

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y
PETRÓLEOS**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS PRÁCTICAS
OPERACIONALES HISTÓRICAS Y LAS ACTUALES EN LA
PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN 12 ¼ EN LOS POZOS DEL
BLOQUE 61”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN PETRÓLEOS**

OPCIÓN: ESTUDIOS COMPARADOS

ERIKA ESTEFANÍA CORRALES VITERI

erika.corrales@epn.edu.ec

DIRECTOR: Msc. PABLO BENALCÁZAR

pablo.benalcazar@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2019

DECLARACIÓN

Yo Erika Estefanía Corrales Viteri, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Erika Estefanía Corrales Viteri

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Erika Estefanía Corrales Viteri, bajo mi supervisión.

Msc. Pablo Benalcázar

Director del Trabajo de Titulación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres en primer lugar por su esfuerzo, sacrificio y motivación durante cada etapa de mi vida.

Agradezco a mis hermanos Andrea y Sebastián por su apoyo y amor incondicional que me brindan a cada momento.

Agradezco a Alexis Proaño por ser mi amigo, mi novio, mi confidente, gracias por tu amor, paciencia y tiempo, sin tu apoyo no lo hubiera logrado.

Gracias al grupo de Integrated Drilling Services de Schlumberger, increíbles personas que me apoyaron para la realización de este trabajo, en especial a los Ingenieros José Alarcón y José Manuel Gómez por haberme brindado la oportunidad de realizar mis prácticas pre-profesionales y el trabajo de titulación; y a las ingenieras Alicia Lozada y Lissette Merino por los conocimientos compartidos durante la realización de mis prácticas pre-profesionales.

Agradezco al Ingeniero Pablo Benalcázar, por sus consejos los cuales me ayudaran a crecer profesionalmente.

Erika Corrales

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres, hermanos y novio quienes son las personas más importantes en mi vida.

Somos los que estamos y estamos los que somos.

Los amo

Erika Corrales

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-------|
| DECLARACIÓN..... | II |
| CERTIFICACIÓN..... | III |
| AGRADECIMIENTOS..... | IV |
| DEDICATORIA..... | V |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | VI |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | X |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS..... | X |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XII |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | XIV |
| SIGLAS..... | XV |
| SIMBOLOGÍA..... | XVI |
| RESUMEN..... | XVII |
| ABSTRACT..... | XVIII |
| PRESENTACIÓN..... | XIX |
| CAPÍTULO I:..... | 1 |
| MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 Introducción..... | 1 |
| 1.2 La Cuenca Oriente..... | 1 |
| 1.2.1 Breve Reseña Histórica..... | 1 |
| 1.2.2 Descripción General y Ubicación Geográfica..... | 2 |
| 1.2.3 Descripción Geológica..... | 4 |
| 1.2.3.1 Formación Indiferenciada..... | 5 |
| 1.2.3.2 Formación Chalcana..... | 5 |
| 1.2.3.3 Formación Orteguzza..... | 5 |
| 1.2.3.4 Formación Tiyuyacu..... | 6 |
| 1.2.3.5 Formación Tena..... | 6 |
| 1.2.3.6 Formación Napo..... | 6 |

