleo.

Al Ing. Edison Bedoya, Gerente De Operaciones de la empresa ORIONOIL ER S.A, por la predisposición en la facilitación de información para realizar mi proyecto de titulación, apoyando a la educación e innovación en los trabajos de investigación.

# CONTENIDO

pág.

DEDICATORIA .....	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	v
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	vi
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA .....	vii
TRIBUNAL DE GRADO .....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
CONTENIDO .....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE TABLAS .....	xv
INDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1

1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA .....	1
1.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA .....	4
1.5. OBJETIVOS .....	4
1.5.1 General. ....	4
1.5.2 Específicos. ....	4
1.6. HIPÓTESIS .....	5
1.7. ALCANCE DE LA PROPUESTA.....	5
1.8. METODOLOGÍA EMPLEADA .....	5
1.8.1 Tipo y diseño de la investigación.....	5
1.8.2 Método de investigación a emplearse. ....	5
CAPITULO II: MARCO TEORICO .....	7
2.1. POZOS DIRECCIONALES.....	7
2.2. TIPOS DE POZOS DIRECCIONALES .....	7
2.2.1 Pozo direccional tipo “J”.....	7
2.2.2 Pozo tipo “J” modificado. ....	8
2.2.3 Pozo direccional tipo “S”.....	9
2.2.4 Pozo tipo “s” modificado. ....	10
2.2.5 Pozo horizontal. ....	10
2.3. ENSAMBLAJES DE FONDO .....	11
2.4. PRINCIPALES COMPONENTES DEL BHA .....	11
2.4.1 Broca. ....	12

2.4.2 Tipos de brocas. ....	12
2.4.3 Brocas tricónicas. ....	13
2.4.4 Brocas PDC. ....	14
2.4.5 Brocas híbridas. ....	14
2.4.6 Tubería de perforación (drill pipe). ....	15
2.4.7 Lastrabarrenas (drill collars). ....	15
2.4.8 Tubería de perforación pesada o Heavy Weight Drill Pipe (HWDP). ....	16
2.4.9 Estabilizadores. ....	17
2.4.10 Flotador sustituto (Float Sub). ....	17
2.4.11 Sustituto de broca (Bit Sub). ....	18
2.4.12 Válvula flotadora (Float Valve). ....	18
2.4.13 Herramienta desviadora (Bent Housing). ....	19
2.4.14 Herramientas de registros mientras se perfora (MWD/LWD). ....	19
2.4.15 Motor de desplazamiento positivo. ....	19
2.4.16 Martillo hidráulico. ....	20
2.5. FUNCIONAMIENTO DE LOS ENSAMBLAJES DE FONDO .....	20
2.5.1 BHA para construcción (Fulcrum). ....	20
2.5.2 BHA empaquetado (Packed). ....	21
2.5.3 BHA para tumbado (Pendulum). ....	21
2.6. FLUIDOS DE PERFORACIÓN .....	21
2.6.1 Densidad. ....	22
2.6.2 Punto cedente. ....	22
2.6.3 Viscosidad de embudo. ....	22
2.6.4 Viscosidad plástica. ....	22
2.6.5 Esfuerzos de gel. ....	22

2.6.6 Filtrado.....	23
2.6.7 La prueba de azul de metileno (MBT).....	23
2.6.8 Reología de baja y alta.....	23
2.6.9 Píldoras.....	23
2.7. PROBLEMAS EN LA PERFORACIÓN.....	24
2.7.1 Pérdida de circulación.....	24
2.7.2 Derrumbes, incremento en el volumen de cortes.....	24
2.7.3 Rotación restringida, tubería en pega.....	24
2.7.4 Hueco Agrandado, velocidad anular disminuida, limpieza de hueco.....	24
2.7.5. Broca Embolada.....	25
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	26
3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	26
3.1.1 Tipo de investigación.....	26
3.1.2. Recopilación de información.....	26
3.1.3. Población y muestra.....	26
3.1.4. Procesamiento de Información.....	26
3.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	27
3.2.1. Selección del método.....	27
3.2.2. Variables.....	27
3.2.3. Procesamiento y análisis de información.....	27
3.2.4. Planificación del pozo.....	28
3.2.5. Sección de 16”.....	33
3.2.6. Sección 12 ¼”.....	37
3.2.7. Sección 8 ½”.....	43

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
4.1. ANÁLISIS DE EVENTOS DE PERFORACIÓN .....	47
4.1.1. Sección de 16”.....	48
4.1.2. Sección de 12 ¼”.....	51
4.1.3. Sección de 8 ½”.....	53
4.1.4. Trayectoria final del pozo.....	56
4.1.5. Columna litológica atravesada.....	57
4.1.6. Curva de construcción del pozo.....	58
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1. CONCLUSIONES.....	59
5.2. RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS.....	64

# INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Pozo tipo “J”.	8
Figura 2. Pozo tipo “J” modificado.	8
Figura 3: Pozo tipo “S”.	9
Figura 4: Pozo tipo “S” modificado.	10
Figura 5: Pozo horizontal.	11
Figura 6: Broca tricónica (LPS, 2019).	13
Figura 7: Brocas PDC (Schlumberger, Spear PDC Drill Bits, 2012).	14
Figura 8: Broca Híbrida (Tydrillbits, 2021).	14
Figura 9: Tubería de perforación.	15
Figura 10: Lastrabarrena (International, 2021).	16
Figura 11: Tubería de perforación pesada (Anson, 2015).	16
Figura 12: Estabilizadores (Alibaba, 2021).	17
Figura 13: Flotador sustituto (D-valves, 2021).	17
Figura 14: Sustituto de broca (Alibaba, 2021).	18
Figura 15: Válvula flotadora (Drillmax, 2021).	18
Figura 16: Herramienta desviadora (Geoguidance, 2021).	19
Figura 17: Martillo hidráulico (Schlumberger, 2012).	20
Figura 18: Curva de construcción del pozo sección 16”	29
Figura 19: Curva de construcción del pozo sección 12 1/4”	30
Figura 20: Curva de construcción del pozo sección 8 1/2”	30
Figura 21: Esquema mecánico planeado del pozo.	31
Figura 22: Trayectoria planeada del pozo.	32

# INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Información general del pozo.....	27
Tabla 2: Topes de formaciones pronosticados. ....	28
Tabla 3: Registro de orientación a 350 pies. ....	33
Tabla 4: Registro de orientación a 1253 pies. ....	34
Tabla 5: Tiempos y ROP'S del BHA # 2. ....	35
Tabla 6: Materiales utilizados en cementación. ....	36
Tabla 7: Tiempos y ROP'S del BHA #3. ....	39
Tabla 8: Secciones bombeadas.....	40
Tabla 9: Tiempos y ROP'S del BHA #4. ....	41
Tabla 10: Control de parámetros 1.....	42
Tabla 11: Materiales utilizados en cementación. ....	42
Tabla 12: Tiempos y ROP'S del BHA #5. ....	45
Tabla 13: Materiales utilizados en cementación. ....	45
Tabla 14: Plan versus resultados de sección 16”.....	48
Tabla 15: Propiedades de fluidos empleados en la formación Chalcana, sección 16”.....	50
Tabla 16: Volúmenes de fluidos empleados en la formación Chalcana, sección 16”.....	50
Tabla 17: Propiedades de fluidos empleados en la formación Orteguzza, sección 16”.....	50
Tabla 18: Volúmenes de fluidos empleados en la formación Orteguzza, sección 16”.....	51
Tabla 19: Plan versus resultados de sección 12 1/4”.....	51
Tabla 20: Propiedades de fluidos empleados en la sección 12 1/4”.....	53
Tabla 21: Volúmenes de fluido empleados en la sección 12 1/4”.....	53
Tabla 22: Resultados BHA #5.....	53
Tabla 23: Propiedades de fluidos empleados en la sección 8 1/2”.....	55
Tabla 24: Volúmenes de fluido empleados en la sección 8 1/2”.....	55

# INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A: Registro de perforación de la sección 16" .....	64
Anexo B: Registro de perforación de la sección 12 1/4" .....	65
Anexo C: Registro de perforación de la sección 8 1/2" .....	66

**EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS OPERATIVAS DURANTE LA  
PERFORACIÓN DE UN POZO DIRECCIONAL CON TRAYECTORIA TIPO  
“J” CON ALTO DESPLAZAMIENTO, UBICADO AL NOROESTE DE LA  
CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR**

**RESUMEN**

El presente trabajo de titulación muestra un análisis de las prácticas operativas realizadas en cada sección perforada de un pozo direccional tipo “J” con alto desplazamiento, donde se relata la secuencia operativa sección a sección, el pozo estudiado, consta de tres secciones, la primera sección tiene un diámetro promedio de 16”, la segunda sección tiene un diámetro promedio de 12 ¼”, y la última sección tiene un diámetro promedio de 8 ½”. La metodología utilizada se denomina Post Job, que consiste en analizar cada evento (problema), para así proceder a dar solución o recomendación con la finalidad de evitar que suceda esto en futuros trabajos. En los resultados se detallan los problemas dados en cada sección. Se especifica el desempeño y hora trabajadas de cada BHA utilizada, también se detalla en que sección fueron utilizados. Se describen los tipos de fluidos utilizados para cada formación, y como último punto, se dan las recomendaciones para poderlas tomar como medidas preventivas y correctivas en la optimización de trabajos futuros.

**PALABRAS CLAVE: PERFORACIÓN/ PRÁCTICAS OPERATIVAS/ POZO  
DIRECCIONAL/ ALTO DESPLAZAMIENTO**

**EVALUATION OF OPERATIONAL PRACTICES DURING THE DRILLING  
OF A DIRECTIONAL WELL WITH A TYPE “J” TRAJECTORY WITH HIGH  
DISPLACEMENT, LOCATED TO THE NORTHWEST OF THE EASTERN  
BASIN OF ECUADOR**

**ABSTRACT**

The present titration work shows an analysis of the operational practices carried out in each drilled section of a directional well type "J" with high displacement, where the operational sequence is reported section by section, the well studied consists of three sections, the first section has an average diameter of 16 ", the second section has an average diameter of 12 ¼", and the last section has an average diameter of 8 ½ ". The methodology used is called Post Job, which consists of analyzing each event (problem), in order to proceed to provide a solution or recommendation in order to prevent this from happening in future jobs. The results detail the problems given in each section. The performance and hours worked of each BHA used is specified, it is also detailed in which section they were used. The types of fluids used for each training are described, and as a last point, recommendations are given to be able to take them as preventive and corrective measures in the optimization of future work.

**KEY WORDS: DRILLING / OPERATING PRACTICES / DIRECTIONAL WELL / HIGH DISPLACEMENT**

# **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA**

En el presente estudio relacionado a las operaciones de perforación de un pozo tipo “J” con alto desplazamiento, se realizó el análisis puntual de cada evento (problema) que se presentan para cada sección perforada. Por consiguiente, la finalidad de plantear medidas de prevención en futuras perforaciones de pozos con alto desplazamiento es reducir los NPT (non productive time; tiempo no productivo), para evitar la suspensión del funcionamiento del taladro, y el aumento del costo ya establecido en la planeación del pozo. Por lo tanto, si existe un mayor desplazamiento vertical, incrementará la probabilidad de tener problemas durante la perforación.

## **1.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

En el año 2008 en Ecuador, Mauricio Coloma Chango, efectuó una investigación sobre evaluación de ensamblajes de fondo BHA (Bottom Hole Assembly – Ensamblaje de perforación) para optimizar el tiempo de perforación en pozos direccionales en el campo sacha, donde concluye que un BHA que se desempeña muy bien en un pozo puede actuar muy diferente en otro dentro del mismo campo.

En el año 2008 en Ecuador, Jaime Moreno Piña, realizó un análisis y selección entre ensamblajes de fondo convencional y rotatorio para la perforación de pozos direccionales en los campos del bloque 15, donde concluye que, por teoría e historial, para pozos con perfil tipo “J largo alcance” se opta por perforar con herramienta rotatoria, por ello hay una mayor cantidad de pozos perforados con dicha herramienta frente a la herramienta direccional. En el Campo Eden – Yuturi hay dos pozos perforados con herramienta rotatoria y uno con herramienta convencional, ambos de la Compañía Schlumberger. En los Campos ILYP hay dos pozos perforados con herramienta convencional de

Halliburton, un pozo perforado con Geo Pilot; además de un pozo perforado con herramienta rotatoria Power Drive.

En el año 2010 en Ecuador, Edison Lozada Chasiluisa, realizó una investigación sobre metodología u operación de los componentes del BHA para las operaciones de perforación de pozos petroleros en el campo guanta de petroproducción donde concluye que para hacer más rígido el BHA se aplica altos r.p.m. esto ayuda a frenar desvíos debidos a tendencias de la formación.

En el año 2012 en Ecuador, Leonardo Soque Díaz, llevo a cabo un estudio de los problemas presentados durante la perforación de pozos direccionales con alto ángulo de inclinación en un campo del oriente concluye que debido a que se mantuvo secciones altamente desviadas se pudo haber generado la formación de camas de recortes en la sección baja del agujero lo que produciría la reducción del área del flujo y la tendencia de los recortes a caer hacia el fondo del pozo.

En el año 2013 en Ecuador, Alexandra Gallegos Mazza, realizó un estudio sobre los ensamblajes con motor de fondo (BHA) para optimizar la perforación de pozos tipo “j” en la plataforma Sacha 380 del campo Sacha donde concluye que las formaciones con mayor tendencia de tumbar inclinación son: Conglomerado Inferior Tiyuyacu, Calizas de Napo y en Hollín, mientras que el I cuadrante presenta mayores esfuerzos de abatimiento de ángulo en Tiyuyacu, Napo y las Areniscas “U” y “T”.

En el año 2013 en Ecuador, Evelyn Yáñez Flores, ejecutó un estudio sobre optimización de trayectorias direccionales de alta tasa de construcción, para pozos horizontales, mediante la aplicación de sistemas de rotación continua en el bloque 16 donde concluye que La construcción de la trayectoria de un pozo se vuelve más compleja, a medida a que se va completando los cellar realizados en un determinado well pad. Esto debido a que al inicio de la perforación el objetivo primordial es alejarse de los pozos cercanos por los riesgos de colisión e interferencia en las herramientas direccionales, además del poco desplazamiento horizontal que se dispone para construir direccionalmente el pozo respecto al punto de aterrizaje (entry point).

En el año 2014 en Ecuador, Danny Ramírez Chávez, realizó un estudio sobre la optimización de prácticas operacionales en la perforación de pozos del oriente ecuatoriano para la reducción de tiempo no productivo y de tiempo invisible donde concluye que la sección que registró mayores problemas fue la 12 ¼ “, conformada por las formaciones Tiyuyacu, Tena y Napo, en especial, la primera, donde las ROP fueron bajas con respecto a las diferentes brocas empleadas.

En el año 2015 en Ecuador, Oscar Santos Morales, realizó un estudio de los problemas operacionales durante la perforación de los pozos direccionales en la plataforma Drago norte 2 donde concluye que es importante mantener las propiedades del fluido de perforación dependiendo de la sección que se esté atravesando para tener una buena limpieza del hoyo y reducir en lo posible los constantes viajes de calibración ya que en ocasiones se repasó hasta cinco veces lo cual puede provocar derrumbes dentro del hoyo ocasionando el atrapamiento de las herramientas en fondo y más aún la pérdida del pozo.

En el año 2015 en Ecuador, Zoila Pilla Cunalata, llevo a cabo un manual de planificación, diseño y consideraciones para la construcción de pozos direccionales en el campo Sacha donde concluye que para la perforación de pozos direccionales es recomendable cumplir estrictamente con los parámetros de perforación de acuerdo con la formación que se esté atravesando.

En el año 2018 en Ecuador, Edwin Jaramillo Barrera, realizó un análisis del diseño de ensamblaje de fondo (bha) y la tubería de perforación utilizado en la construcción del pozo x direccional tipo "J" en el campo auca en el oriente ecuatoriano donde concluye que, en la perforación de pozos direccionales, aplicar RPM máximas en construcción de tangente; así como también mantener una rotación constante en las zonas de arenas para evitar pega diferencial de la tubería.

Debido al estudio de las practicas operativas, se ha podido identificar los problemas que se presentan durante la perforación de los pozos, de esta manera se ha podido optimizar recursos económicos en futuras campañas.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente trabajo de investigación realizará la descripción de las operaciones de perforación direccional, mediante el análisis puntual de cada evento (problema) que se presenta para cada sección perforada, logrando plantear medidas de prevención en futuras perforaciones de pozos con alto desplazamiento vertical. Así pues, se reduciría los NPT, reduciendo costos que fueron establecidos en la planeación del pozo.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

La perforación de pozos direccionales tipo “J” con alto desplazamiento, es una práctica inusual, debido a que existen altas probabilidades de tener problemas operacionales. Para alcanzar el objetivo propuesto, se realizará la evaluación de las operaciones de perforación con el interés de identificar los problemas que han afectado al avance de la perforación del pozo tipo “J” con alto desplazamiento.

Posteriormente se procedió a determinar las causas que habían originado dichos problemas y se evaluó el desempeño de los fluidos de perforación en las secciones en que existieron inconvenientes.

### **1.5. OBJETIVOS**

#### **1.5.1 General.**

Evaluar los problemas operacionales en la perforación de pozos tipo “J” con alto desplazamiento, para tomar las medidas preventivas y correctivas en la optimización de trabajos futuros.

#### **1.5.2 Específicos.**

- Analizar el comportamiento del BHA que se utilizará en este pozo y de esta manera identificar los problemas que se pueden suscitar.
- Identificar y describir los tipos de fluidos utilizados para cada sección y formación, en la limpieza del hoyo.

- Determinar medidas preventivas y recomendaciones que permitirán optimizar futuros trabajos de perforación.