| | | |
|-------------------------------------|---|-----------|
| 1.2.3.7 | Formación Hollín | 7 |
| 1.3 | Bloque 61..... | 7 |
| 1.3.1 | Breve Reseña Histórica | 7 |
| 1.3.2 | Descripción General y Ubicación Geográfica | 8 |
| 1.3.3 | Asignación de Contrato Shaya | 11 |
| 1.3.4 | Pozos del Bloque 61 | 11 |
| 1.4 | Tipos de Pozos Direccionales | 13 |
| 1.4.1 | Pozos Tipo “S” | 14 |
| 1.4.2 | Pozos Tipo “J Modificado” | 14 |
| 1.4.3 | Pozos Tipo “J HD” | 15 |
| 1.5 | Diseño de la perforación en la sección intermedia de 12 ¼” | 15 |
| 1.5.1 | Formaciones a atravesar | 15 |
| 1.5.2 | Fluido de Perforación | 16 |
| 1.5.2.1 | Propiedades de los Fluidos de Perforación | 17 |
| 1.5.3 | Sarta de Perforación | 19 |
| 1.5.4 | Tubería de Perforación | 20 |
| 1.5.5 | Ensamblaje de Fondo | 20 |
| 1.5.5.1 | Componentes del BHA | 20 |
| 1.5.5.2 | Elementos de Desviación | 22 |
| 1.5.5.3 | Herramientas en Tiempo Real | 23 |
| 1.5.5.4 | Perforación Direccional | 24 |
| 1.5.6 | Brocas de perforación | 25 |
| 1.5.6.1 | Broca de cortadores fijos | 26 |
| 1.5.6.2 | Parámetros de perforación | 27 |
| 1.5.7 | Tubería de Revestimiento de 9 5/8” | 28 |
| 1.5.7.1 | Propiedades de la Tubería de Revestimiento | 28 |
| 1.5.7.2 | Criterios para el Diseño de Revestidores | 29 |
| 1.5.8 | Cementación | 29 |
| 1.5.8.1 | Tipos de Lechada | 30 |
| 1.5.9 | Curva de Tiempos | 31 |
| 1.5.9.1 | Tiempos Planos | 31 |
| 1.5.9.2 | Tiempos de Perforación | 32 |
| 1.5.9.3 | Tiempos Productivos | 32 |
| 1.5.9.4 | Tiempos No Productivos | 32 |
| CAPÍTULO II:..... | | 33 |
| DESARROLLO METODOLÓGICO..... | | 33 |
| 2.1 | Introducción..... | 33 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.2 | Metodología del Estudio | 33 |
| 2.3 | Análisis de Tiempos | 34 |
| 2.3.1 | Pozos Tipo “S” | 36 |
| 2.3.2 | Pozos Tipo “J HD” | 37 |
| 2.3.3 | Pozos Tipo “J Modificado” | 39 |
| 2.4 | Selección de Pozos | 40 |
| 2.4.1 | Pozos Seleccionados Tipo “S” | 40 |
| 2.4.2 | Pozos Seleccionados Tipo “J HD” | 42 |
| 2.4.3 | Pozos Seleccionados Tipo “J Modificado” | 43 |
| CAPÍTULO III | | 45 |
| ANÁLISIS TÉCNICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | | 45 |
| 3.1 | Introducción | 45 |
| 3.2 | Pozos Tipo “S” | 45 |
| 3.2.1 | Análisis e interpretación Litológica | 46 |
| 3.2.1.1 | Profundidad MD | 46 |
| 3.2.2 | Análisis e interpretación de Fluidos de Perforación | 47 |
| 3.2.2.1 | Densidad | 48 |
| 3.2.2.2 | Viscosidad Plástica y Punto Cedencia | 49 |
| 3.2.2.3 | Geles | 50 |
| 3.2.2.4 | pH | 50 |
| 3.2.3 | Análisis e interpretación de Ensamblaje de Fondo | 51 |
| 3.2.4 | Análisis e interpretación de Parámetros de Perforación | 53 |
| 3.2.5 | Análisis e interpretación de Brocas | 55 |
| 3.2.6 | Análisis e interpretación de Corrida de Casing de 9 5/8” | 57 |
| 3.2.7 | Análisis e interpretación de la Cementación | 59 |
| 3.2.8 | Análisis e interpretación de Análisis de tiempos | 61 |
| 3.2.8.1 | Tiempo de Perforación y Tiempos Planos | 63 |
| 3.2.8.2 | Tiempos Productivos y No Productivos | 64 |
| 3.3 | Pozos Tipo “J HD” | 65 |
| 3.3.1 | Análisis e interpretación Litológica en MD | 66 |
| 3.3.1.1 | Profundidad MD | 66 |
| 3.3.2 | Análisis e interpretación de Fluidos de perforación | 67 |
| 3.3.2.1 | Densidad | 68 |
| 3.3.2.2 | Viscosidad Plástica y Punto Cedente | 69 |
| 3.3.2.3 | pH | 69 |
| 3.3.2.4 | Geles | 70 |