## **1.6. HIPÓTESIS**

La “Evaluación de las prácticas operativas durante la perforación de un pozo direccional con trayectoria tipo “J” con alto desplazamiento, ubicado al noroeste de la cuenca oriente del Ecuador.”, podrá ser un referente para mejorar la toma de decisiones y de esta forma evitar la pérdida de tiempo productivo y disminuir las pérdidas económicas.

## **1.7. ALCANCE DE LA PROPUESTA**

La finalidad de este trabajo es estudiar y analizar los procesos y problemas que engloban la perforación de pozos direccionales tipo “J” con alto desplazamiento, y así de esta manera aportar con sugerencias para la prevención y corrección de futuros trabajos operacionales.

## **1.8. METODOLOGÍA EMPLEADA**

### **1.8.1 Tipo y diseño de la investigación.**

La presente investigación se llevó a cabo con información obtenida de fuentes bibliográficas semejantes al proyecto, así como los datos arrojados de los reportes diarios de la perforación direccional de un pozo tipo” J” con alto desplazamiento ubicado al noroeste de la cuenca oriente del Ecuador.

### **1.8.2 Método de investigación a emplearse.**

La metodología presentada es de tipo descriptiva e inductiva, se realizó, la evaluación de los posibles problemas que puedan presentarse durante la perforación de un pozo tipo “J” con alto desplazamiento.

El desarrollo del proyecto se realizó en un pozo de un campo real al noroeste de la cuenca Oriente, con la información obtenida de los reportes diarios de la

perforación y que son debidamente autorizados por la empresa operadora. Es decir, que datos técnicos e información serán manejados de forma confidencial establecida por la empresa.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. POZOS DIRECCIONALES**

La perforación direccional es el desarrollo de dirigir el pozo a través de una trayectoria determinada hacia un objetivo determinado en el subsuelo. Existen varias aplicaciones de la perforación direccional, una de ellas para barrer áreas mayores de los yacimientos desde una misma plataforma en superficie, con fines de cuidado ambiental (Izurieta, 2014).

La desviación intencional de un pozo respecto a la trayectoria que adoptaría naturalmente. Esta desviación se logra mediante el uso de cuñas, configuraciones de arreglos de fondo de pozo BHA, instrumentos para medir el trayecto del pozo en el espacio tridimensional, enlaces de datos para comunicar las mediciones obtenidas en el fondo del pozo a la superficie, motores de lodo, y componentes BHA y barrenas de perforación especiales, incluidos los sistemas rotativos direccionales, y las barrenas de perforación. Cuando se logra una dirección de pozo determinada, ésta se puede mantener mediante la rotación de toda la sarta de perforación (Schlumberger, 2021).

### **2.2. TIPOS DE POZOS DIRECCIONALES**

De manera general, podemos encontrar estos tipos de configuraciones:

#### **2.2.1 Pozo direccional tipo “J”.**

Este tipo de pozo que se aprecia en la figura 1 “se caracteriza por tener un KOP superficial inicial. Una vez que se tiene azimuth e inclinación deseada, se reviste el hoyo para proteger la sección perforada, el ángulo se mantiene hasta llegar al

objetivo. Este perfil de pozo es común para perforación a profundidades moderadas que requieran un gran desplazamiento lateral” (Morales, 2015).

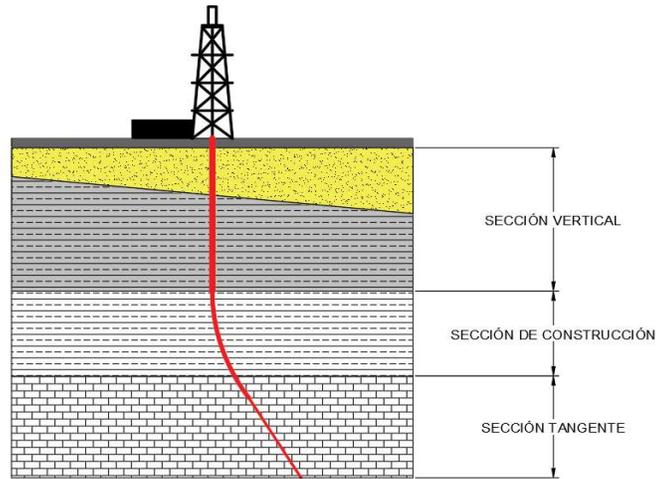


Figura 1. Pozo tipo “J”.

### 2.2.2 Pozo tipo “J” modificado.

Son pozos que mantiene el mismo perfil que el pozo tipo “J” y tiene una caída natural al final orientada hacia el objetivo, dado el buzamiento de la formación por dificultades para construir ángulo, el cual se visualiza en la figura 2 (Izurieta, 2014).

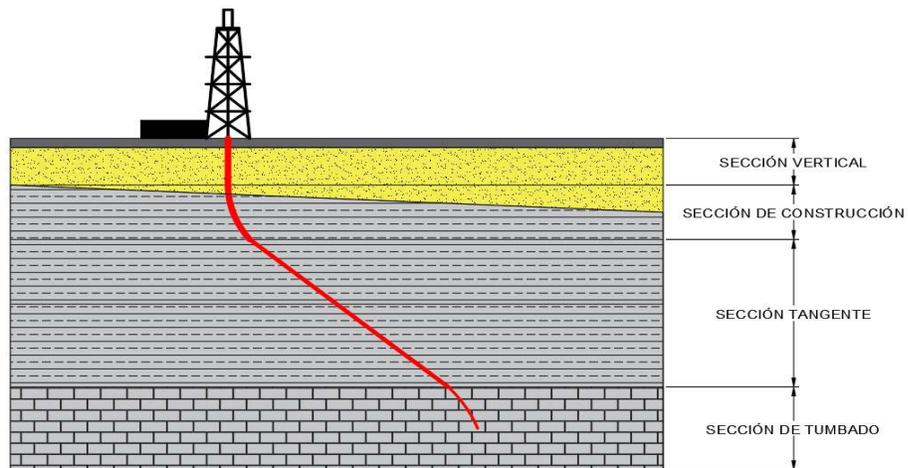


Figura 2. Pozo tipo “J” modificado.

### 2.2.3 Pozo direccional tipo “S”.

Para el diseño de este tipo de trayectoria se considera cinco secciones de perforación: sección vertical, sección de construcción, sección tangente, sección de caída y sección vertical, el desplazamiento horizontal considerado para el diseño de este modelo tiene un valor tentativo de 1500 ft, aunque se encuentran pozos con valores mayores. Los primeros pies perforados siguen una trayectoria vertical hasta atravesar formaciones con conglomerados superficiales, de tal manera, que la sección de construcción sea más fácil a partir de las formaciones arcillosas. Sin embargo, existen casos donde la trayectoria vertical no se cumple por efectos de colisión con pozos cercanos, en estos casos esta primera etapa tiene ligeros desplazamiento en su construcción, es decir, no será completamente vertical. En la sección de construcción, es donde el trabajo direccional da inicio, tiene como objetivo construir el ángulo de inclinación necesario de la sección tangente. Al finalizar la construcción de la tangente se observa una sección de caída (DROP), que da lugar a la construcción de una sección vertical de tal manera que los objetivos sean atravesados de manera perpendicular, el mismo que es representado en la figura 3 (Sánchez, 2014).

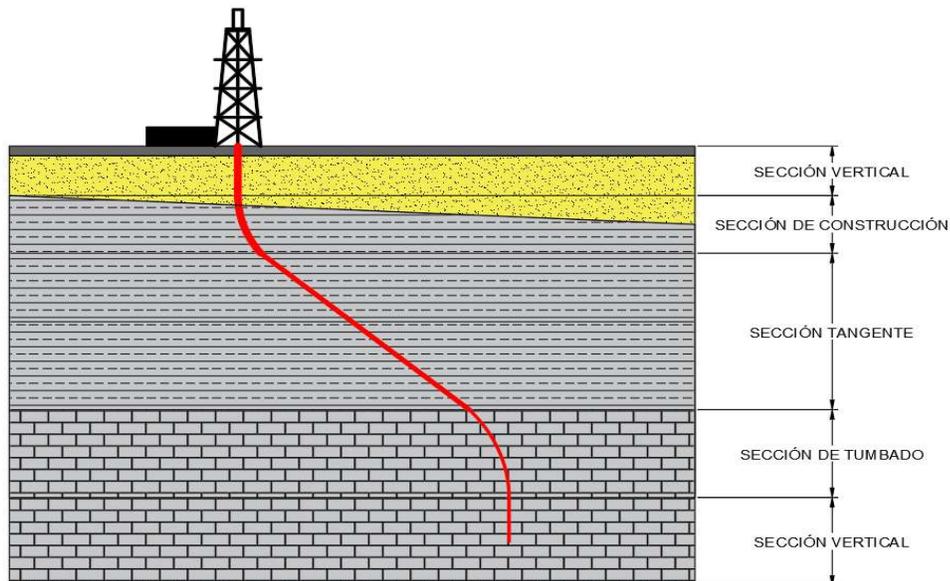


Figura 3: Pozo tipo “S”.

## 2.2.4 Pozo tipo “s” modificado.

La trayectoria S modificada, que se observa en la figura 4, se diferencia de la trayectoria “S” en que después de la zona de tumbado, el ángulo de inclinación decrece, pero no llega a 0, por lo que se penetra el objetivo con cierto ángulo de inclinación menor al máximo ángulo que alcanzó el pozo en la sección de construcción (Altuna, 2014).

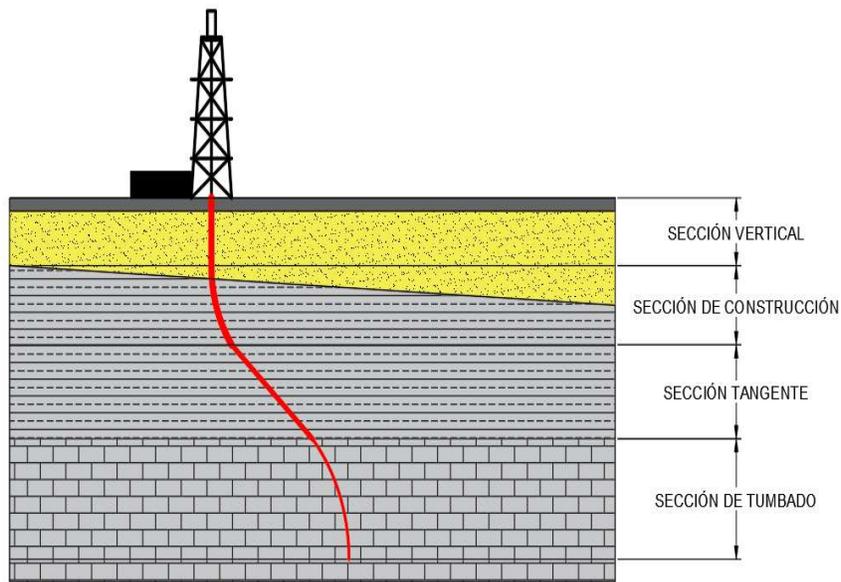


Figura 4: Pozo tipo “S” modificado.

## 2.2.5 Pozo horizontal.

Se definen como pozos horizontales a aquellos que son perforados de manera direccional, como se visualiza en la figura 5, paralelos a los planos de estratificación de un yacimiento, o hasta alcanzar 90 grados de desviación con respecto a la vertical, a una profundidad y dirección establecidas donde está ubicado el yacimiento objetivo.

También se denominan pozos horizontales aquellos con un ángulo de desviación no menor de  $86^\circ$ , con respecto a la vertical. Los pozos horizontales tienen una sección lateral que puede variar de unos cientos a varios miles de pies.

La longitud de la sección horizontal depende de la extensión del yacimiento y del área que se desee drenar en el mismo (Library, 2021).

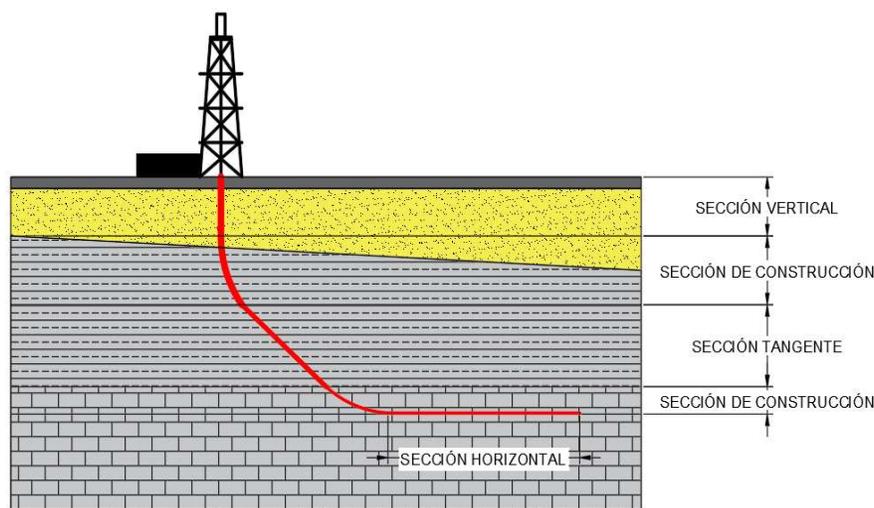


figura 5: Pozo horizontal.

### 2.3. ENSAMBLAJES DE FONDO

El ensamblaje de fondo, conocido en sus siglas en inglés como BHA, es la primera sección de la sarta de perforación, y está compuesto por broca, motores de desplazamiento positivo, herramientas direccionales, LWD (Logging While Drilling; Registro durante la perforación), MWD (Measurement While Drilling; Midiendo durante la perforación); estabilizadores, tubería de perforación (Drill Pipe), Lastrabarrenas (Drill Collars), tubería pesada (Heavy Weight), martillos de perforación, estos ensamblajes hacen posible la construcción del pozo desde el punto de vista direccional (inclinación y azimuth), de acuerdo a la trayectoria propuesta y a su vez proporcionan el peso necesario para que la broca pueda perforar y tener un buen desempeño ROP (Izurieta, 2014).

### 2.4. PRINCIPALES COMPONENTES DEL BHA

Existen diferentes configuraciones de BHA's usados para perforar las diferentes secciones de un pozo; generalmente se las usa con un motor de fondo, que le da la

rotación a la broca y permite penetrar en la roca. Dentro de esas configuraciones podemos encontrar:

### **2.4.1 Broca.**

Primer elemento de un BHA de perforación y su función es de triturar la roca. Para perforar un pozo se usan brocas tricónicas para formaciones poco consolidadas y formaciones de alta granulometría; de tipo PDC (polycrystalline diamond compact; compacto de diamante policristalino) para perforar formaciones duras y arcillosas (Izurieta, 2014).

Siendo un elemento importante la broca que es quien va a cortar la formación se requiere diseñar la misma con valores hidráulicos que permitan generar un buen ROP y con ello el avance que sea requerido; dentro de los parámetros necesarios se habla de:

TFA: (True flow area; área de flujo total): es la suma de las áreas de las boquillas por las que el fluido puede pasar. Cuando considere el TFA, debe contar todas las boquillas que tiene en una broca.

HCI (Hole clean index; índice de limpieza del pozo): el índice de limpieza del hoyo, indica los valores de limpieza que va a poder otorgar la broca, para tener una buena idea de qué tan buena es la limpieza del orificio.

Velocidad de los Jets: es la velocidad con la que va a salir el fluido a través de los jets, esto indica el impacto de corte que va a tener la broca.

### **2.4.2 Tipos de brocas.**

Existen 3 tipos de barrenas las cuales se diferencian por su sistema de corte, las tricónicas, cuyo mecanismo de corte es la molienda; las brocas PDC, que cizallan la roca en capas o planos y las brocas híbridas que combina ambos mecanismos. Son seleccionadas de acuerdo con la litología a perforar (Izurieta, 2014).

### 2.4.3 Brocas tricónicas.

Las brocas tricónicas, como lo muestra la figura 6, posee tres componentes principales: La estructura de corte, los cojinetes y sellos y el cuerpo de la broca (también denominado “pata de la broca”). La estructura de corte cuenta con los elementos de corte, ya sean dientes de acero revestidos de metal duro o bien inserto de carburo de tungsteno, ubicados en los conos rotativos. Los conos se montan sobre cojinetes, ya sean a rodillo o journal, y pueden ser sellados o no, utilizando sellos de elastómero o de metal. El cuerpo de la broca contiene los soportes de las boquillas y el sistema de compresión de presión (Cunalata, 2015).



Figura 6: Broca tricónica (LPS, 2019).

#### 2.4.4 Brocas PDC.

Brocas de diamante sintético policristalino compacto, como se visualiza en la figura 7, cuya matriz es sólida y posee cortadores fijos; por sus ventajas hidráulicas es la broca más usada a nivel mundial. Posee un mecanismo de corte que cizalla la roca en planos (Izurieta, 2014).



Figura 7: Brocas PDC (Schlumberger, Spear PDC Drill Bits, 2012).

#### 2.4.5 Brocas híbridas.

Brocas compuestas de conos y matriz sólida con cortadores de diamantes o PDC, como se muestra en la figura 8, junta ambos mecanismos de corte de roca (Izurieta, 2014).



Figura 8: Broca Híbrida (Tydrillbits, 2021).

### **2.4.6 Tubería de perforación (drill pipe).**

Son tubos de acero equipado con extremos roscados especiales llamados juntas de herramientas, como se observa en la figura 9. La columna de tubería de perforación conecta el equipo de superficie de la plataforma con el conjunto de fondo de pozo y la broca, tanto para bombear fluido de perforación a la broca como para poder subir, bajar y rotar el conjunto de fondo de pozo y la broca (Schlumberger, 2021).



Figura 9: Tubería de perforación.