| | | |
|--|--|------------|
| 3.3.3 | Análisis e interpretación Ensamblaje de Fondo | 71 |
| 3.3.4 | Análisis e interpretación de Parámetros de Perforación | 72 |
| 3.3.5 | Análisis e interpretación de Brocas..... | 74 |
| 3.3.6 | Análisis e interpretación de Corrida de Casing de 9 5/8” | 76 |
| 3.3.7 | Análisis e interpretación de la Cementación..... | 77 |
| 3.3.8 | Análisis e interpretación de Análisis de tiempos | 78 |
| 3.3.8.1 | Tiempo de Perforación y Tiempos Planos | 80 |
| 3.3.8.2 | Tiempos Productivos y No Productivos | 81 |
| 3.4 | Pozos Tipo “J Modificado” | 83 |
| 3.4.1 | Análisis e interpretación Litológica | 83 |
| 3.4.1.1 | Profundidad MD | 83 |
| 3.4.2 | Análisis e interpretación de Fluidos de perforación | 85 |
| 3.4.2.1 | Densidad | 85 |
| 3.4.2.2 | Viscosidad Plástica y Punto Cedente..... | 86 |
| 3.4.2.3 | Geles | 87 |
| 3.4.2.4 | pH..... | 87 |
| 3.4.3 | Análisis e interpretación Ensamblaje de Fondo | 88 |
| 3.4.4 | Análisis e interpretación de Parámetros de Perforación | 90 |
| 3.4.5 | Análisis e interpretación de Brocas..... | 91 |
| 3.4.6 | Análisis e interpretación de Corrida de Casing de 9 5/8” | 93 |
| 3.4.7 | Análisis e interpretación de la Cementación..... | 94 |
| 3.4.8 | Análisis e interpretación de Análisis de tiempos | 96 |
| 3.4.8.1 | Tiempo de Perforación y Tiempos Planos | 97 |
| 3.4.8.2 | Tiempos Productivos y No Productivos | 98 |
| 3.5 | Resultados del Análisis Comparativo..... | 100 |
| CAPÍTULO IV: | | 102 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 102 |
| 4.1 | Conclusiones..... | 102 |
| 4.2 | Recomendaciones..... | 103 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 106 |
| ANEXOS | | 108 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1. Mapa de los Bloques Petroleros de la Cuenca Oriente | 3 |
| Figura 1.2. Columna tectono estratigráfica de la Cuenca Oriente | 4 |
| Figura 1.3. Ubicación y Mapa Estructural del Bloque 61 | 9 |
| Figura 1.4. Campos del Bloque 61 | 10 |
| Figura 1.5. Estructura de los Pozos Tipo “S”. | 14 |
| Figura 1.6. Estructura de los Pozos Tipo “J Modificado”. | 15 |
| Figura 1.7. Estructura de los Pozos Tipo “J HD”. | 15 |
| Figura 1.8. Esquema Mecánico de un pozo Tipo “J HD” en el Bloque 61 | 16 |
| Figura 1.9. BHA de construcción, pendular y para mantener ángulo. | 24 |
| Figura 1.10. Partes de la broca de cortadores fijos o PDC | 26 |
| Figura 1.11. Ejemplo de Cementación del Casing de 9 5/8” | 30 |
| Figura 1.12. Ejemplo de Curva de Tiempos de un pozo del Bloque 61. | 31 |
| Figura 2.1. Clasificación de los pozos | 35 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 1.1. Estructura de los Pozos Tipo J Modificado | 13 |
| Gráfica 1.2. Componentes de la Sarta de Perforación..... | 19 |
| Gráfica 2.1. Relación de pozos perforados Tipo “S” en el Bloque 61..... | 36 |
| Gráfica 2.2. Comparación de los Tiempos Totales en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”..... | 36 |
| Gráfica 2.3. Relación de pozos perforados Tipo “J HD” en el Bloque 61. | 37 |
| Gráfica 2.4. Comparación de los Tiempos Totales en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 38 |
| Gráfica 2.5. Relación de pozos perforados Tipo “J Modificado” en el Bloque 61..... | 39 |
| Gráfica 2.6. Comparación de los Tiempos Totales en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” | 39 |
| Gráfica 2.7. Tiempo total de la sección 12 ¼ vs la profundidad total de la sección 12 ¼ en los Pozos Tipo “S”..... | 41 |
| Gráfica 2.8. Tiempo total de la sección 12 ¼ vs la profundidad total de la sección 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 42 |

| | |
|---|----|
| Gráfica 2.9. Tiempo total de la sección 12 ¼ vs la profundidad total de la sección 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado” | 43 |
| Gráfica 3.1. Profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4” en los Pozos Tipo “S” | 46 |
| Gráfica 3.2. Comparación de las Viscosidades Plásticas y los Puntos de Cedencia utilizadas en la perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "S" | 49 |
| Gráfica 3.3. Comparación de los Geles utilizados en la perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "S" | 50 |
| Gráfica 3.4. Comparación de los pH durante la perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "S" | 51 |
| Gráfica 3.5. Comparación de los ROP Promedio durante la perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "S" | 54 |
| Gráfica 3.6. Comparación de los Desgastes en las brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo “S” | 55 |
| Gráfica 3.7. Comparación de las Lechadas Lead y Tail utilizadas durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los pozos Tipo “S”. | 60 |
| Gráfica 3.8. Comparación de los Tiempos Totales de la Perforación y Pies Perforados en la Sección Intermedia de 12 ¼” de los Pozos Tipo “S” | 62 |
| Gráfica 3.9. Comparación de los tiempos de perforación y tiempos planos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S” | 63 |
| Gráfica 3.10. Comparación de los tiempos productivos y no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo “S” | 64 |
| Gráfica 3.11. Profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4” en los Pozos Tipo “J HD” | 67 |
| Gráfica 3.12. Comparación de las Viscosidades Plásticas y los Puntos de Cedencia utilizadas en la perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "J HD" | 69 |
| Gráfica 3.13. Comparación de los pH durante la perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "J HD" | 70 |
| Gráfica 3.14. Comparación de los Geles utilizados en la perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "J HD" | 70 |
| Gráfica 3.15. Comparación de los Parámetros de Perforación de la Sección 12 1/4” en los Pozos Tipo "J HD" | 73 |
| Gráfica 3.16. Comparación de los Desgastes en las brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo “J HD” | 74 |
| Gráfica 3.17. Comparación de las Lechadas Lead y Tail utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo “J HD” | 78 |