### **2.4.7 Lastrabarrenas (drill collars).**

Componente de una sarta de perforación que proporciona peso a la broca para perforar. Los collares de perforación, como lo muestra la figura 10, son piezas tubulares de paredes gruesas mecanizadas a partir de barras sólidas de acero, generalmente acero al carbono simple, pero a veces de una aleación de níquel-cobre no magnética u otras aleaciones de primera calidad no magnéticas. Las barras de acero se perforan de un extremo a otro para proporcionar un paso para bombear los fluidos de perforación a través de los collares. El diámetro exterior de las barras de acero se puede mecanizar ligeramente para garantizar la redondez y, en algunos casos, se puede mecanizar con ranuras helicoidales (collares en

espiral). Por último, las conexiones roscadas, macho en un extremo y hembra en el otro, se cortan para que se puedan atornillar varios collares junto con otras herramientas de fondo de pozo para hacer un ensamblaje de fondo de pozo (Schlumberger, 2014).

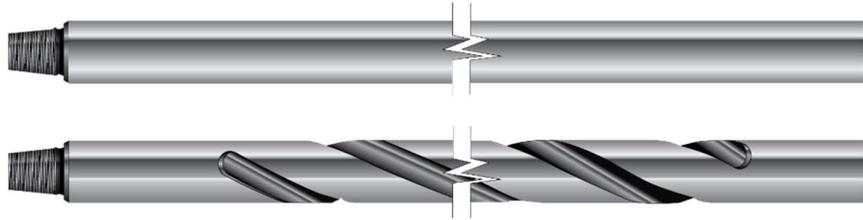


Figura 10: Lastrabarrena (International, 2021).

#### 2.4.8 Tubería de perforación pesada o Heavy Weight Drill Pipe (HWDP).

Son tuberías con un mayor espesor de pared que la tubería de perforación, como se observa en la figura 11, además de tener menor rigidez que los lastrabarrenas y ser de menor diámetro, son usados para aumentar la tasa de penetración con un torque reducido. Es un componente intermedio entre los lastrabarrenas y la tubería de perforación para evitar cambios de rigidez entre las partes de la sarta de perforación debido a las fallas por la flexión cíclica durante el trabajo de esta (Izurieta, 2014).



Figura 11: Tubería de perforación pesada (Anson, 2015).

### 2.4.9 Estabilizadores.

Consisten en tuberías de corto diámetro que poseen paletas en su cara externa alrededor de su radio, como lo muestra la figura 12, las mismas que sirven para brindar estabilidad y firmeza a los BHAs, evitando el contacto con la pared del pozo lo que a su vez disminuye el riesgo de pega diferencial, y ayudando al control de la dirección del pozo, dando soporte en puntos de apoyo dependiendo la configuración del ensamblaje usado, sea para construir, mantener o tumbar ángulo (Izurieta, 2014).

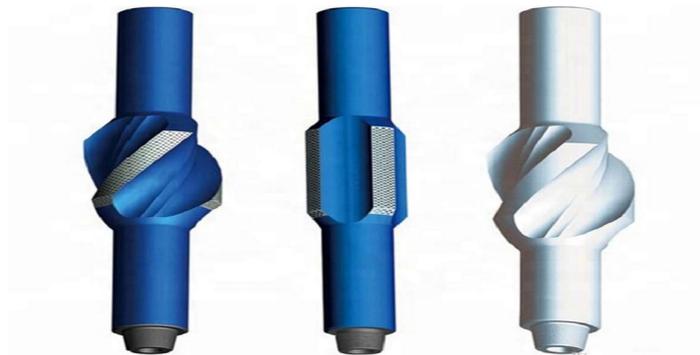


Figura 12: Estabilizadores (Alibaba, 2021).

### 2.4.10 Flotador sustituto (Float Sub).

Son intercambiadores de diámetro de rosca, como se observa en la figura 13, con configuración caja-pin ubicado sobre el motor de fondo (Izurieta, 2014).

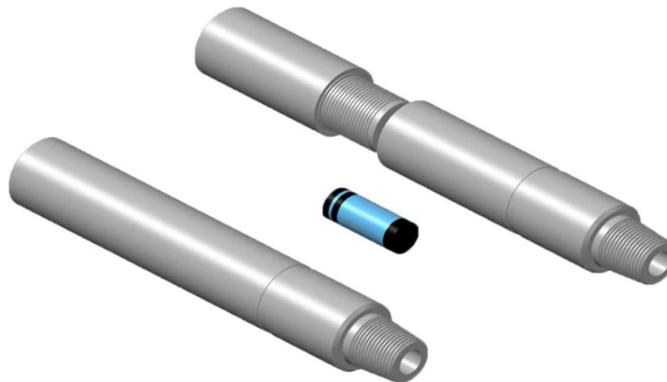


Figura 13: Flotador sustituto (D-valves, 2021).

### **2.4.11 Sustituto de broca (Bit Sub).**

Es un tubo de configuración de rosca caja-caja que va ubicado sobre la broca cuando no se usa estabilizador, como se visualiza en la figura 14, sirviendo de conexión entre la barrera y el lastrabarrena, o en ocasiones usado para colocar la válvula flotadora (Izurieta, 2014).



Figura 14: Sustituto de broca (Alibaba, 2021).

### **2.4.12 Válvula flotadora (Float Valve).**

Es la válvula check que impide el retorno del fluido de perforación hacia dentro del BHA, como lo muestra la figura 15, evitando así el daño de las herramientas de medición direccionales como MWD/LWD (Izurieta, 2014).



Figura 15: Válvula flotadora (Drillmax, 2021).

### **2.4.13 Herramienta desviadora (Bent Housing).**

En ocasiones llamada AKO (*Adjustable Kick Off*), como lo muestra la figura 16, es una herramienta que es parte del motor de fondo y posee un ángulo ajustable que varía entre  $1^\circ$  hasta  $3^\circ$ , el mismo que sirve para dar dirección al pozo (Izurieta, 2014).

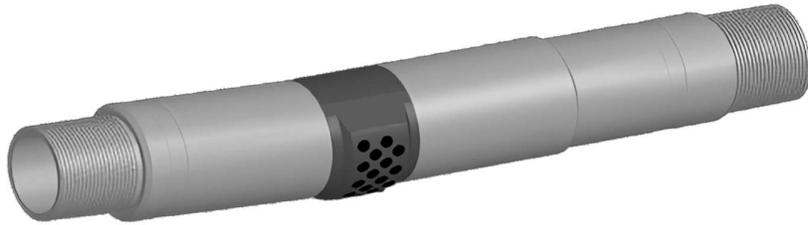


Figura 16: Herramienta desviadora (Geoguidance, 2021).

### **2.4.14 Herramientas de registros mientras se perfora (MWD/LWD).**

Son herramientas de medición instantáneas mientras se perfora que funcionan bajo un sistema de telemetría y son usados para saber las coordenadas de subsuelo del pozo, lo que permite el control direccional del mismo para seguir la trayectoria planificada (MWD), mientras que el LWD toma registros eléctricos del pozo mientras se atraviesan las formaciones de interés cuando se perfora (Izurieta, 2014).

### **2.4.15 Motor de desplazamiento positivo.**

Motor de fondo convencional compuesto por un rotor de acero y un estator de goma que se usa para transmitir la potencia hidráulica del fluido de perforación que atraviesa su estructura helicoidal para generar rotación y transmitirlo a la

barrena, dependiendo de su factor de motor y su número de excentricidades tendremos las revoluciones por minuto en función del galonaje (Izurieta, 2014).

#### **2.4.16 Martillo hidráulico.**

Herramienta usada para para golpear hacia abajo y/o hacia arriba la sarta de perforación en caso de pega mecánica o diferencial, como se observa en la figura 17, y son usados en pozos desviados generalmente (Schlumberger, 2014).



Figura 17: Martillo hidráulico (Schlumberger, 2012).

### **2.5. FUNCIONAMIENTO DE LOS ENSAMBLAJES DE FONDO**

El ensamblaje de fondo realiza sus funciones de perforación mediante 2 movimientos, deslizando y rotando. El trabajo direccional en modo deslizamiento el BHA trabaja solo con el motor de fondo es decir que el fluido de perforación que atraviesa las excentricidades de este genera y transmite rotación a la broca, por lo que no se requiere colocar rotación en superficie. El trabajo de rotación de la sarta de tubería es la suma de la rotación generada por la tubería de perforación (rotación en superficie) + la rotación generada por el motor de fondo y el torque de perforación es comunicado por el top drive a la sarta de perforación desde superficie. Utilizan tres tipos de ensamblajes de fondo para direccionar toda la sarta de perforación a lo largo de la trayectoria definida, dependiendo las necesidades de construir, tumbar o mantener la inclinación de esta (Izurieta, 2014).

#### **2.5.1 BHA para construcción (Fulcrum).**

Utiliza un arreglo de estabilizadores para construir ángulo, mediante el control de la fuerza lateral positiva; generalmente se usan estabilizadores muy cercanos a la

broca y un peso sobre la broca alto, para obligar a la construcción del ángulo (Izurieta, 2014).

### **2.5.2 BHA empaquetado (Packed).**

También llamado ajustado, se usa para mantener una sección de ángulo tangente, mediante la distribución uniforme de estabilizadores, los cuales mantienen la rigidez del BHA y permiten mantener la trayectoria (Izurieta, 2014).

### **2.5.3 BHA para tumbado (Pendulum).**

También llamado BHA pendular y es usado para tumbar ángulo mediante el uso de estabilizadores alejados a la broca; lo que permite el decrecimiento del ángulo debido a la fuerza gravitacional del peso del propio ensamblaje de fondo (Izurieta, 2014).

## **2.6. FLUIDOS DE PERFORACIÓN**

La ciencia y el estudio de la deformación y el flujo de la materia. El término también se utiliza para indicar las propiedades de un líquido dado, como en la reología de los lodos. La reología es una propiedad sumamente importante de los lodos de perforación, los fluidos de perforación de yacimiento, los fluidos de reacondicionamiento y terminación, los cementos y los fluidos y píldoras especializados. La reología del lodo se mide continuamente durante la perforación y se ajusta con aditivos o dilución para cumplir con las necesidades de la operación. En los fluidos a base de agua, la calidad del agua juega un papel importante en el desempeño de los aditivos. La temperatura afecta el comportamiento y las interacciones del agua, la arcilla, los polímeros y los sólidos en el lodo. La presión de fondo de pozo debe ser tenida en cuenta al evaluar la reología de los lodos a base de aceite (Schlumberger, 2021).

Las principales propiedades que describen un fluido de perforación (reología) son:

### **2.6.1 Densidad.**

Se mide en lb/gal, y es la relación más importante debido a que con la densidad se controla un pozo, manteniendo la presión hidrostática ligeramente mayor a la de formación (Izurieta, 2014).

### **2.6.2 Punto cedente.**

Indica una atracción de las partículas de lodo entre sí mientras éste fluye, lo que lo hace importante para el acarreo de recortes a superficie, y se expresa en lb/100 (Izurieta, 2014).

### **2.6.3 Viscosidad de embudo.**

Se denomina al tiempo, en segundos, requerido para que un cuarto de galón de lodo fluya a través de un embudo de Marsh. No es la viscosidad verdadera, pero sirve como medida cualitativa de cuán espesa es la muestra de lodo. La viscosidad de embudo es útil sólo para comparaciones relativas (Schlumberger, 2021).

### **2.6.4 Viscosidad plástica.**

Es la resistencia del lodo a fluir, y es la cantidad de sólidos presentes en fluido que a mayor cantidad de sólidos el valor de viscosidad plástica incrementa (Izurieta, 2014).

### **2.6.5 Esfuerzos de gel.**

Son importantes para mantener los cortes en suspensión cuando el fluido se encuentre estático (Izurieta, 2014).

### **2.6.6 Filtrado.**

Se mide para controlar la pérdida de fracciones líquidas del lodo en las formaciones, lo que evita la deshidratación del lodo, se expresa en ml/ 30 min (Izurieta, 2014).

### **2.6.7 La prueba de azul de metileno (MBT).**

Sirve para determinar la cantidad de arcilla presente en el fluido en lb/bbl y que en valores alto puede generar que el fluido incremente su viscosidad.

### **2.6.8 Reología de baja y alta.**

Las lecturas de baja revolución sirven para medir las características de limpieza del fluido, por ejemplo, si las lecturas dan valores altos, esto es un indicativo de que el fluido está aportando una buena limpieza al pozo. Las lecturas de alta revolución sirven para medir la viscosidad plástica y las yield point.

### **2.6.9 Píldoras.**

Se refiere a cualquier cantidad relativamente pequeña (menos de 200 bbl) de una mezcla especial de fluido de perforación utilizada para ejecutar una tarea específica que el fluido de perforación regular no puede realizar. Algunos ejemplos son las píldoras de alta viscosidad que ayudan a extraer los recortes de perforación de los pozos verticales, las píldoras de agua dulce que disuelven las formaciones salinas en proceso de intrusión, las píldoras para liberar tuberías que destruyen el revoque de filtración y alivian las fuerzas de atascamiento diferencial y las píldoras de materiales para pérdidas de circulación que taponan las zonas de pérdida de circulación (Schlumberger, 2021).

## **2.7. PROBLEMAS EN LA PERFORACIÓN**

### **2.7.1 Pérdida de circulación.**

La pérdida de circulación en formaciones normalmente presurizadas bajo el nivel del revestimiento de superficie puede ser ocasionada por fracturas naturales en formaciones con una presión subnormal de poro. Si a medida que avanza la perforación, no hay retorno de fluido o de cortes, es muy probable que se esté perdiendo en una zona fracturada (Datalog, 2001).

### **2.7.2 Derrumbes, incremento en el volumen de cortes.**

Las partículas de una formación fracturada tienen la tendencia de caer al fondo del pozo, incrementando el volumen de cortes. El volumen y el tamaño de las partículas que caen al pozo dependen del tamaño del hueco, inclinación del pozo, ángulo de buzamiento y extensión de la fractura. En general pueden reconocerse porque son mayores que los cortes de perforación. El material de Llenado de Hueco (hole Fill) (Cortes de perforación que se acumulan en el fondo del pozo), se pueden ver después de las conexiones (Datalog, 2001).

### **2.7.3 Rotación restringida, tubería en pega.**

Cuando el pozo se llena con un volumen excesivo de cortes, la rotación puede llegar a estar restringida o incluso imposible: la tubería se puede quedar pegada, impidiendo rotación y bloqueando la circulación (Datalog, 2001).

### **2.7.4 Hueco Agrandado, velocidad anular disminuida, limpieza de hueco.**

Perforar a través de formaciones fracturadas e inestables invariablemente resulta en hueco de diámetro agrandado, lo cual causa velocidad anular reducida y requiere limpieza adicional de hueco (Datalog, 2001).

### **2.7.5. Broca Embolada.**

Se caracteriza por la obstrucción de uno o más canales de flujo que disminuye o impide el flujo de lodo. Puede ser causada por: tipo de formación, pobre diseño hidráulico, intercalaciones, alto WOB (peso sobre la broca), baja tasa de flujo, toberas mal calculadas. Se identifica en la superficie por un aumento de la presión de la bomba y la rápida caída de la tasa de penetración (Gómez, 2016).

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 Tipo de investigación.**

El presente trabajo contiene una investigación de tipo descriptiva e inductiva acerca de los problemas operacionales que se presentaron en la perforación de un pozo tipo “J” con alto desplazamiento para la optimización en futuras perforaciones.

#### **3.1.2. Recopilación de información.**

Se obtuvieron los datos de la perforación de un pozo direccional tipo "J" con alto desplazamiento, la información se obtuvo de los reportes diarios de la perforación, autorizados por la empresa operadora, manejados de forma confidencial debido a las normas establecidas por la empresa.

#### **3.1.3. Población y muestra.**

La población es un campo al noroeste de la cuenca oriente del Ecuador ubicado en la provincia de Sucumbíos. La muestra es un pozo perforado en este campo.

#### **3.1.4. Procesamiento de Información.**

Los datos e información fueron estudiados mediante gráficas y tabulaciones comparativas en hojas de cálculo de Microsoft Excel.

## 3.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

### 3.2.1. Selección del método.

Se realizó un estudio Post Job de cada sección perforada, que consiste en analizar cada evento, para una posterior solución o recomendación con la finalidad de evitar que suceda esto en futuros trabajos.

### 3.2.2. Variables.

○ *Independientes.*

- Trayectoria del pozo.
- Litología.

○ *Dependientes.*

- Problemas que se puedan suscitar durante el proyecto.
- Análisis de las propiedades de los fluidos utilizados en cada sección y formación.

### 3.2.3. Procesamiento y análisis de información.

El pozo RGC-1 está programado como un pozo Direccional Tipo J de alto desplazamiento, para alcanzar la Arenisca “Basal Tena” (Objetivo Primario) a 11844 pies en MD y 9001 pies en TVD, en un hoyo de 8 ½” y como objetivos secundarios las areniscas “U” Inferior a 12824 pies en MD y 9761 pies en TVD, “T” Inferior a 13074 pies en MD y 9975 pies en TVD, Hollín Superior a 13246 pies en MD y 10126 pies en TVD y Caliza “M2” a 12613 pies en MD y 9585 pies en TVD.

A continuación, en la tabla 1 se indican los datos trascendentales del pozo:

*Tabla 1: Información general del pozo.*

<b>POZO RGC-1</b>	
<b>Tipo de pozo</b>	Direccional tipo "J" con alto desplazamiento
<b>Máxima inclinación / Azimut</b>	46,288° / 342,454 °
<b>Profundidad total (ft) MD / TVD</b>	MD 13457 ft / TVD 10313,21 ft
<b>Elevación del terreno sobre NSM (ft)</b>	964,84 ft
<b>RKB (ft)</b>	1001,21 ft
<b>Zona de interés (Objetivo principal)</b>	Arenisca Basal Tena
<b>Tolerancia del objetivo</b>	Circunferencia con radio de ± 30 ft

### 3.2.4. Planificación del pozo.

#### 3.2.4.1. Pronóstico de topes de formaciones a atravesarse.

En la tabla 2, se aprecian los topes pronosticados de las formaciones a atravesarse.