| | |
|--|----|
| Gráfica 3.18. Comparación de los Tiempos Totales de la Perforación y Pies Perforados en la Sección Intermedia de 12 ¼" de los Pozos Tipo "J HD" | 79 |
| Gráfica 3.19. Comparación de los tiempos de perforación y tiempos planos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "J HD" | 81 |
| Gráfica 3.20. Comparación de los tiempos productivos y no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J HD" | 81 |
| Gráfica 3.21. Profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4" en los Pozos Tipo " J Modificado" | 84 |
| Gráfica 3.22. Comparación de las Viscosidades Plásticas y los Puntos de Cedencia utilizadas en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado" | 86 |
| Gráfica 3.23. Comparación de los Geles utilizados en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado" | 87 |
| Gráfica 3.24. Comparación de los pH durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado" | 88 |
| Gráfica 3.25. Comparación de los ROP Promedio durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado" | 90 |
| Gráfica 3.26. Comparación de los Desgastes en las brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J Modificado" | 91 |
| Gráfica 3.27. Comparación de las Lechadas Lead y Tail utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J Modificado" | 95 |
| Gráfica 3.28. Comparación de los Tiempos Totales de la Perforación y Pies Perforados en la Sección Intermedia de 12 ¼" de los Pozos Tipo "J Modificado" | 97 |
| Gráfica 3.29. Comparación de los tiempos de perforación y tiempos planos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J Modificado" | 98 |
| Gráfica 3.30 Comparación de los tiempos productivos y no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J Modificado" | 98 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1. Pozos perforados en el Bloque 61 por perfiles direccionales, campos y zonas | 12 |
| Tabla 1.2. Ejemplo de Casing de 9 5/8" | 29 |

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1. Número de Pozos Perforados en el Bloque 61. | 35 |
| Tabla 2.2. Pozos Seleccionados Tipo “S” | 41 |
| Tabla 2.3. Pozos Seleccionados Tipo “J HD” | 43 |
| Tabla 2.4. Pozos Seleccionados Tipo “J Modificado” | 44 |
| Tabla 3.1. Pozos Seleccionados Tipo “S” | 45 |
| Tabla 3.2. Parámetros de Fluidos de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S” | 48 |
| Tabla 3.3. Parámetros de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S” | 52 |
| Tabla 3.4. Descripción de brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S” | 56 |
| Tabla 3.5. Características de las Tuberías de Revestimiento utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S” | 58 |
| Tabla 3.6. Descripción de los Parámetros de Cementación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S” | 59 |
| Tabla 3.7. Base de tiempos durante la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S” | 61 |
| Tabla 3.8. Base de datos de las causas de Tiempos No Productivos registrados en los Pozos Tipo “S” | 65 |
| Tabla 3.9. Pozos Seleccionados Tipo “J HD” | 65 |
| Tabla 3.10. Parámetros de Fluidos de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 68 |
| Tabla 3.11. Parámetros de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 71 |
| Tabla 3.12. Descripción de brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 75 |
| Tabla 3.13. Características de las Tuberías de Revestimiento utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 76 |
| Tabla 3.14. Descripción de los Parámetros de Cementación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 77 |
| Tabla 3.15. Base de tiempos durante la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD” | 79 |
| Tabla 3.16. Base de datos de las Causas de Tiempos No Productivos registrados en los pozos tipo “J HD” | 82 |
| Tabla 3.17. Pozos Seleccionados Tipo “J Modificado” | 83 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3.18. Parámetros de Fluidos de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado” | 85 |
| Tabla 3.19. Parámetros de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado” | 89 |
| Tabla 3.20. Descripción de brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado” | 92 |
| Tabla 3.21. Características de las Tuberías de Revestimiento utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado” | 94 |
| Tabla 3.22. Descripción de los Parámetros de Cementación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado” | 94 |
| Tabla 3.23. Base de tiempos durante la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado” | 98 |
| Tabla 3.24. Base de datos de las causas de Tiempos No Productivos registrados en los pozos tipo “J Modificado” | 99 |
| Tabla 3.25. Resultados obtenidos | 100 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo I Clasificación de las brocas por su desgaste | 109 |
| Anexo II Base de datos para el análisis de tiempos de los pozos tipo “S” | 111 |
| Anexo III Base de datos para el análisis de tiempos de los pozos tipo “J HD” | 113 |
| Anexo IV Base de datos para el análisis de tiempos de los pozos tipo “J Modificado” ... | 115 |
| Anexo V Descripción estratigráfica de los pozos tipo “S” | 117 |
| Anexo VI BHA utilizados en la perforación de la sección intermedia de 12 ¼” en los pozos tipo “S” | 119 |
| Anexo VII Descripción estratigráfica de los pozos tipo “J HD” | 123 |
| Anexo VIII BHA utilizados en la perforación de la sección intermedia de 12 ¼” en los pozos tipo “J HD” | 125 |
| Anexo IX Descripción estratigráfica de los pozos tipo “J Modificado” | 128 |
| Anexo X BHA utilizados en la perforación de la sección intermedia de 12 ¼” en los pozos tipo “J Modificado” | 130 |