*Tabla 2: Topes de formaciones pronosticados.*

<b>Formación</b>	<b>MD (pies)</b>	<b>TVD (pies)</b>	<b>TVDSS (pies)</b>
Orteguaza	6969	5632	-4631
Upper Tiyuyacu conglomerado	7785	6196	-5195
Tiyuyacu conglomerado base	7886	6266	-5265
Middle Tiyuyacu conglomerado	8270	6531	-5530
Tiyuyacu conglomerado base	8448	6654	-5653
Lower Tiyuyacu conglomerado	9782	7576	-6575
Tena	10006	7731	-6730
Basal Tena	11844	9001	-8000
Napo	11885	9029	-8028
"M-1" Limestone	12339	9365	-8364
"M-2" Limestone	12614	9585	-8584
"A" Limestone	12,680	9,640	-8,639
Upper "U" Sandstone	12,776	9,720	-8,719
Lower "U" Sandstone	12,825	9,761	-8,760
"B" Limestone	12,947	9,865	-8,864
Upper "T" Sandstone	13,031	9,937	-8,936
Lower "T" Sandstone	13,074	9,975	-8,974
Napo Basal	13,126	10,020	-9,019
Hollin	13,247	10,126	-9,125
Lower Hollin	13,297	10,170	-9,169
TD	13,457	10,313	-9,312

### 3.2.4.2. Trayectoria direccional.

La trayectoria direccional propuesta para perforar el pozo RGC-1 consistía en la fase superficial de 16” se perforará verticalmente con BHA direccional y broca Tricónica hasta  $\pm 400$  pies, para atravesar los conglomerados superficiales, luego se cambiará la broca por PDC y el mismo BHA direccional para perforar toda la sección hasta 7750 pies, 35 pies por encima del tope de la formación Tiyuyacu y del Conglomerado Superior, para el asentamiento del revestimiento superficial de 13 3/8”. En la figura 18 se observa la curva de construcción del pozo para la sección de 16”.

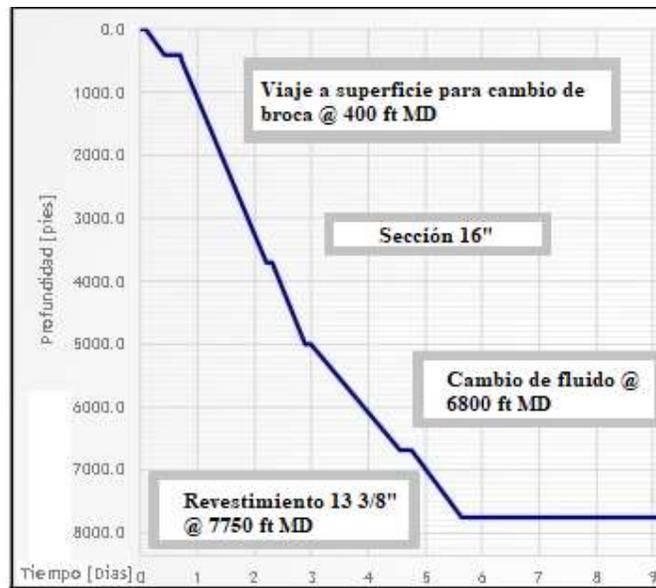


Figura 18: Curva de construcción del pozo sección 16”

Posterior se instalará el cabezal del pozo, Sección “A” y “B” Multibowl, de acuerdo con Procedimiento establecido, sobre la cual se asentará el BOP.

En la fase intermedia de 12 1/4”, se continuará perforando con BHA direccional de acuerdo con la trayectoria planeada hasta la profundidad de asentamiento del revestimiento de 9 5/8” entre 8894 a 11690 pies en MD y TVD.  $\pm 154$  pies antes de la formación Basal Tena. Las formaciones que se atravesarán en esta sección

son Tiyuyacu y Tena. En la figura 19 se visualiza la curva de construcción del pozo para la sección de 12 1/4”.



Figura 19: Curva de construcción del pozo sección 12 1/4”

En la fase de 8 1/2’, se continuará perforando direccionalmente hasta alcanzar la profundidad total del pozo a 13457 pies en MD y 10313 pies en TVD. El liner de 7” será asentado a 13457 pies en MD. En la figura 20 se observa la curva de construcción del pozo para la última sección de 8 1/2”.



Figura 20: Curva de construcción del pozo sección 8 1/2”

### 3.2.4.3. Esquema mecánico planeado del pozo.

El Pozo RGC-1 es un pozo de perfil tipo "J", diseñado para perforarse en tres secciones, con su respectivo esquema mostrado en la figura 21.

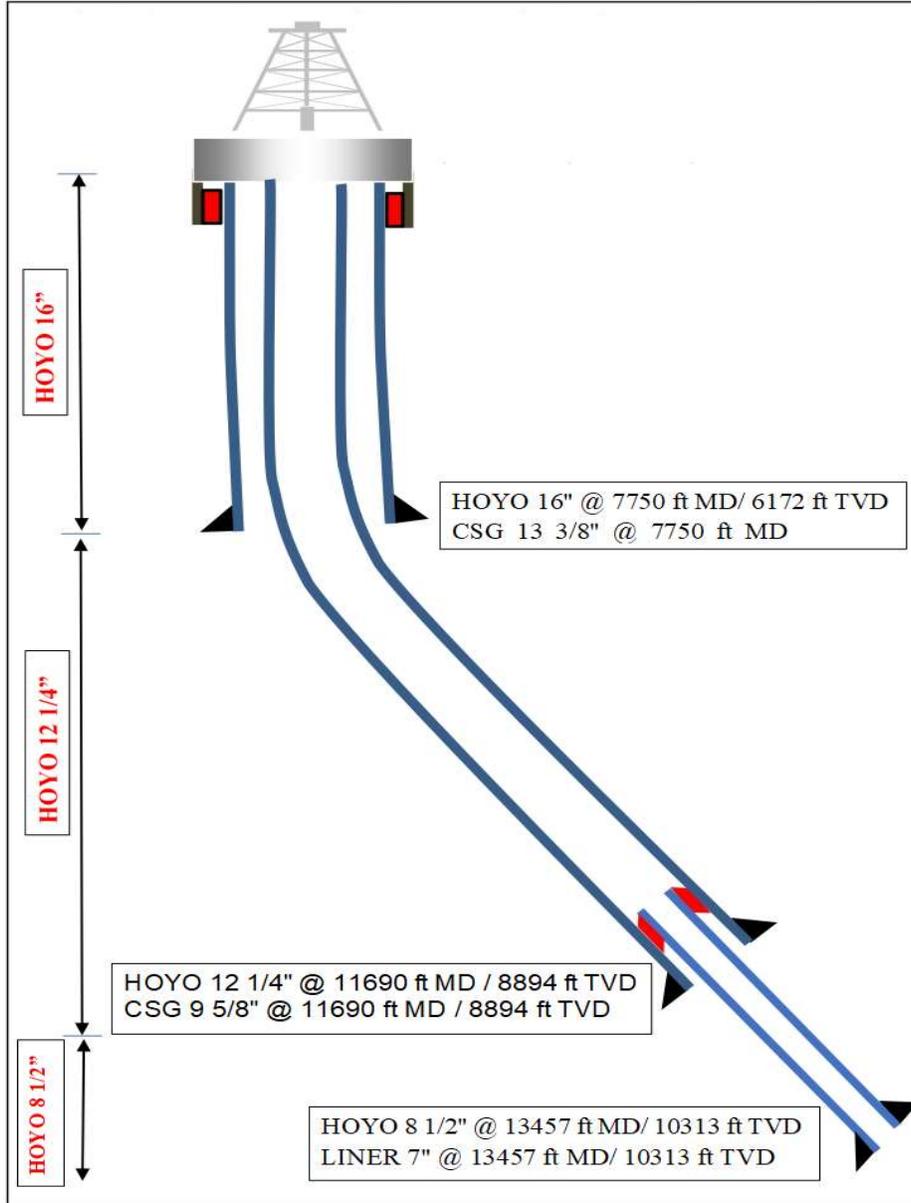


Figura 21: Esquema mecánico planeado del pozo.

### 3.2.4.4. Trayectoria planeada del pozo.

En la figura 22 se aprecia la trayectoria planeada del pozo, se visualizan los objetivos principales y secundarios, así como los TD de cada sección.

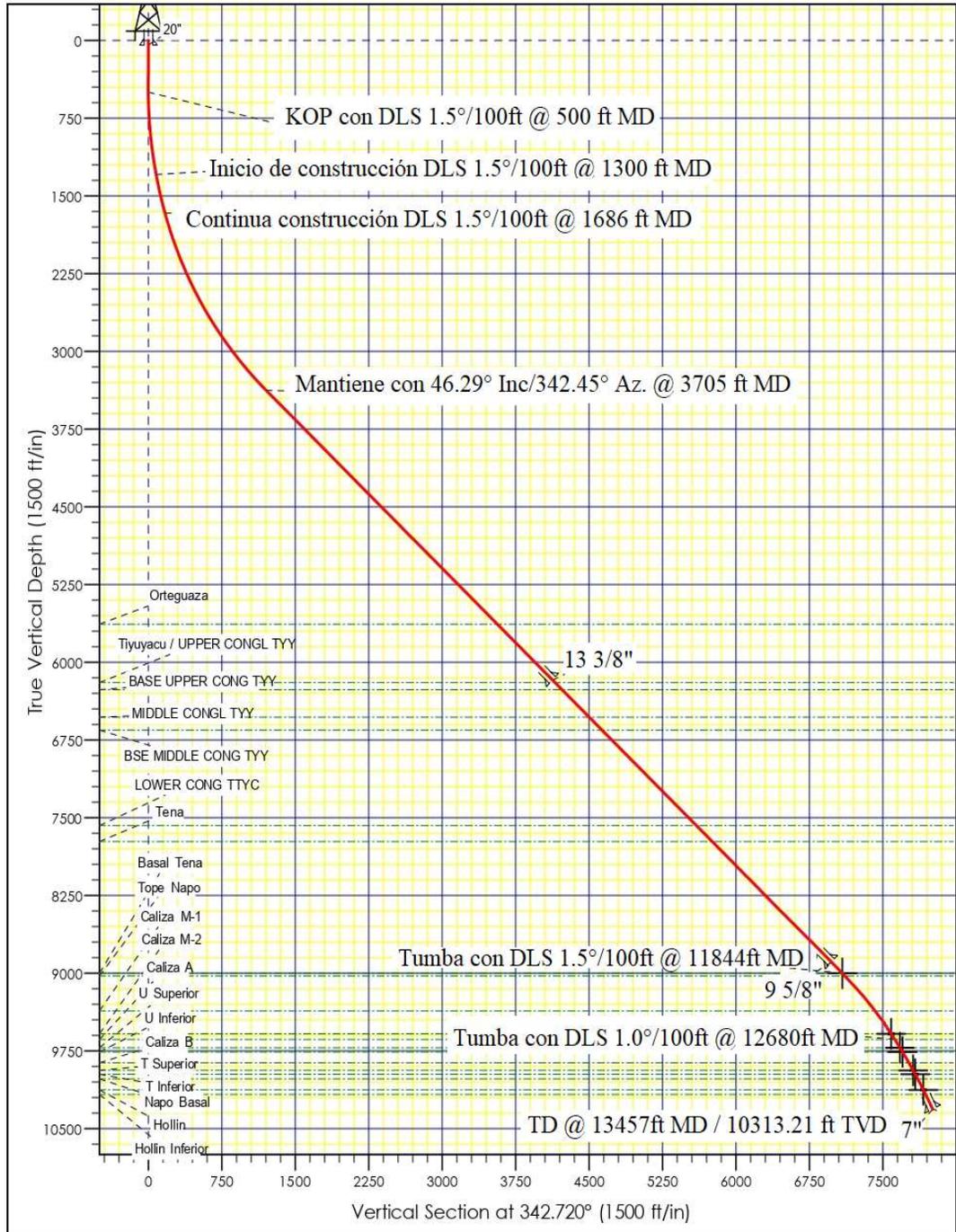


Figura 22: Trayectoria planeada del pozo.

Dando como resultante los siguientes datos de perforación.

### **3.2.5. Sección de 16”.**

Inicio de operaciones de perforación con el Rig Hilxng-16, con BHA #1 convencional se presenta divulgación y análisis de los riesgos asociados a la operación, revisión de permisos de trabajo.

Se ensambló BHA #1 convencional con Broca Tricónica de 16", más bit sub, más un drill collar de ocho pulgadas, más estabilizador de 15 pulgadas, más dos drill collar de ocho pulgadas, más un HWDP de cinco pulgadas.

Se descendió hasta los 47 pies dentro del cellar y perforó verticalmente hasta 405 pies, incrementando los parámetros de perforación progresivamente de 180 hasta 550 galones por minuto, presión de 180 hasta 300 psi, rotación de 60 hasta 90 rpm, peso sobre la broca de dos hasta 15 Klbs, se bombeó 70 Bbls de píldora viscosa con 8,4 libras por galón y viscosidad de embudo de 120 segundos/cuarto de galón, se circuló hasta observar retornos limpios con 550 galones por minuto y 90 revoluciones por minuto.

Se sacó el BHA #1 convencional desde 405 pies hasta superficie. Se desarmó el BHA y broca. La calificación de la broca es 0-0-NO-A-E-I-NO-BHA.

Se armó BHA #2 direccional con Broca de 16" PDC, más motor de lodo de 9 5/8", mas float valve de ocho pulgadas, más un drill collar, más over Sub de 6 5/8", más dos drill collar de 6 1/4", más over sub de cuatro pulgadas, más 36 HWDP de cinco pulgadas, más drilling jar de 6 1/2", más seis HWDP de cinco pulgadas, más over sub de 4 1/2".

Se perforó la sección de 16" desde 405 hasta 1342 pies con 600 hasta 1150 galones por minuto, presión de 650 hasta 2700 psi, rotando con 70 rpm, con un peso sobre la broca entre 8 hasta 16 Klbs. Se tomó el primer registro de orientación a 350 pies, resultando los siguientes datos presentados en la tabla 3.

Tabla 3: Registro de orientación a 350 pies.

<b>Profundidad (pies)</b>	<b>Inclinación (°)</b>	<b>Azimuth (°)</b>
100	0,12	126,94
200	0,15	137,02
300	0,21	136,31
350	0,11	177,33

Se bombearon 60 Bbls de píldora de baja densidad con 8,4 libras por galón, viscosidad de embudo de 27 segundos/cuatro de galón, mas 60 Bbls de píldora viscosa con 8,4 libras por galón y viscosidad de embudo de 120 segundos/ cuarto de galón. Se circuló hasta visualizar retornos limpios.

Se realizó la segunda toma de registro de orientación a 1253 pies, resultando los datos presentados en la tabla 4.

Tabla 4: Registro de orientación a 1253 pies.

<b>Profundidad (pies)</b>	<b>Inclinación (°)</b>	<b>Azimuth (°)</b>
400	0,11	162,64
500	0,63	21,69
600	2,24	3,49
700	4,77	2,50
800	6,18	3,47
900	7,44	3,49
1000	8,98	1,22
1200	10,37	359,84
1253	10,99	359,36

Se continuó perforando la sección de 16" con BHA #2 direccional desde 1342 hasta 2263 pies, se bombearon píldoras dispersas cada parada y viscosas cada tres paradas con un caudal de 1150 galones por minuto, con presión de 3200 psi, presión diferencial de 500 psi, con una rotación de 70 rpm, peso sobre la broca entre 16 a 20 Klbs, con torque entre 10 a 13 klbs.ft. Se bombeó un tren de píldoras dispersa, más viscosa, más super sweep y circuló hasta observar retornos limpios. Se observa un 15 % de incremento de cortes en zarandas. Se continúa perforando, rotando y deslizando desde 4283 hasta 6823 pies con un caudal entre 1150 a 1200 galones por minuto, una presión entre 3200 a 3300 psi, con presión diferencial entre 400 a 500 psi, la rotación entre 70 a 80 rpm, el peso sobre la broca entre 20 a 38 Klbs, el torque entre 10 a 20 klbs.ft. Se realizó cambio de sistema de fluido Drillcocal de 9,6 libras por galón, por 2400 Bbls de fluido nuevo Ecoboost de 9,6 libras por galón. Se continuó perforando, rotando y deslizando desde 6823 hasta

7251 pies, un caudal entre 900 a 930 galones por minuto, presión entre 2800 a 3000 psi, presión diferencial entre 200 a 300 psi, rotando con 70 a 80 rpm, el peso sobre la broca entre 30 a 50 Klbs, el torque entre 10 a 20 klbs.ft.

Se bombearon 100 Bbls de píldora visco-pesada de 11,5 libras por galón, y se circuló con un caudal de 930 galones por minuto, con una presión de 3200 psi, se observó incremento de cortes en 10%. Se bombeó 100 Bbls de píldora viscosa con lubricante, se desplazó con 120 Stks. Se sacó el BHA #2 direccional con bomba desde 7251 hasta 7051 pies, y desde 4174 hasta 3900 pies, se siguió sacando libre hasta 67 pies.

Compañía direccional realizó reunión de seguridad previo al desarme de BHA #2 direccional. Se desensambló el BHA #2 direccional. En la tabla 5 se aprecian a detalle los tiempos de perforación, se enumeran las horas rotando y deslizando.

También se muestran las ROP'S resultantes del uso de este BHA.

Tabla 5: Tiempos y ROP'S del BHA # 2.

<b>Calificación de la Broca:</b>	<b>0-1-WT-S-X-I-NO-TD</b>
<b>Horas perforación:</b>	43,43 hrs
<b>Horas rimando:</b>	26,6 hrs
<b>Horas circulación:</b>	13,85 hrs
<b>Total:</b>	83,88 hrs
<b>ROP Promedio:</b>	157,63 ft/hr
<b>Intervalo Perforado:</b>	405 hasta 7251 ft
<b>Perforado:</b>	6846 ft.
<b>Porcentaje Pies deslizados:</b>	15% (1039ft)
<b>Porcentaje Pies rotados:</b>	85% (5807ft)
<b>ROP Promedio:</b>	45,89 ft/hr
<b>ROP Rotaring:</b>	194 ft/hr
<b>ROP Sliding:</b>	76,96 ft/hr
<b>Tiempo Sliding Acumulado:</b>	13,5 hrs
<b>Tiempo Rotating Acumulado:</b>	29,93 hrs

La compañía encargada de la corrida de casing arma herramientas de manipuleo y corrida de casing (Casing Drive System). Se levanta la primera junta de revestidor de 13 3/8'' con zapato rimador, se instala segunda junta de 13 3/8'' con collar flotador. Se aplica torque entre 10 a 12 klbs.ft. Y se prueba equipo de flotación a 75 pies.

Se prosiguió a seguir bajando el revestidor de 13 3/8" en hoyo abierto desde 75 hasta 4300 pies llenando cada tubo, Compañía encargada de la corrida de casing torquea cada junta hasta la base del triángulo con torque entre 10 a 12 klbs.ft. Se utilizó un collarín de seguridad en las 15 primeras juntas.

Se bajó con bomba el intervalo entre 2635 hasta 2670 pies, con un caudal de 400 galones por minuto, presión de 200 psi. En el intervalo entre 3600 hasta 4100 pies se bombeó con un caudal de 400 galones por minuto, presión de 400 psi.

Se continúa bajando el revestidor de 13 3/8" en hoyo abierto desde 4300 hasta 5287 pies llenando cada tubo. Se circula el pozo con un caudal de 600 galones por minuto, teniendo una presión inicial de 400 psi, presión final de 150 psi. Se visualizó un incremento de cortes en zarandas entre el 20 a 35%.

Se continuó bajando el revestidor de 13 3/8" en hoyo abierto desde 5287 hasta 7251 pies. Se bajó las últimas dos paradas circulando con caudal entre 80 a 250 galones por minuto, con presión entre 600 a 400 psi. En la tabla 6 se presenta lo utilizado para el revestimiento de esta sección.

Tabla 6: Materiales utilizados en cementación.

<b>Centralizadores Sledgehammer.</b>	8
<b>Stop collars.</b>	16
<b>Juntas de revestidor de 13 3/8"</b>	144
<b>Juntas de revestidor de 13 3/8"</b>	49
<b>Anillos de torque</b>	196

Quedando el tope del collar flotador a la profundidad de 7208,60 pies, y la base del zapato de 13 3/8" a 7251 pies. la compañía de cementación realizó la reunión de seguridad y prueba de líneas previo a la cementación de casing 13 3/8" de acuerdo con el programa, se probaron las líneas con una presión de 4000 psi y se realizó la secuencia de bombeo, se bombearon 60 Bbls de espaciador de con un peso de 12 libras por galón. Se bombearon 5 Bbls agua fresca de con un peso de 8.3 libras por galón. Se liberó el tapón blando. Se bombearon 431 Bbls de lechada Lead con peso de 13 libras por galón. Se bombearon 44 Bbls de lechada Tail con peso de 15,6 libras por galón. Se liberó el tapón duro.

Se inició el desplazamiento con las bombas del taladro. Se bombearon 20 Bbls de agua fresca, más 1068 Bbls de lodo con peso de 10,2 libras por galón. La presión final de desplazamiento es de 700 psi, se asienta el tapón presurizando hasta 1700 psi por 10 minutos. Se tiene 5 Bbls de retorno de fluido.

El técnico de Válvulas realiza el corte en frío y biselado del casing de 13 3/8" desde el cellar, se instala el cabezal Multibowl en la sección "A" y "B", se prueban los sellos con 500 psi por 10 minutos, se instala el tapón de prueba de 13 5/8". Se retira el tubo de pruebas del conjunto BOP, se prueba e instala el conjunto BOP sobre cabezal Multibowl, más las líneas de HCR (línea del estrangulador del BOP) y la línea de matado. Se coloca el niple campana, más la camisa del flow line, se instala la válvula de alivio en el separador de gas. Simultáneamente la compañía de cementación realiza el Top Job con 20 Bbls de lechada con peso de 15,3 libras por galón, y una presión de 115 psi.

Se prueba el Blind Rams (elemento del BOP) contra válvula manual del HCR en baja con 500 psi por 5 minutos y el alta con 3500 psi por 10 minutos. Se recupera el tapón de prueba e instala wear Bushing.

En el anexo A, se pueden observar los registros de perforación de la sección 16".

### **3.2.6. Sección 12 1/4".**

Se realiza la reunión de seguridad previo al armado del BHA #3 Direccional. La compañía direccional ensambla el BHA #3 direccional con broca PDC de 12 1/4", más motor de lodo de 12", más flex float sub de ocho pulgadas, más pony collar de ocho pulgadas, más estabilizador 11 3/4". Se orienta el motor, se continua armando con over sub de 6 5/8", mas tres drill collar de 6 1/4", más over sub de cuatro pulgadas, más drilling jar de 6 1/2", más seis HWDP de cinco pulgadas. Se prueban herramientas direccionales con un caudal de 550 galones por minuto, y presión de 500 psi. Se baja el BHA #3 Direccional desde 1394 hasta 7100 pies, se baja última parada circulando y limpiando desde 7100 hasta 7206 pies con 500 galones por minuto, rotando entre 40 a 50 rpm. Se perfora el shoe track (Collar flotador + zapato) desde 7026 hasta 7255 pies con parámetros de caudal de 500 galones por minuto, rotando entre 40 a 50 rpm, peso sobre la broca entre 2 a 8

Klbs, torque entre 18 a 20 klbs.ft. se realizó refrescamiento de fluido Ecoboost con 1200 Bbls. Se continuó perforando, rotando y deslizando, desde 7255 hasta 7730 pies con un caudal de 930 galones por minuto, una presión entre 3000 a 3100 psi, presión diferencial entre 300 a 400 psi, rotando con 80 rpm, el peso sobre la broca entre 10 a 25 Klbs, y un torque entre 16 a 22 klbs.ft. Se perforó con parámetros controlados previo atravesar conglomerado superior de Tiyuyacu desde 7730 hasta 7910 pies. Se bombearon píldoras sellantes y viscosas con super sweep, se instalan reductores de torque desde la parada # 61. Se perforó con parámetros normales rotando y deslizando desde 7910 hasta 8232 pies. Se bombean píldoras dispersas cada parada y viscosa, más super sweep cada tres paradas perforadas. Se continúa perforando con parámetros controlados previo atravesar conglomerado medio de Tiyuyacu desde 8232 hasta 8462 pies. Teniendo un avance de 230 pies, con un caudal de 600 galones por minuto, presión entre 1700 a 2100 psi, presión diferencial entre 200 a 300 psi, rotando con 40 rpm, el peso sobre la broca entre 16 a 22 Klbs, un torque entre 16 a 22 klbs.ft. Se continuó perforando con parámetros normales rotando y deslizando desde 8462 hasta 9715 pies. El avance es de 1253 pies, con ROP aproximada de 45 ft/hr, con un caudal de 910 galones por minuto, presión entre 3000 a 3100 psi, presión diferencial de 300 a 400 psi, rotando con 80 rpm, el peso sobre la broca entre 20 a 40 Klbs, y un torque entre 16 a 26 klbs.ft. A 9546 pies se bombeó 80 Bbls de píldora dispersa, más 100 Bbls de píldora viscosa, se observó un 10 % de cortes en zarandas. Se siguió perforando con parámetros controlados previo atravesar conglomerado inferior de Tiyuyacu desde 9715 hasta 10111 pies. Obteniendo un avance de 396 pies, con ROP aproximada de 28 ft/hr, con caudal de 600 galones por minuto, presión entre 1700 a 2100 psi, presión diferencial entre 150 a 300 psi, rotando con 40 rpm, el peso sobre la broca entre 19 a 22 Klbs, y un torque entre 19 a 22 klbs.ft. Se continuó perforando con parámetros normales rotando y deslizando desde 10111 hasta 10580 pies.

Teniendo un avance de 469 pies, con ROP aproximada de 25 ft/hr, con un caudal de 910 galones por minuto, presión entre 3100 a 3200 psi, presión diferencial entre 300 a 400 psi, rotando con 80 rpm, el peso sobre la broca entre 20 a 40 Klbs, y un torque entre 16 a 26 klbs.ft. Durante la perforación a 10400 pies, se bombeó 80 Bbls de píldora dispersa, más 100 Bbls de píldora viscosa, se observó un 10 % de

cortes en zarandas. Se toma survey a 10512 pies, indicando una inclinación de 45,27°, un azimuth de 339,07°, y una distancia de centro a centro de 26,39 pies, abajo: 25,14 pies, Derecha: 8,03 pies.

Se circula pozo para limpieza con 930 galones por minuto, 1400 psi, 80 rpm, torque entre 22 a 27 klbs.ft. Se observó un 10 % de cortes en zarandas.

Debido a problemas en respuesta de herramientas direccionales decide sacar el BHA #3 direccional a superficie.

Se sacó BHA #3 direccional, desde 10580 hasta 9079 pies libres, a 9079 pies se trabaja con sarta, se siguió sacando desde 9079 hasta 7450 pies libre, sacó bombeando desde 7450 hasta 7180 pies con un caudal de 700 galones por minuto, 2000 psi. Se bombean píldoras dispersa y viscosa, circulando hasta obtener retornos limpios.

Se continúa sacando en hueco entubado desde 7180 pies hasta superficie. Se desensambla el BHA #3 direccional.

La compañía direccional realizó la reunión de seguridad previo al desarme del BHA #3 direccional. En la tabla 7 se visualizan los tiempos y ROP'S del BHA #3.

Tabla 7: Tiempos y ROP'S del BHA #3.

<b>Calificación de la Broca:</b>	<b>1-1-BT-G-X-I-WT-BHA.</b>
<b>Horas perforación:</b>	72,54 hrs
<b>Horas rimando:</b>	23,25 hrs
<b>Horas circulación:</b>	6,53 hrs
<b>Total:</b>	102,32 hrs
<b>ROP Promedio:</b>	45,89 ft/hr
<b>Intervalo Perforado:</b>	7251 hasta 10580 ft
<b>Perforado:</b>	3329 ft.
<b>Porcentaje Pies deslizados:</b>	7% (246ft)
<b>Porcentaje Pies rotados:</b>	93% (3083ft)
<b>ROP Promedio:</b>	45,89 ft/hr
<b>ROP Rotaring:</b>	58,84 ft/hr
<b>ROP Sliding:</b>	11,77 ft/hr
<b>Tiempo Sliding Acumulado:</b>	20,9 hrs
<b>Tiempo Rotating Acumulado:</b>	52,4 hrs

En la tabla 7, se visualiza los resultados del BHA #4.

Se baja el BHA #4 direccional desde 1469 hasta 7250 pies. Se toman los parámetros previos a ingresar a hueco abierto, con un caudal de 400 galones por minuto; presión de 450 psi, rotando con 30 rpm, y un torque de 23 Klbs.ft. Se bajó el BHA #4 direccional en hueco abierto desde 7250 hasta 10580 pies. Se bajó con bomba los intervalos siguientes, con un caudal de 700 galones por minuto, y una presión de 1800 psi, en la tabla 8 se visualizan los intervalos de las formaciones bombeadas.

Tabla 8: Secciones bombeadas.

<b>Formación</b>	<b>Profundidad</b>
Orteguaza	Desde 7405 ft. hasta 7765 ft.
Conglomerado Superior	Desde 7865 ft. hasta 7956 ft.
Tiyuyacu	Desde 9048 ft. hasta 9457 ft.
Conglomerado Inferior	Desde 9700 ft. hasta 10176 ft.
Tena	Desde 10208 ft. hasta 10300 ft.

Se circuló en fondo con un caudal de 910 galones por minuto, la presión entre 3300 a 3100 psi, rotación entre 40 a 80 rpm, el torque entre 22 a 24 Klbs.ft. Se observó un 15 % de incremento de cortes en zarandas. Se continúa perforando, rotando y deslizando desde 10580 hasta 11748 pies donde se deja el TD de la sección de 12 ¼". Se realizó un refrescamiento de sistema de fluido a 11050 pies con una cantidad de 450 Bbls. El ultimo survey a 11544 pies da como resultado una inclinación de 48,65°, un azimuth de 343,53°, y distancia de centro a centro de 6,75 pies; arriba 5,97 pies, derecha 3,15 pies. se bombearon 80 Bbls de píldora dispersa, más 100 Bbls de píldora viscosa, se circula el pozo para obtener una mejor limpieza, se observó un 10% de cortes en zarandas. Se procede a sacar el BHA #4 direccional, desde 11748 hasta 9740 pies libres, a 11190 y 10347 pies se trabajó con sarta, se continuó sacando desde 10347 hasta 9740 pies con bomba, se circuló hasta visualizar retornos limpios y se continúa sacando desde 9740 hasta 8000 pies libre. Desde 8000 hasta 7760 pies sacó bombeando con un caudal de 700 galones por minuto, y una presión de 1900 psi, se continúa sacando BHA #4 direccional desde 7760 hasta 7251 pies. Se bombea píldora pesada y se retiró

desde 7251 pies hasta superficie. La compañía direccional realizó la reunión de seguridad previo al desarme de BHA #4 direccional. Se desarmó el BHA #4 direccional.

Tabla 9: Tiempos y ROP'S del BHA #4.

<b>Calificación de la Broca:</b>	0-0-NO-A- X-I-NO-TD
<b>Horas rimando:</b>	6,22 hrs
<b>Horas circulación:</b>	6,42 hrs
<b>Total:</b>	49,23 hrs
<b>Intervalo Perforado:</b>	10580 hasta 11748 ft
<b>Perforado:</b>	1168ft.
<b>Porcentaje Pies deslizados:</b>	7% (87ft)
<b>Porcentaje Pies rotados:</b>	93% (1081ft)
<b>ROP Promedio:</b>	32,66 ft/hr
<b>ROP Rotaring:</b>	56,6 ft/hr
<b>ROP Sliding:</b>	5,22 ft/hr
<b>Tiempo Sliding Acumulado:</b>	16,67 hrs
<b>Tiempo Rotating Acumulado:</b>	19,10 hrs
<b>Bearing Play del Motor de Entrada</b>	2,0 mm
<b>Bearing Play del Motor de Salida</b>	3 mm
<b>Bearing Play del Motor Total</b>	1,0 mm
<b>Max Temp:</b>	259 °F

En la tabla 9 se aprecian los tiempos perforados, tanto como los rotados, así como los tiempos deslizados y las ROP'S resultantes del BHA #4.

Compañía encargada de la corrida de casing arma herramientas de manipuleo y corrida de casing (Casing Drive System). Se levanta la primera junta del revestidor de 9 5/8" con zapato rimador, se instala la segunda junta de 9 5/8" con collar flotador, se ajusta el collar flotador con un torque de 10 klbs.ft. Y se prueba equipo de flotación a 80 pies.

Se continúa bajando el revestidor de 9 5/8" en hoyo entubado desde 80 hasta 7243 pies llenando cada tubo.

La compañía encargada de la corrida de casing torqueea cada junta hasta la base del triángulo con 10 klbs.ft. Se utilizó un collarín de seguridad en las 15 primeras juntas. Se tomaron parámetros de control previo a ingresar a hueco abierto, en la tabla 10 se presentan los parámetros de control utilizados para esta sección.

Tabla 10: Control de parámetros 1.

<b>Caudal (gpm)</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Rotación (rpm)</b>	<b>Torque (klbs. ft)</b>
250	150	10	30
300	190	20	30
350	200		

Se prosiguió a seguir bajando el revestidor de 9 5/8" en hoyo abierto desde 7243 pies hasta 11702 pies. Compañía encargada de la corrida de casing tornea cada junta hasta la base del triángulo con 10 klbs.ft. Se rompen los geles cada 1000 pies. se bajó con bomba desde 9700 hasta 10100 pies, con caudal de 250 galones por minuto, con una presión de 550 psi. Desde 11256 hasta 11702 pies se bombeó con un caudal de 220 galones por minuto, y una presión de 400 psi. El técnico de compañía encargada de la corrida de casing, instala el Casing Mandrell Hanger con Running Tool y Landing Joint sobre la última junta de revestidor. Se bajó el revestidor de 9 5/8", circulando por seguridad desde 11702 hasta 11741 pies, se retira cuña spider neumática y retira Bushing de 9 5/8". En la tabla 11 se detallan los materiales utilizados en el revestimiento del pozo.

Tabla 11: Materiales utilizados en cementación.

<b>Centralizadores Sledgehammer</b>	8
<b>Stop collars</b>	16
<b>Juntas de revestidor de 9 5/8"</b>	58
<b>Juntas de revestidor de 9 5/8"</b>	252
<b>Pup joint 47lb/ft</b>	2
<b>Anillos de torque</b>	314

El tope del collar flotador está a una profundidad de 11698,77 pies, la base del zapato de 9 5/8" a 11741 pies. La compañía de cementación realiza la reunión de seguridad y prueba las líneas previo a la cementación de casing 9 5/8" de acuerdo con programa: se probó las líneas con 4000 psi y se realizó la secuencia de bombeo con 60 Bbbs de espaciador con un peso de 12 libras por galón, más 5 Bbbs de agua fresca con un peso de 8,3 libras por galón. Se liberó el tapón blando. Se bombearon 290 Bbbs de lechada Lead con un peso de 13,5 libras por galón. Se bombeó 40 Bbbs lechada Tail con un peso de 15,8 libras por galón. Se liberó el tapón duro. Se inicia el desplazamiento con las bombas del taladro.