SIGLAS

BHA: Bottom Hole Assembly

BOP: Blow Out Preventer

DC: Drill Collar

DP: Drill Pipe

HWDP: Heavy Weight Drill Pipe

KOP: Kick Of Point

LWD: Logging While Drilling

MD: Measure Depth

MWD: Measurement While Drilling

NPT: Non Productive Time

PT: Productive Time

PV: Plastic Viscosity

ROP: Rate of Penetration

RPM: Revoluciones por minuto

TD: Total Depth

TVD: Total Vertical Depth

WOB: Weigh on bit

YP: Yield Point

TFA: Total Flow Area

HS I: Horse Power per Square Inches

CSG: Casing

API: American Petroleum Institute

HD: High Displacement

SIMBOLOGÍA

| Símbolo | Significado | Dimensión |
|----------------|--|------------------|
| Bbl/día | Barriles por día | L^3T^{-1} |
| BFPD | Barriles fiscales por día | L^3T^{-1} |
| BPPD | Barriles de petróleo por día | L^3T^{-1} |
| Cp | Centipoise | $ML^{-1}T^{-1}$ |
| Ft | Pies | L |
| gpm | Galones por minuto | L^3T^{-1} |
| Lbs/gal | Libras sobre galón | ML^{-3} |
| M | Metro | L |
| MMBPPD | Millones de barriles de petróleo por día | $MM L^3T^{-1}$ |
| psi | Libra fuerza por pulgada cuadrada | MLT^{-2} |
| Km | Kilómetro | L |
| M | metro | L |
| lbm | Libra masa | M |
| bbl, bbls | Barriles | L^3 |
| lbf | Libra Fuerza | M |
| pph | Pie por Hora | LT |

RESUMEN

La Sección Intermedia de 12 ¼” es la sección que presenta mayores inconvenientes durante la perforación por: viajes complicados, mala limpieza del hueco, intercalación de diferentes litologías, presencia de conglomerados y dificultades direccionales todas estas características la han convertido en un desafío durante la perforación hasta el día de hoy.

Es por esta razón que este trabajo aborda la necesidad de realizar el análisis comparativo de los tiempos de perforación en la Sección Intermedia de 12 ¼” de los pozos seleccionados del Bloque 61, clasificados en dos grupos: Grupo 1 (2013 – 2015) y el Grupo 2 (2016 – 2017).

Los pozos fueron organizados según criterios como: perfil direccional (pozos tipo “S”, “J HD” y “J Modificado”), tiempo y zonas, donde se determinó que los tiempos de perforación se reducen en el Grupo 2.

Para lo cual se realizó una base de datos y se diseñó cuadros, matrices comparativas de: parámetros de fluido de perforación, parámetros de perforación, brocas, corrida de casing, cementación y tiempos de los pozos seleccionados.

Posteriormente se identificó prácticas, procesos y tecnología que han sido aplicados a través del tiempo para la disminución de los tiempos de perforación en la Sección Intermedia de 12 ¼”.

Finalmente se analizó el rendimiento operativo en los pozos del Grupos 1 y 2 del Bloque 61.

Palabras claves: Bloque 61, sección intermedia de 12 ¼”, análisis comparativo, prácticas operativas.

ABSTRACT

The Intermediate Section of 12 ¼" is the section that presents major inconveniences during drilling due to: complicated trips, poor cleaning of the hole, intercalation of different lithologies, presence of conglomerates and directional difficulties all these characteristics have made it a challenge during the drilling to this day.

It is for this reason that this thesis needs to perform the comparative analysis of drilling times in the Intermediate Section of 12 ¼" of the selected wells of Block 61, classified into two groups: Group 1 (2013 - 2015) and the Group 2 (2016 - 2017).

The wells were organized according to criteria such as: directional profile (wells type "S", "J HD" and "J Modified"), time and zones, where it was determined that drilling times are reduced in Group 2.

For which a database was made and tables were designed, comparative matrices of: drilling fluid parameters, drilling parameters, bits, casing run, cementation and drilling times.

Subsequently, practices, processes and technology were identified that have been applied over time to reduce drilling times in the Intermediate Section of 12 ¼".

Finally, the operational performance in the wells of Groups 1 and 2 of Block 61 was analyzed.

Keywords: Block 61, 12 ¼" intermediate section, comparative analysis. operational practices

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo comparar las prácticas operativas, procesos y tecnología que se empleó antes, durante y después del año 2016, durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼ en los pozos tipo “S”, “J HD”, y “J Modificado” del Bloque 61, los cuales permitieron optimizar los tiempos de perforación.

Este trabajo está conformado de 4 capítulos:

Capítulo I, se describió las principales características de la Cuenca Oriente del Ecuador y del Bloque 61, poniendo énfasis en la reseña histórica, geología y geografía, en la cual se detalla la ubicación geográfica, campos, geología de los campos, columna estratigráfica, asignación del contrato Shaya, tipos de pozos a estudiar, pozos perforados durante los periodos establecidos y el diseño de perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”.

Capítulo II, abordó la necesidad de realizar un análisis comparativo de los tiempos de perforación de los pozos seleccionados, clasificados en grupos según criterios como: perfil direccional, tiempo y zonas, para posteriormente determinar las causas principales de la disminución o incremento en los tiempos de perforación de la sección intermedia de 12 ¼ de los pozos del Bloque 61.

Capítulo III, se identificó las prácticas, procesos y tecnología utilizados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”, desde que inicia la perforación, corrida de casing de 9 5/8” y cementación de la sección.

Capítulo IV, se establecieron las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al finalizar el análisis comparativo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

Para el desarrollo del estudio es pertinente describir las principales características de la Cuenca Oriente del Ecuador y del Bloque 61, poniendo énfasis en la reseña histórica, geología, geografía, columna estratigráfica, asignación del contrato Shaya, tipos de pozos a estudiar, pozos perforados durante los periodos establecidos y el diseño de perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4”.

Durante el proceso de perforación, es fundamental conocer todas las operaciones involucradas desde la geología, perforación hasta la cementación de esa manera se obtiene un trabajo eficiente y seguro.

1.2 La Cuenca Oriente

1.2.1 Breve Reseña Histórica

La exploración de la Cuenca Oriente del Ecuador empieza desde inicios de los años sesenta hasta los años setenta, en la cual se realizaron los mayores descubrimientos de reservas de crudo de toda la historia ecuatoriana, dicha etapa se la conoce como el Boom Petrolero Ecuatoriano. La actividad exploratoria del Consorcio Texaco Gulf marco el inicio de la época petrolera en el país.

El Estado ecuatoriano en 1964 entregó al consorcio integrado por Texaco y Gulf un área de aproximadamente un millón cuatrocientas mil hectáreas, por un período de hasta 58 años. Texaco, como operadora del Consorcio Texaco-Gulf, inició su tarea exploratoria en la Cuenca Oriente, con campañas de geología que consistían en mapeo geológico con levantamiento de columnas estratigráficas.

Como resultado de la interpretación sísmica, Texaco detectó varias estructuras como: Lago Agrio, Sacha, Shushufindi, Auca y Cononaco. Se decidió perforar en 1967 el Lago Agrio 1 para comprobar la existencia de hidrocarburos, dicho pozo tuvo una profundidad de 10175 [pies] con 2955 [BPPD] de 29 °API, el objetivo principal fue la Formación Hollín y los objetivos secundarios fueron la Arenisca “T”, Arenisca “U” y Basal Tena.

Una vez que se confirmó la Cuenca Oriente como un sistema petrolífero activo, el Consorcio Texaco-Gulf y posteriormente el Consorcio CEPE-Texaco desarrolló una intensa campaña de perforación exploratoria entre los años 1967 y 1973 en la cual se descubrieron alrededor de 5000 millones de barriles.

La Cuenca Oriente posee un acumulado de crudo original en sitio de 33000 millones de barriles de petróleo, el cual está distribuido en 125 campos (Baby et al, 2014).