Se bombean 20 Bbls de agua fresca, mas 831 Bbls de lodo con un peso de 10,4 libras por galón. La presión final de desplazamiento es de 1000 psi, se asienta el tapón presurizando hasta 1500 psi por 10 minutos, se tiene un retorno de fluido de 6 Bbls. Se instala el Washing Tool y lava Bowl de las secciones “A” y “B” del cabezal, se retira el Washing Tool, se instala Pack Off en la sección “B” del cabezal Multibowl. Prueba sellos internos inferiores de 9 5/8" tipo "FS" del pack off con 2400 psi por 10 min, se prueban los sellos externos superiores de 13 5/8" tipo "O" del Pack Off con 4000 psi por 10 min.

El personal de Hilxng 16 armó 21 paradas de tubería Drill pipe de 5'', realizó mantenimiento de equipo y corte de cable de perforación. En el anexo B, se pueden observar los registros de perforación de la sección 12 1/4''.

### **3.2.7. Sección 8 1/2''.**

Se realizó la reunión de seguridad previo al armado del BHA #5 Direccional. Compañía direccional arma el BHA #5 Direccional, con broca PDC de 8 1/2'', más motor de 6 3/4'', más float sub de 8 pulgadas, más drill collar de 6 3/4'', Se instalaron las fuentes radioactivas y continuó armando el BHA con estabilizador de 8 1/4'', más 36 HWDP de cinco pulgadas, más drilling jar de 6 1/2'', más seis HWDP de cinco pulgadas, mas 63 drill pipe de cinco pulgadas, más X-Over Sub. Se probaron las herramientas con un caudal de 400 galones por minuto, y presión de 800 psi. Se bajó desde 1406,27 hasta 3389,93 pies.

Se continuó bajando el BHA #5 direccional desde 3390 hasta 11540 pies, llenando la tubería y probando las herramientas direccionales cada 3000 pies con un caudal de 400 galones por minuto, y presión entre 700 a 1100 psi. Se prosiguió a seguir bajando el BHA #5 direccional desde 11540 hasta 11695 pies, se encontró trazas de cemento contaminado desde 11685 hasta 11695 pies, se bombeó con un caudal de 330 galones por minuto, rotando con 30 rpm, y el peso sobre la broca entre dos a 10 kilo libras.

Se perforó el shoe track desde 11698 hasta 11741 pies. Se perforaron 11 pies de formación nueva desde 11741 hasta 11752 pies con un caudal de 330 galones por

minuto, rotando con 30 rpm, el peso sobre la broca entre dos a un Klbs, el torque entre 25 a 28 kilo libras por pie.

Se realiza el cambio de fluido Ecoboost con peso de 10,4 libras por galón por fluido nuevo Ditec-in con peso de 10,2 libras por galón, se bombeó con caudal de 400 galones por minuto, rotando con 30 rpm. Se cierra el preventor anular y se realiza la prueba FIT con 835 psi por 10 minutos.

A 12687 pies se observa un incremento de gas en superficie del 30%, se trabajó con desgasificador, controlando la densidad de entrada y salida del fluido de perforación. Se estabilizó el control y las propiedades del fluido. Se continúa perforando con parámetros normales rotando y deslizando desde 12785 hasta 13410 pies.

Donde se deja el TD final del pozo se tuvo un avance de 632 pies, con una ROP aproximada de 25 ft/hr, con caudal entre 350 a 380 galones por minuto, una presión entre 1600 a 1800 psi, presión diferencial entre 400 a 450 psi, rotando entre 50 a 60 rpm, el peso sobre la broca entre 22 a 30 Klbs, el torque entre 22 a 30 klbs.ft. Se tomó el último survey a 13313 pies, dando como resultado una inclinación de 24,26°, un azimuth de 341,27°, y una distancia de centro a centro de 32,66 pies; abajo 27,30 pies, e izquierda 17,93 pies. La última litología a 13410 ft. Indica que se tiene un 90% arenisca y 10 % caolinita.

Se bombea 80 Bbls de píldora dispersa con un peso de 10,5 libras por galón, se circula el pozo hasta obtener retornos limpios con un caudal de 380 galones por minuto, una presión de 1800 psi, rotando con 80 rpm. Se observa un 10% de incremento de cortes en zarandas. Se bombea 110 Bbls de píldora sellante, más un 3 % de lubricante, para cubrir la sección de 8 ½”.

Se saca el BHA desde 13410 hasta 11741 pies libre, se circula el pozo y se continúa sacando hasta superficie.

La compañía direccional realizó la reunión de seguridad previo al desarme del BHA #5 direccional. Se desarmó el BHA.

Tabla 12: Tiempos y ROP'S del BHA #5.

<b>Calificación de la broca:</b>	0 - 0 - NO - A - X - I - NO - TD
<b>Horas perforación:</b>	53,81 hrs
<b>Horas rimando:</b>	10 hrs
<b>Horas circulación:</b>	7,75 hrs
<b>Total:</b>	71,56 hrs
<b>Intervalo Perforado:</b>	11748 hasta 13410 ft
<b>Perforado:</b>	1662 ft
<b>Porcentaje Pies deslizados:</b>	13% (220 ft)
<b>Porcentaje Pies rotados:</b>	87% (1442 ft)
<b>ROP Promedio:</b>	30,91 ft/hr
<b>ROP Rotaring:</b>	42,45 ft/hr
<b>ROP Sliding:</b>	11,11 ft/hr
<b>Tiempo Sliding Acumulado:</b>	19,8 hrs
<b>Tiempo Rotating Acumulado:</b>	33,97 hrs
<b>Bearing Play del motor de entrada</b>	2,6 mm
<b>Bearing Play del motor de salida</b>	3,6 mm
<b>Bearing Play del motor de Total</b>	1 mm
<b>Máxima Temperatura:</b>	203° F

en la tabla 12 se presentan los tiempos y ROP'S del BHA #5, muestra a detalle las horas perforadas, así como el desgaste del motor.

La compañía encargada de la corrida de casing arma herramientas de manipuleo y corrida de liner de 7", se arma zapato rimador, más collar flotador, más una junta de casing, más landing collar, más junta de casing de 7". Se coloca suelda fría, se prueba el equipo de flotación a 80 pies, se continuó bajando 16 juntas de liner de 7", hasta 1800 pies. En la tabla 13 se visualizan los materiales utilizados en el revestimiento de esta sección.

Tabla 13: Materiales utilizados en cementación.

<b>Juntas de liner de 7"</b>	48
<b>Centralizadores semirrígidos</b>	33
<b>Stop collars</b>	66
<b>Anillos de torque</b>	51

Se continúa bajando el liner 7", desde 11740 hasta 13410 pies. Con el liner a 13410 pies (TD), se levanta dos pies y establece parámetros de circulación con un caudal entre 120 a 200 galones por minuto, y presión entre 850 a 1100 psi, rotando con 30 rpm, y el torque entre 22 a 27 klbs.ft.

La compañía de cementación realiza la reunión de seguridad y prueba las líneas previo a la cementación de liner de 7", de acuerdo con el programa, se probaron las líneas con una presión de 7000 psi y se realizó secuencia de bombeo con 20 Bbbs de agua tratada y 50 Bbbs de píldora viscosa con un peso de 12 libras por galón. Se circula y evalúan parámetros. Se bombearon 150 Bbbs de Fluido, más 50 Bbbs de espaciador con un peso de 12 libras por galón, mas 50 Bbbs de lechada Scavenger con un peso de 13,5 libras por galón, más seis Bbbs de Lechada Lead con peso de 15,8 libras por galón, más 60 Bbbs de lechada Tail con peso de 17 libras por galón. Se libera el dardo desde cabeza de cementación. Se desplazan 70 Bbbs de agua fresca con la unidad de cementación. Se desplazan 230 Bbbs de fluido Ditec-in. La presión final de desplazamiento es de 2400 psi, se asienta el tapón presurizando hasta la presión de 3000 psi por 10 minutos. Se obtienen cuatro Bbbs de fluido de retorno. La base del zapato de 7" a 13408 pies, el tope del Landing collar de 7" a 13365,42 pies, el tope del colgador X-PACK a 11585,26 pies.

Se realizó maniobra de expansión de liner, presurizando con presión de hasta 5000 psi, se rompe el anillo de expansión de liner con una presión entre 3700 a 4100 psi, se libera la presión. Se verifica el anclaje con 60 Klbs de over pull, se realiza maniobra para liberar el setting tool aplicando 90 Klbs de peso. Se circula el hoyo para cambio de fluido Dxtec-in por agua de Dewatering con peso de 8,33 libras por galón con un caudal de 600 galones por minuto, y con presión de 800 psi. Se saca la tubería desde 11585 pies hasta superficie. Se finalizan las operaciones de perforación en el pozo RGC-01 el día 10 de abril del 2021 a las 01:00 horas. En el anexo C, se pueden observar los registros de perforación de la sección 8 1/2".

# CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 4.1. ANÁLISIS DE EVENTOS DE PERFORACIÓN

En la figura 23 se observa la curva de construcción del pozo, en la cual se puede observar que existieron ciertos problemas, los cuales no permitieron cumplir con los objetivos planeados, los mismo que serán detallados sección a sección.

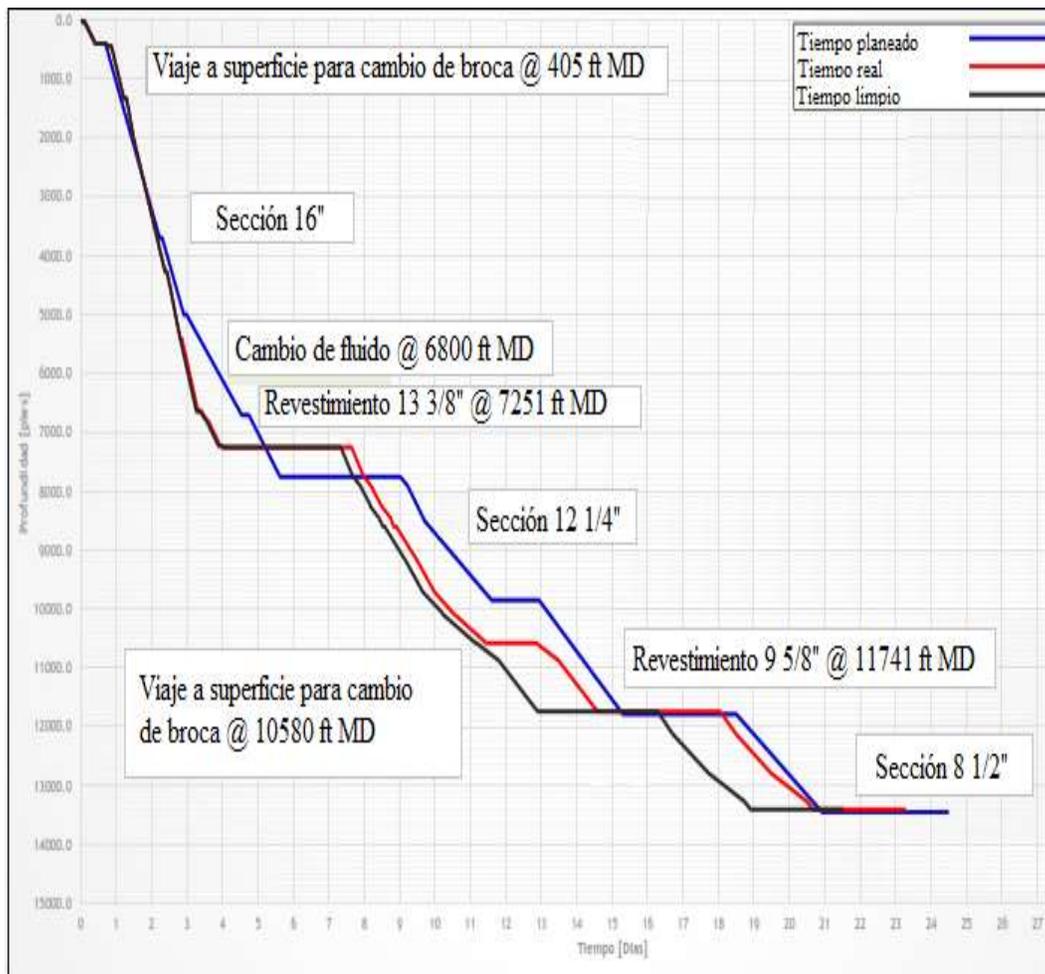


Figura 23: Curva de construcción del pozo final

A continuación, se evalúan los eventos suscitados en cada sección perforada.

#### 4.1.1. Sección de 16”.

Se realiza la comparación de lo planeado, con los resultados obtenidos para esta primera sección, mostrados en la tabla 14.

Tabla 14: Plan versus resultados de sección 16”.

Plan	Resultado (+)	Resultado (-)	Observación
<b>BHA # 1</b>			
* Perforar verticalmente hasta atravesar los conglomerados superficiales.	Se logro perforar hasta los 405 pies.	-	La cabina de geología verifica haber atravesado los conglomerados superficiales.
* Rango del peso de lodo para formación Chalcana (8,4 – 8.6 libras por galón).	Se logro estar en el peso planificado.	-	No se presentó ninguna anomalía.
<b>BHA # 2</b>			
* Perforar hasta 7750 ft.	-	Perforó hasta 7251 ft	Debido a baja ROP, causada por una embolada.
* Construir el ángulo de 46,28° y dirección 342,45°	Se logro un ángulo de 46.9°, azimuth 343.6°	-	Los parámetros de inclinación y dirección están en el rango permitido.
* Rango del peso de lodo para formación Orteguaza (9,6 – 10,2 ppg).	Se logro estar en el rango de peso planificado.	-	Aunque se presentó una embolada, esto no influyo en el aumento del peso del lodo.
* Asentar el casing en la profundidad programada.	-	Se asentó el casing de 13 3/8” a 7251 ft.	Debido a no poder seguir perforando, el casing no se pudo asentar a la profundidad planeada.

En esta sección se perforó la sección de 16 pulgadas con BHA #1 convencional desde 47 hasta 405 pies.

Donde la cabina de geología confirma que ya se atravesaron los conglomerados superficiales.

Cumpliendo con el objetivo propuesto para el BHA #1. Para perforar la formación del Terciario Indefinido (Chalcana) se utilizó un caudal entre 180 a 550 galones por minuto, la rotación entre 60 a 90 revoluciones por minuto, el peso sobre la broca entre dos a 15 kilo libras, el torque entre uno a dos kilos libras sobre pies, los parámetros se incrementaron progresivamente. Se sacó el BHA #1 convencional y se desarmó.

Para continuar con la perforación de esta sección se armó el BHA #2 direccional, se perforó rotando y deslizando desde 6823 hasta 7241 pies, donde se observó una disminución en la ROP de 140 a 23 pies por hora, y una disminución en el torque de 20 a 10 kilo libras por pies.

Se sacó tres paradas para evaluar el colgamiento de la sarta hasta 7000 pies, se regresó al fondo y se bombeó píldora viscosa para limpiar el pozo. Al regresar a fondo no se observa mejoría en la ROP, se perforó 10 pies más con una ROP entre siete a 10 pies por hora, hasta los 7251 pies.

Este evento puede haberse suscitado debido a una embolada, ya que el intervalo atravesado desde 3400 a 6948 pies está compuesto principalmente de arcillolita con intercalaciones de limolita.

Ya que no se alcanzó el TD planeado para esta sección, se decide dejar el punto de casing de 13 3/8" a 7251 pies, y así evitar un viaje de limpieza de BHA para perforar los 300 pies faltantes, se procede a sacar el BHA #2 hasta la superficie.

Esta sección se perforó desde 47 hasta 7251 pies, se atravesaron las formaciones Chalcana y Ortegua. La formación Chalcana comprende desde 47 hasta 6948 pies en MD y 5611 pies en TVD, es un cuerpo de arcillolita con intervalos de arenisca, carbón, anhidrita, conglomerado cuarzoso hacia la superficie y niveles de limolita, el lodo utilizado fue base agua, diseñado para perforar zonas superficiales, compuesto por una sal de nitrato de calcio con una densidad en el rango entre 8,4 hasta 9,7 libra por galón.

Tabla 15: Propiedades de fluidos empleados en la formación Chalcana, sección 16”.

<b>Formación Chalcana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Densidad, lpg</b>	8,4	9,7
<b>Viscosidad de Embudo, seg/qt</b>	26	32
<b>Viscosidad Plástica, cP</b>	2	10
<b>Punto Cedente, lb/100 ft<sup>2</sup></b>	2	11
<b>Filtrado, cc/30 min</b>	NC	NC
<b>MBT, lb/bbl</b>	NC	NC

Dando como resultado las siguientes propiedades de fluido utilizado presentado en la tabla 15.

Tabla 16: Volúmenes de fluidos empleados en la formación Chalcana, sección 16”.

<b>Volúmenes</b>	<b>(Bbls)</b>
<b>Tanques de lodo</b>	600
<b>Revestidor previo</b>	0
<b>Hoyo (30% Washout)</b>	490
<b>Dilución</b>	5473
<b>Total</b>	6563

En la tabla 16 se presentan las cantidades de fluido utilizado en la formación Chalcana. La formación Orteguaza abarca desde 6948 pies en MD y 5611 pies TVD constituida principalmente por lutita con intercalaciones de limolita, arenisca y carbón, el lodo utilizado fue similar al utilizado en la formación Chalcana, base agua, diseñado para perforar zonas superficiales, compuesto por una sal de nitrato de calcio con una densidad en el rango entre 9,7 hasta 10,2 libra por galón.

Tabla 17: Propiedades de fluidos empleados en la formación Orteguaza, sección 16”.

<b>Formación Orteguaza</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Densidad, lpg</b>	9,7	10,2
<b>Viscosidad de Embudo, seg/qt</b>	32	37
<b>Viscosidad Plástica, cP</b>	9	10
<b>Punto Cedente, lb/100 ft<sup>2</sup></b>	11	14
<b>Filtrado, cc/30 min</b>	<20	<20
<b>MBT, lb/bbl</b>	<20	<20

En la tabla 17, se presentan las propiedades del fluido empleado en la formación Ortegua.

Tabla 18: Volúmenes de fluidos empleados en la formación Ortegua, sección 16”.

<b>Volúmenes</b>	<b>(Bbls)</b>
<b>Tanques de lodo</b>	600
<b>Revestidor previo</b>	0
<b>Hoyo (30% Washout)</b>	540
<b>Dilución</b>	1543
<b>Total</b>	2683

En la tabla 18 se presentan los volúmenes de fluido utilizado para la formación Ortegua.

#### 4.1.2. Sección de 12 ¼”.

Para la segunda sección, se realiza la comparación de lo planeado, con los resultados obtenidos para esta segunda sección, mostrados en la tabla 19.

Tabla 19: Plan versus resultados de sección 12 ¼”.

<b>Plan</b>	<b>Resultado (+)</b>	<b>Resultado (-)</b>	<b>Observación</b>
<b>BHA # 3</b>			
* Perforar hasta 11690 ft.	-	Perforó hasta 10580 ft	Debido poca respuesta del BHA.
* Mantener el ángulo	-	El BHA tiene tendencia a tumbar.	Debido a intervalos de conglomerados.
<b>BHA # 4</b>			
* Perforar hasta 11690 ft.	Se perforó hasta 11748 ft.	-	Se perforaron 58 ft., con la finalidad de cumplir los objetivos de inclinación y dirección.
* mantener el ángulo	El BHA tiene mantuvo el ángulo.	-	Se debió hacer trabajo direccional no planificado.
* Prevenir embolamiento de broca.	-	No se evidenció embolamiento de la broca.	Gracias a la aplicación de píldoras desembolantes.

Para continuar con la perforación de esta sección se armó el BHA #3, se perforó rotando y deslizando hasta 10512 pies, donde se observó que la respuesta del BHA no es la esperada.

En el intervalo rotado, el BHA tiene tendencia a tumbar y se desliza 68 pies y no se observa incremento en el ángulo como se esperaba, por lo que decide sacar el BHA. Con el BHA #3 en superficie se observa un desgaste de la camisa del motor, en la aleta sin recubrimiento de tungsteno, en las otras aletas se observan pequeñas zonas que han perdido el recubrimiento.

Esto puede haberse producido debido a que se atravesó la formación Tena compuesta principalmente de arcillolita, la cual por su acción abrasiva habría afectado a los componentes del BHA.

Se ensambló el BHA #4. Debido al gran distanciamiento por debajo del plan direccional (27,7 pies), por lo cual se realizó trabajo direccional no planeado, para poder cumplir con los objetivos planeados, se perforó hasta los 11748 pies, 58 pies más que lo planeado, esto aprovechando el cambio de BHA.

Esta sección se perforó desde 7251 hasta 11748 pies, se atravesaron las formaciones Ortegua, Tiyuyacu y Tena.

La formación Ortegua abarca desde 7251 hasta 7775 pies en MD y 5611 pies TVD, el lodo utilizado para toda esta sección es ECOBOOST, el cual es un fluido reciclado del fluido utilizado para perforar la sección anterior, tratado químicamente, para obtener los parámetros adecuados y perforar esta sección, con este tipo de fluidos se trata de minimizar el uso de agua fresca, con una densidad en el rango entre 10,2 hasta 10,3 libra por galón.

La formación Tiyuyacu comprende desde 7775 hasta 9978 pies en MD y 6175 pies TVD, constituida principalmente por arcillolita con intercalaciones de limolita, arenisca y cuerpos de conglomerado; uno de tipo cuarzoso hacia la parte superior de la formación; un cuerpo de conglomerado intermedio, de igual manera de tipo cuarzoso; y, hacia la base de la formación presenta un cuerpo masivo de conglomerado de chert.

La formación Tena, para esta sección fue perforada desde 9978 pies en MD y 7715 pies TVD, está compuesta por una secuencia de arcillolita con intercalaciones de arenisca esporádicas hacia el tope y limolita hacia la parte media y superior del intervalo. Hacia el inferior de la formación se presenta el Miembro Basal Tena donde es predominado por arenisca.

Tabla 20: Propiedades de fluidos empleados en la sección 12 1/4”.

<b>Sección 12 1/4”</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Densidad, lpg</b>	10,2	10,4
<b>Viscosidad de Embudo, seg/qt</b>	32	36
<b>Viscosidad Plástica, cP</b>	8	13
<b>Punto Cedente, lb/100 ft<sup>2</sup></b>	12	17
<b>Filtrado, cc/30 min</b>	<20	<20
<b>MBT, lb/bbl</b>	<20	<20

A continuación, en la tabla 20 se presentan las propiedades de los fluidos utilizados en esta sección.

Tabla 21: Volúmenes de fluido empleados en la sección 12 1/4”.

<b>Volúmenes</b>	<b>(Bbls)</b>
<b>Tanques de lodo</b>	600
<b>Revestidor previo</b>	1086
<b>Hoyo (30% Washout)</b>	197
<b>Dilución</b>	1355
<b>Total</b>	3238

En la tabla 21 se visualizan los volúmenes de fluidos empleados en esta sección.

#### **4.1.3. Sección de 8 1/2”.**

Siendo esta la última sección, al igual que en las anteriores, se efectúa la comparación de lo planeado, con los resultados obtenidos para esta primera sección, mostrados en la tabla 22.

Tabla 22: Resultados BHA #5.

<b>Plan</b>	<b>Resultado (+)</b>	<b>Resultado (-)</b>	<b>Observación</b>
* Perforar hasta 13457 ft.	Se perforó hasta 13410 ft.	-	Debido a las correcciones se llega al TD con 47 pies arriba de lo pronosticado.
* Rango del peso de lodo para esta sección (10,3 – 10,5 ppg).	Se logro estar en el rango de peso planificado.	-	El peso del lodo utilizado estuvo en el rango planeado.
* Colgar el Liner a la profundidad programada.	Asentó zapato de Liner de 7" a 13408 ft.	-	Se logra asentar el liner sin problemas.

Para finalizar con la última sección de la perforación se armó el BHA #5, se perforó rotando y deslizando, debido al empleo de un BHA empacado por el uso del LWD no se pudo contrarrestar con rotación la tendencia de la formación Napo a tumbar, la cual está compuesta por una secuencia de lutitas con intercalaciones de caliza, donde se observa tendencia a tumbar con más de 3 grados promedio, lo cual provoco realizar trabajo direccional no planeado, se llega al TD a una profundidad de 13410 pies en MD.

La formación Tena, para esta sección fue perforada desde 11748 hasta 11819 pies en MD y 8968 pies TVD, el lodo utilizado para esta sección es DCTEC-IN, el cual es un sistema de base agua, diseñado para perforar zonas productoras con mínima invasión y agentes amigables con la formación, con una densidad en el rango entre 10,2 hasta 10,3 libra por galón.

Para realizar el viaje de salida y bajar el liner, se lo llevó hasta 10,4 libra por galón.

La formación Basal Tena, comprende desde 11819 pies en MD y 8968 pies TVD, este nivel estratigráfico está constituido por arenisca intercalada con caolín y limolita.

La formación Napo, va desde 11850 pies en MD y 8989 pies TVD, esta formación está compuesta por una secuencia de lutitas con intercalaciones de caliza, (marcadores sísmicos: Caliza A y Caliza M-1) así mismo consta de cuerpos de Caliza M-2 y Caliza B, y las Areniscas "U" y "T".

Las muestras están definidas de acuerdo con características litológicas específicas, esta formación presentó tendencia a tumbar con más de tres grados en promedio, esto puede ser debido a la presencia de calizas.

La formación Hollín, abarca desde 13224 pies en MD y 10113 pies en TVD, esta formación está compuesta por dos niveles, el nivel Hollin Superior que va desde 13224 pies en MD y 10113 pies en TVD, este nivel se compone principalmente por arenisca glauconítica intercalada con lutita, y el nivel Hollin Inferior que comprende desde 13268 pies en MD y 10152 pies en TVD, este nivel se compone principalmente de arenisca con intercalaciones de caolín.

Tabla 23: Propiedades de fluidos empleados en la sección 8 1/2”.

<b>Sección 8 ½”</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Densidad, lpg</b>	10,2	10,4
<b>Viscosidad de Embudo, seg/qt</b>	48	60
<b>Viscosidad Plástica, cP</b>	11	15
<b>Punto Cedente, lb/100 ft<sup>2</sup></b>	30	40
<b>Filtrado, cc/30 min</b>	<5	<5
<b>MBT, lb/bbl</b>	<5	<5

En la tabla 23 se presentan las propiedades de los fluidos empleados en esta sección.

Tabla 24: Volúmenes de fluido empleados en la sección 8 1/2”.

<b>Volúmenes</b>	<b>(Bbls)</b>
<b>Tanques de lodo</b>	400
<b>Revestidor previo</b>	860
<b>Hoyo (30% Washout)</b>	120
<b>Dilución</b>	120
<b>Total</b>	1500

En la tabla 24 se detallan los volúmenes empleados en esta sección.

#### 4.1.4. Trayectoria final del pozo.

En la figura 24, se visualiza la trayectoria final del pozo.

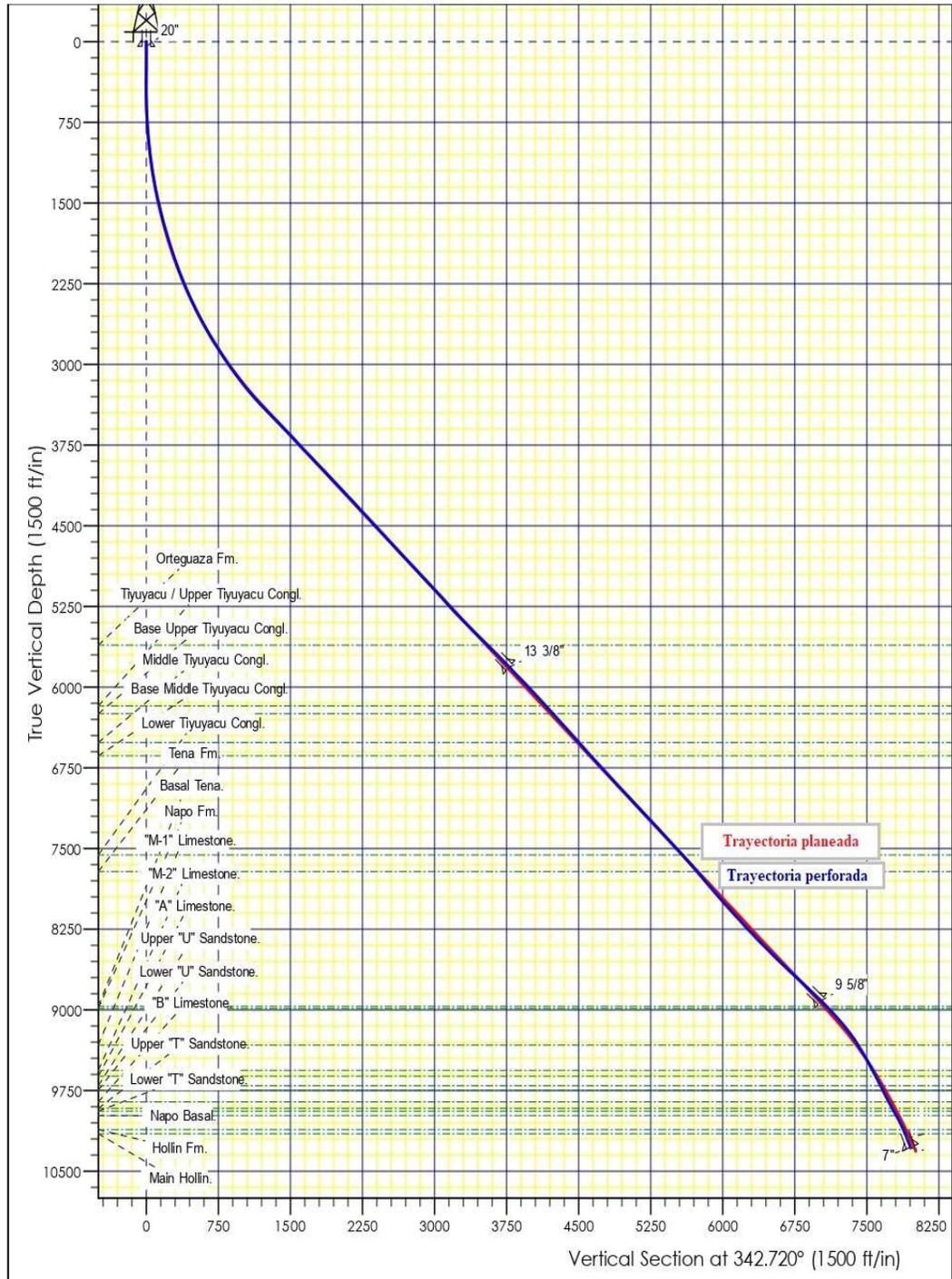


Figura 24: Trayectoria final del pozo.

#### 4.1.5. Columna litológica atravesada.

En la figura 25, se aprecian las formaciones atravesadas, también se visualizan las profundidades tanto en MD y TVDSS.

Estratigrafía	Revestimiento	Litología.	Formación	DEPTH	
				MD	TVDss
CUATERNARIO			Cuaternario Indiferenciado		
MIOCENO			Chalcana		
OLIGOCENO	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> " Casing @ 7251 ft		Orteguaza	6948	-4610
EOCENO			Tiyuyacu / Upper Cgl	7775	-5174
PALEOCENO			Tena	9978	-6714
			Basal Tena	11819	-7967
CRETACICO SUPERIOR			Napo Shale	11850	-7988
			"M-1" Limestone	12309	-8328
			"M-2" Limestone	12588	-8561
			"A" Limestone	12653	-8618
			Upper "U" Sandstone	12752	-8705
			Lower "U" Sandstone	12802	-8748
			"B" Limestone	12926	-8857
			Upper "T" Sandstone	12998	-8916
			Lower "T" Sandstone	13028	-8942
			Napo Basal	13075	-8982
CRETACICO	9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> " Casing @ 11741 ft		Upper Hollin	13224	-9112
			Lower Hollin	13268	-9151
			TD	13410	-9281
	7" Liner @ 13408'				

Figura 25: Columna litológica atravesada.

#### 4.1.6. Curva de construcción del pozo.

En la figura 26, se visualiza la curva de construcción del pozo, comparando el tiempo planeado, con el tiempo real que duro la perforación.

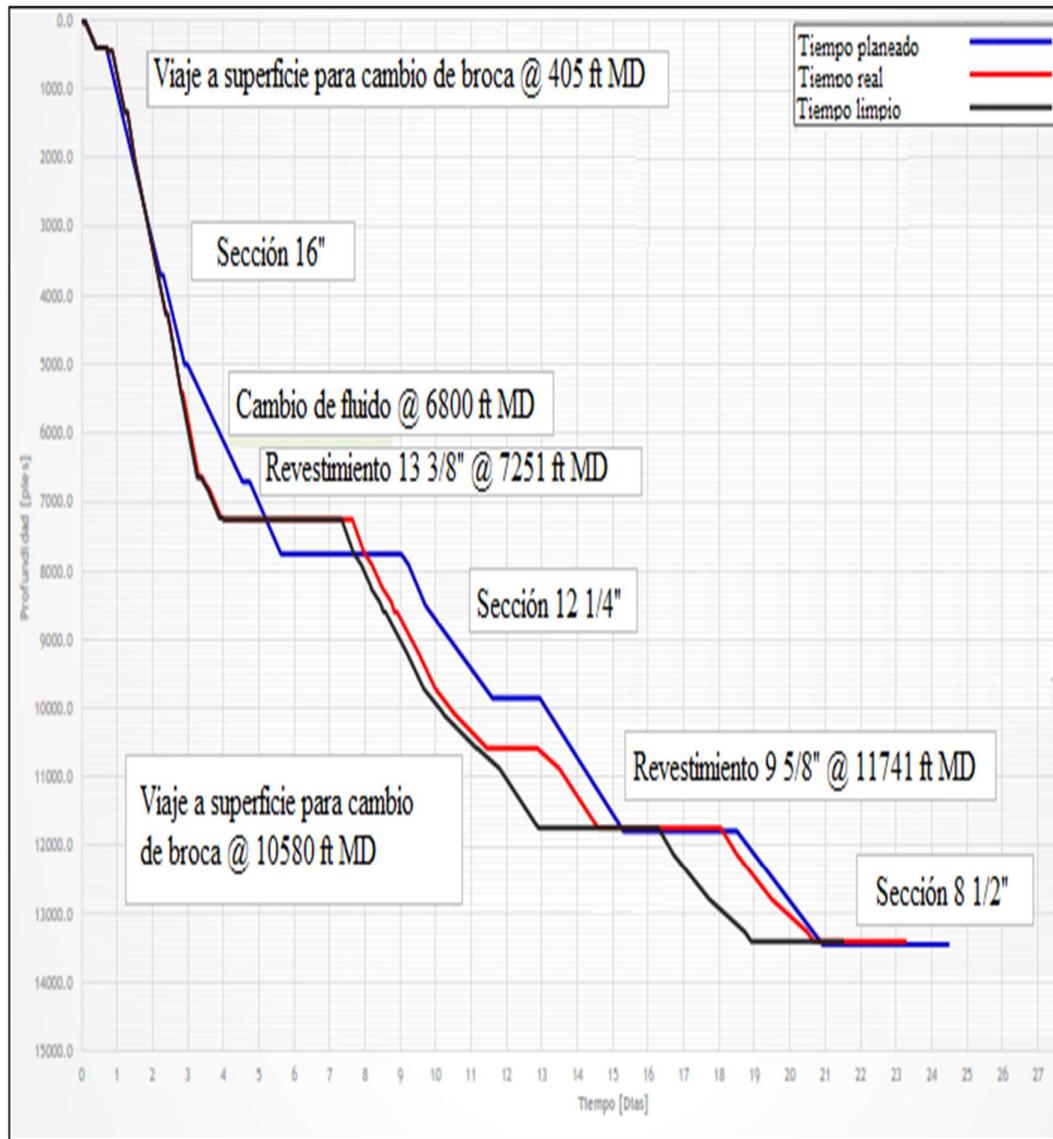


Figura 26: Curva de construcción del pozo.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

Lo expuesto durante el desarrollo de la investigación sobre la perforación del pozo direccional tipo “J” con alto desplazamiento, permite arribar a las siguientes conclusiones:

En la sección 16” debido a plasticidad de la formación compuesta principalmente de arcillolita con intercalaciones de limolita, se produjo un embolamiento de la broca, por lo cual no se logró llegar al TD planeado para esta sección. se utilizó el fluido DCTECAL que es un sistema base agua diseñado para perforar zonas superficiales, está compuesto por sal de nitrato de calcio. Para perforar la formación Chalcana, y en la formación Orteguaza se utilizó el fluido ECOBOOST el cual es reciclado del lodo ya utilizado para perforar la sección anterior, tratado químicamente. Para obtener los parámetros adecuados y perforar esta sección, con este tipo de fluidos se trata de minimizar el uso de agua fresca.