1.2.2 Descripción General y Ubicación Geográfica

La Cuenca Oriente del Ecuador está localizada en la región Amazónica, al Este de los Andes Ecuatorianos formando parte de la región que incluye a las Cuencas de Putumayo por el norte y Marañon hacía el sur. Presenta una superficie aproximada de 135 000 [km²] con 8,6 mil millones de barriles de reservas originales (Baby et al, 2014).

Las actividades de exploración petrolera en la Cuenca Oriente, especialmente durante los últimos 15 años, han proporcionado extensa información geológica y geofísica, la misma que ha ayudado con la localización y perforación de pozos petroleros.

La Cuenca Oriente fue dividida en alrededor de 70 bloques, siendo cada uno de ellos adjudicados a diferentes compañías. (Secretaría de Hidrocarburos, 2017), como se observa en la Figura 1.1.

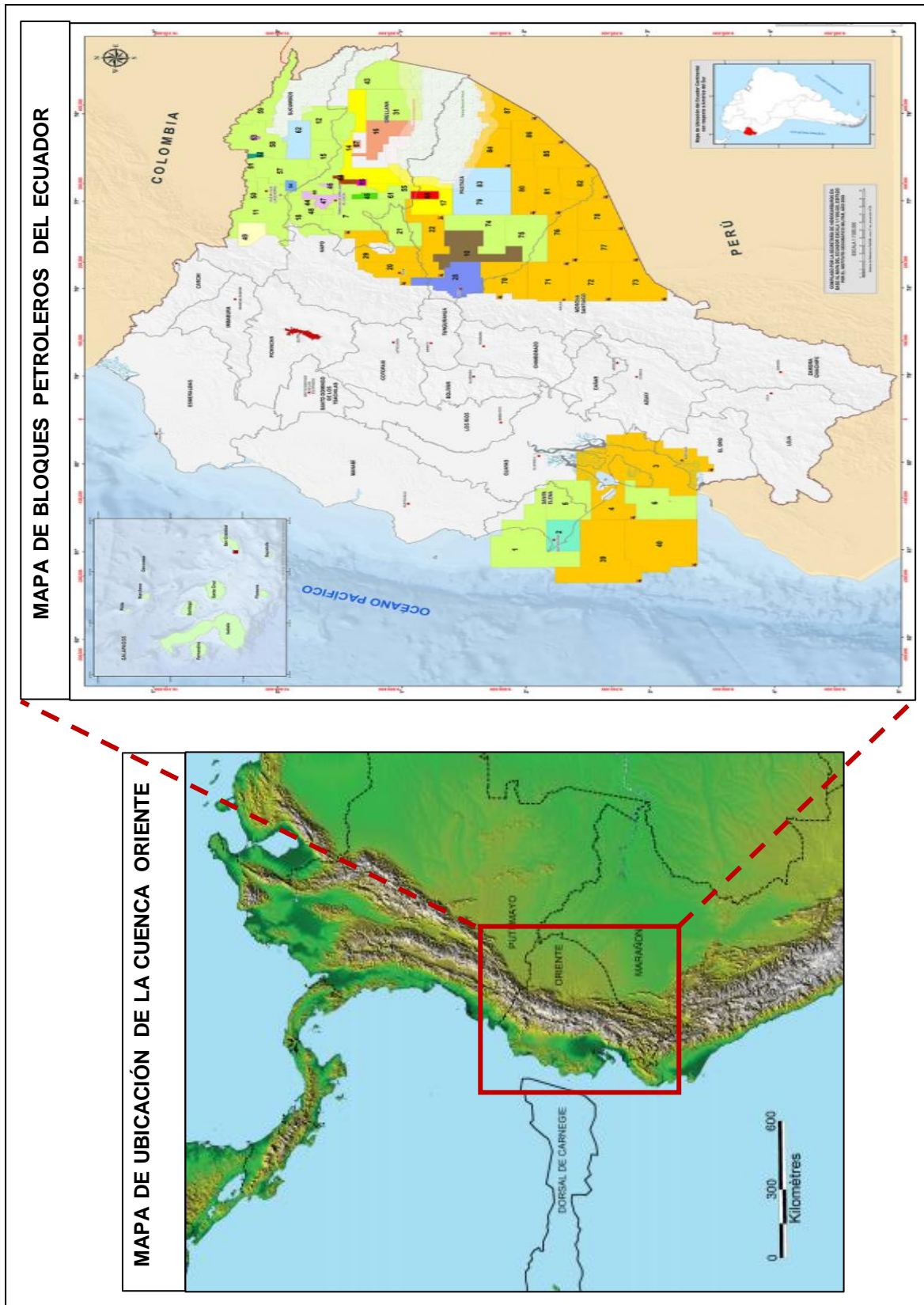


Figura 1.1. Mapa de los Bloques Petroleros de la Cuenca Oriente
Fuente: Baby et al, 2014 y Secretaría de Hidrocarburos, 2017
Modificado: Corrales, 2019

1.2.3 Descripción Geológica

En la Figura 1.2 se describen las diferentes formaciones que presenta la Cuenca Oriente del Ecuador.