En la sección 12 1/4” debido a que se tuvo que atravesar cuerpos de conglomerados de la formación Tena compuestos principalmente de arcillolita, se produjo el desgaste de la camisa del motor y el estabilizador, lo cual provoca alejarse del plan con más de 30 pies, debido a esto se realizó un viaje y se reemplazaron las herramientas direccionales. Se utilizó el fluido ECOBOOST, para perforar las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu y Tena.

En la sección de 8 ½” debido al empleo de un BHA empacado por el uso del LWD no se pudo contrarrestar con rotación la tendencia de la formación Napo a tumbar, por lo cual fue necesario realizar trabajo direccional no planeado casi a lo largo de la sección para poder estar dentro del rango requerido en los objetivos del pozo. se utilizó el fluido

DCTEC-IN el cual es un sistema base agua diseñado para perforar zonas productoras con mínima invasión y agentes amigables con la formación, utilizado para perforar las formaciones Tena, Basal Tena, Napo y Hollín.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

En la sección de 16” se redujo la ROP, debido a una embolada, por lo cual se recomienda bombear píldoras desembolantes al atravesar la formación Orteguaza. Se sugiere para el cambio de fluido, realizarlo estacionariamente y no mientras se perfora para evitar embolamiento de la broca.

En la sección de 12 1/4” se observa poca respuesta del BHA direccional, se debe evaluar al pasar las intercalaciones de limolita y carbón, también reforzar las camisas de los motores para atravesar los tres cuerpos de conglomerados.

En la sección de 8 1/2” se observa tendencia de la formación a tumbar con más de tres grados promedio en toda la formación Napo, por lo cual se recomienda realizar trabajo direccional a lo largo de la sección para poder estar dentro del rango requerido en los objetivos del pozo. Para perfiles similares se recomienda el uso de LWD para la obtención de información del reservorio, en caso de realizar registros con cable, se deben analizar los riesgos asociados y tener como opción la toma de estos en Cased hole.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alibaba. (2021). *Stabilizer*. Obtenido de [https://spanish.alibaba.com/product-detail/oil-well-drilling-drill-rigs-drill-stabilizer-with-competitive-price-60398742799.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_image.2fb66351ksL51L](https://spanish.alibaba.com/product-detail/oil-well-drilling-drill-rigs-drill-stabilizer-with-competitive-price-60398742799.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.2fb66351ksL51L)
- Altuna, S. A. (2014). *Estudio de factibilidad para la perforación de pozos direccionales con trayectoria no convencional en el campo Shushufindi*. Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8618/3/CD-5793.pdf>
- Anson. (2015). Henan. Obtenido de <http://www.octgproducts.com/some-issues-about-heavy-weight-drill-pipe.html>
- Cunalata, Z. V. (2015). *Manual de planificación, diseño y consideraciones para la construcción de pozos direccionales en el campo Sacha*. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7688/1/T-UCE-0012-384.pdf>
- Datalog. (2001). *Procedimientos y operaciones en el pozo*. Calgary. Obtenido de [https://www.academia.edu/6472755/PROCEDIMIENTOS\\_Y\\_OPERACIONES\\_EN\\_EL\\_POZO\\_002](https://www.academia.edu/6472755/PROCEDIMIENTOS_Y_OPERACIONES_EN_EL_POZO_002)
- Drillmax. (2021). *Float Valves*. Obtenido de <https://drillmax.com/>
- D-valves. (2021). *Float Sub IBOP*. Obtenido de <https://www.dvalves.com/products/float-sub-ibop/>
- Geoguidance. (2021). *Adjustable bent housing*. Obtenido de [https://geoguidancedrilling.com/services/directional\\_drilling/drilling-motors/juggernaut/](https://geoguidancedrilling.com/services/directional_drilling/drilling-motors/juggernaut/)
- Gómez, I. A. (2016). *Daño a las barrenas, su implicación en la perforación y soluciones propuestas*. Cd. Mx. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10401/Tesis.pdf?sequence=1>
- International, D. T. (2021). *Drill collars*. Obtenido de <https://www.drillingtools.com/DrillCollars>
- Izurieta, A. A. (2014). *Diseño y planificación del programa de perforación del pozo tipo "J" modificado: Anma Xd, en el campo ESPOL*. Guayaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91617/D->

- Library. (2021). Obtenido de <https://1library.co/document/zp2w997y-pozos-horizontales.html>
- LPS. (2019). *"Logging & perforating services."*. Obtenido de <https://lps.com.ec/productos/>
- Morales, O. A. (2015). *"Estudio de los problemas operacionales durante la perforación de los pozos direccionales en la plataforma Drago norte 2."*. Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9143/1/CD-6097.pdf>
- Sánchez, M. E. (2014). *Estudio para el mejoramiento de la adherencia del cemento en los liners de 7'' en pozos direccionales tipo J y S.* Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8729/3/CD-5868.pdf>
- Schlumberger. (2012). *Spear PDC Drill Bits.* Obtenido de <https://www.slb.com/-/media/files/smith/brochures/spear-br.ashx>
- Schlumberger. (2014). *Drill collar.* Obtenido de [https://glossary.oilfield.slb.com/en/terms/d/drill\\_collar](https://glossary.oilfield.slb.com/en/terms/d/drill_collar)
- Schlumberger. (2021). *Drillpipe.* Obtenido de <https://glossary.oilfield.slb.com/en/terms/d/drillpipe>
- Schlumberger. (2021). *Oilfield Glossary en Español.* Obtenido de [https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/d/deviated\\_drilling](https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/d/deviated_drilling)
- Schlumberger. (2021). *Schlumberger Oilfield Glossary.* Obtenido de <https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/p/pill>
- Schlumberger. (2021). *Schlumberger Oilfield Glossary.* Obtenido de <https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/r/rheology>
- Schlumberger. (2021). *Schlumberger Oilfield Glossary.* Obtenido de [https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/f/funnel\\_viscosity](https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/f/funnel_viscosity)
- Tydrillbits, X. (2021). *Ty Drill Bits.* Obtenido de <http://es.tydrillbits.com/hybrid-pdc-rolling-cone>

# ANEXOS

## Anexo A: Registro de perforación de la sección 16”.

REGISTRO DE PERFORACIÓN							
Profundidad Medida (Pies)	Inclinación (°)	Azimut (°)	Profundidad Vertical (Pies)	Norte (m)	Este (m)	Sección Vertical (Pies)	Dogleg Rate (°/100')
0.00	0.00	0.00	0.00	9987993.14	292956.33	0.00	0.00
100.00	0.12	126.94	100.00	9987993.13	292956.35	-0.08	0.12
200.00	0.15	137.02	200.00	9987993.08	292956.41	-0.29	0.04
300.00	0.21	136.31	300.00	9987993.01	292956.47	-0.57	0.06
400.00	0.11	162.64	400.00	9987992.94	292956.52	-0.83	0.12
500.00	0.63	21.69	500.00	9987993.07	292956.59	-0.50	0.72
600.00	2.24	3.49	599.96	9987993.82	292956.69	1.76	1.65
700.00	3.96	2.79	699.81	9987995.46	292956.78	6.83	1.72
800.00	4.77	2.50	799.52	9987997.78	292956.88	13.98	0.81
900.00	6.18	3.47	899.06	9988000.68	292957.04	22.93	1.41
1000.00	7.44	3.49	998.36	9988004.29	292957.26	34.02	1.26
1100.00	8.98	1.22	1097.33	9988008.64	292957.43	47.47	1.57
1200.00	10.37	359.84	1195.90	9988013.76	292957.47	63.48	1.41
1253.00	10.99	359.36	1247.98	9988016.76	292957.45	72.88	1.18
1398.00	13.07	357.62	1389.84	9988025.89	292957.27	101.66	1.72
1494.00	14.64	349.65	1483.06	9988032.83	292956.47	124.20	2.57
1588.00	15.65	346.08	1573.79	9988040.15	292954.89	148.65	1.46
1682.00	16.72	344.45	1664.07	9988047.87	292952.85	174.82	1.24
1776.00	17.86	342.45	1753.82	9988056.03	292950.42	202.75	1.37
1963.00	19.82	342.29	1930.71	9988073.63	292944.81	263.36	0.89
2057.00	20.99	341.65	2018.82	9988083.13	292941.72	296.13	1.27
2150.00	22.13	341.76	2105.31	9988093.02	292938.45	330.30	1.23
2997.00	35.15	340.58	2844.15	9988211.46	292898.03	740.75	1.35
3091.00	36.65	340.86	2920.29	9988227.32	292892.49	795.83	1.61
3185.00	37.70	340.25	2995.19	9988243.65	292886.72	852.59	1.18
3937.00	47.49	342.67	3538.9	9988394.12	292839.42	1370.10	0.76
4031.00	47.07	342.29	3602.67	9988414.20	292833.09	1439.16	0.54
4126.00	46.37	341.94	3667.80	9988434.26	292826.61	1508.31	0.78
4219.00	45.73	341.42	3732.35	9988453.63	292820.20	1575.26	0.80
4313.00	47.27	342.13	3797.05	9988473.37	292813.70	1643.43	1.73
4972.00	46.53	341.54	4248.01	9988612.80	292768.87	2123.92	0.67
5065.00	45.52	340.53	4312.59	9988632.09	292762.24	2190.82	1.34
5159.00	46.53	342.36	4377.86	9988651.64	292755.68	2258.44	1.77
5913.00	45.72	341.96	4902.21	9988809.34	292706.71	2800.21	0.95
6007.00	46.75	343.24	4967.23	9988829.09	292700.52	2868.10	1.47
6101.00	45.96	344.16	5032.11	9988848.98	292694.70	2936.11	1.10
6665.00	48.44	344.81	5423.80	9988967.87	292660.66	3341.72	2.33
6759.00	48.71	344.77	5486.00	9988988.60	292655.02	3412.15	0.29
6853.00	48.61	345.00	5548.08	9989009.37	292649.41	3482.68	0.21
6947.00	48.63	345.16	5610.22	9989030.14	292643.88	3553.15	0.13
7041.00	48.26	344.94	5672.58	9989050.85	292638.35	3623.43	0.43
7135.00	46.90	343.60	5735.99	9989071.21	292632.61	3692.80	1.79

**Anexo B: Registro de perforación de la sección 12 1/4”**

<b>REGISTRO DE PERFORACIÓN</b>							
<b>Profundidad Medida (Pies)</b>	<b>Inclinación (°)</b>	<b>Azimut (°)</b>	<b>Profundidad Vertical (Pies)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Sección Vertical (Pies)</b>	<b>Dogleg Rata (°/100')</b>
7321.00	47.06	343.01	5862.89	9989110.91	292620.71	3828.77	0.25
7414.00	47.58	343.18	5925.93	9989130.85	292614.65	3897.14	0.58
7508.00	46.62	342.47	5989.92	9989150.90	292608.45	3966.00	1.16
7602.00	45.88	342.10	6054.92	9989170.62	292602.15	4033.90	0.84
7696.00	46.01	342.00	6120.28	9989190.21	292595.81	4101.45	0.16
7791.00	45.73	342.22	6186.43	9989209.99	292589.42	4169.63	0.34
7884.00	45.55	342.58	6251.45	9989229.30	292583.30	4236.12	0.34
7978.00	45.55	342.86	6317.28	9989248.83	292577.22	4303.23	0.21
8072.00	45.75	343.16	6382.99	9989268.43	292571.23	4370.44	0.31
8165.00	44.95	341.85	6448.35	9989287.66	292565.17	4436.60	1.32
8259.00	44.78	341.52	6514.97	9989306.85	292558.82	4502.90	0.31
8353.00	45.11	341.94	6581.50	9989326.07	292552.48	4569.29	0.47
8447.00	45.16	342.81	6647.82	9989345.42	292546.33	4635.92	0.66
8540.00	45.13	343.16	6713.41	9989364.64	292540.45	4701.84	0.27
8633.00	45.89	342.41	6778.58	9989383.95	292534.46	4768.18	1.00
8728.00	45.73	341.64	6844.80	9989403.70	292528.06	4836.30	0.61
8821.00	46.25	341.81	6909.42	9989423.06	292521.66	4903.17	0.57
8915.00	46.4	342.31	6974.33	9989442.77	292515.28	4971.16	0.42
9009.00	46.33	342.66	7039.20	9989462.55	292509.04	5039.19	0.28
9103.00	46.62	342.87	7103.93	9989482.39	292502.88	5107.34	0.35
9197.00	46.28	341.74	7168.70	9989502.17	292496.57	5175.47	0.94
9291.00	46.08	341.65	7233.78	9989521.80	292490.08	5243.28	0.22
9386.00	46.11	342.14	7299.66	9989541.63	292483.60	5311.72	0.37
9480.00	45.59	342.13	7365.14	9989561.19	292477.29	5379.16	0.55
9574.00	45.87	341.70	7430.75	9989580.70	292470.92	5446.47	0.44
9669.00	45.80	341.25	7496.94	9989600.39	292464.32	5514.60	0.35
9763.00	45.94	341.79	7562.39	9989619.90	292457.80	5582.05	0.44
9856.00	45.19	343.12	7627.50	9989639.19	292451.70	5648.45	1.30
9950.00	43.85	343.52	7694.53	9989658.44	292445.93	5714.36	1.46
10043.00	43.02	343.92	7762.06	9989677.14	292440.47	5778.29	0.94
10137.00	43.19	343.56	7830.69	9989695.94	292434.99	5842.51	0.32
10231.00	43.93	342.39	7898.80	9989714.82	292429.21	5907.28	1.16
10324.00	44.51	340.64	7965.46	9989733.56	292422.94	5972.12	1.45
10418.00	45.71	339.44	8031.80	9989752.64	292416.01	6038.64	1.56
10512.00	45.27	339.07	8097.69	9989771.75	292408.77	6105.55	0.55
10606.00	45.23	339.55	8163.87	9989790.78	292401.58	6172.19	0.37
10741.00	46.14	340.24	8230.24	9989810.24	292394.46	6240.08	1.09

### Anexo C: Registro de perforación de la sección 8 1/2”

REGISTRO DE PERFORACIÓN							
Profundidad Medida (Pies)	Inclinación (°)	Azimut (°)	Profundidad Vertical (Pies)	Norte (m)	Este (m)	Sección Vertical (Pies)	Dogleg Rata (°/100')
10794.00	46.62	341.13	8294.40	9989829.60	292387.67	6307.36	0.86
10887.00	47.39	341.87	8357.82	9989849.27	292381.10	6375.37	1.01
10982.00	48.38	342.24	8421.53	9989869.70	292374.48	6445.83	1.08
11076.00	48.85	342.55	8483.67	9989890.19	292367.98	6516.36	0.56
11170.00	49.33	342.78	8545.23	9989910.86	292361.53	6587.40	0.54
11263.00	49.63	342.98	8605.65	9989931.45	292355.18	6658.09	0.36
11357.00	50.20	343.52	8666.18	9989952.44	292348.87	6730.01	0.75
11451.00	49.34	343.68	8726.89	9989973.43	292342.69	6801.76	0.92
11544.00	48.65	343.53	8787.91	9989993.95	292336.65	6871.94	0.75
11638.00	49.51	343.66	8849.48	9990014.72	292330.54	6942.96	0.92
11678.00	49.67	343.81	8875.41	9990023.63	292327.94	6973.41	0.49
11843.00	47.80	342.87	8984.23	9990059.84	292317.11	7097.42	1.21
11936.00	46.00	341.89	9047.77	9990079.57	292310.84	7165.32	2.08
12030.00	43.96	340.78	9114.26	9990098.76	292304.37	7231.74	2.33
12124.00	41.47	339.74	9183.32	9990117.05	292297.81	7295.44	2.75
12217.00	38.40	338.52	9254.63	9990134.05	292291.33	7355.01	3.41
12311.00	34.45	337.33	9330.25	9990149.81	292284.95	7410.62	4.27
12405.00	34.06	339.97	9407.95	9990164.83	292279.07	7463.38	1.63
12499.00	30.89	339.90	9487.24	9990179.28	292273.80	7513.79	3.37
12593.00	31.85	340.46	9567.50	9990193.31	292268.74	7562.67	1.07
12687.00	29.37	340.39	9648.39	9990207.06	292263.85	7610.50	2.64
12780.00	28.78	339.94	9729.67	9990220.01	292259.18	7655.64	0.68
12874.00	30.76	341.55	9811.26	9990233.44	292254.50	7702.28	2.27
12969.00	31.42	342.43	9892.62	9990247.66	292249.87	7751.34	0.84
13063.00	31.76	343.05	9972.69	9990262.00	292245.42	7800.58	0.50
13156.00	29.41	342.48	10052.70	9990275.77	292241.15	7847.89	2.55
13250.00	25.69	341.83	10136.10	9990288.38	292237.09	7891.36	3.97
13309.00	24.26	341.27	10193.20	9990296.08	292234.53	7917.95	2.30