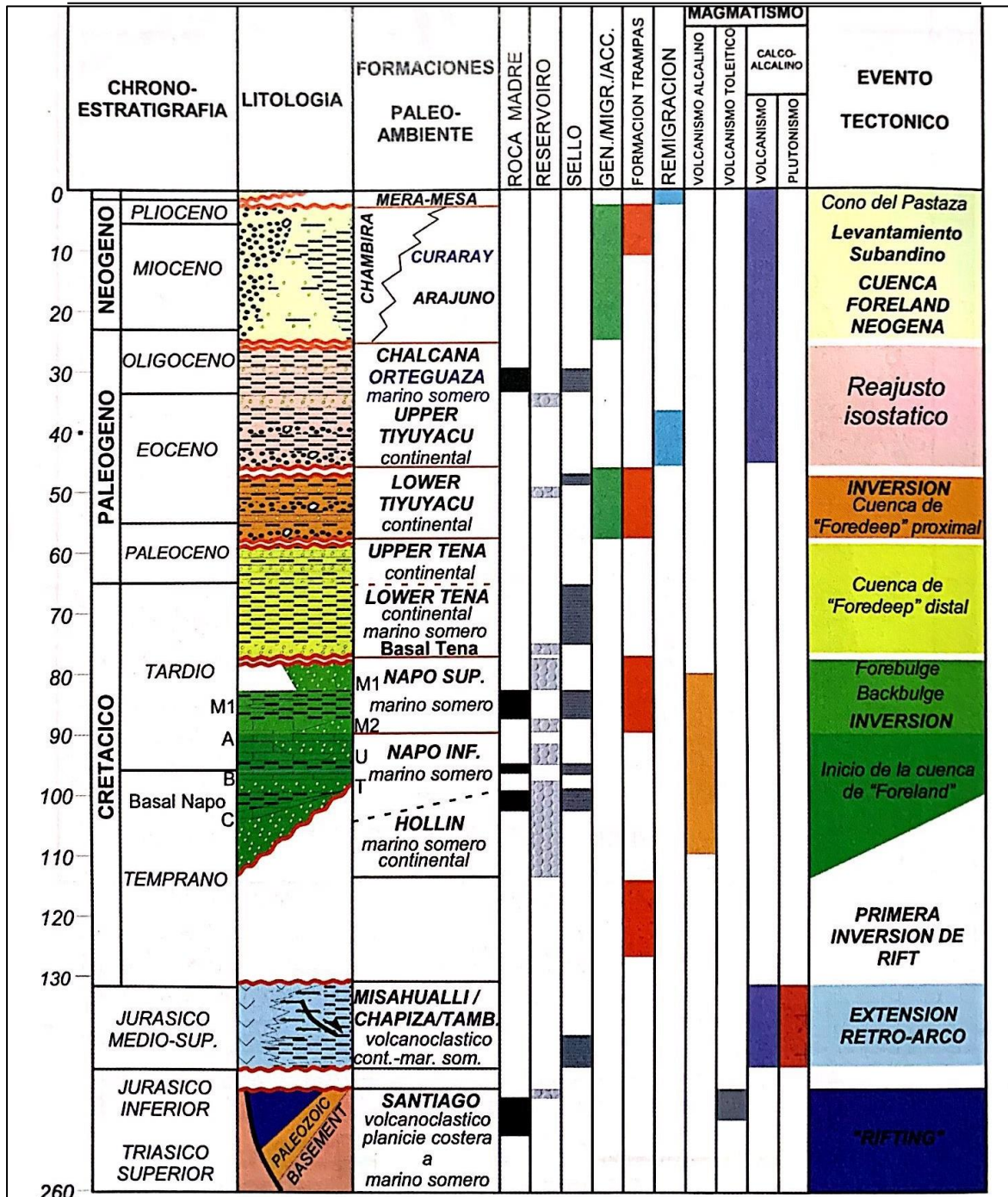


Figura 1.2. Columna tectono estratigráfica de la Cuenca Oriente

Fuente: Baby et al, 2014

Modificado: Corrales, 2019

1.2.3.1 Formación Indiferenciada

Para el desarrollo de este estudio, la formación Indiferenciada está constituida por las formaciones Arajuno, Chambira, Curaray y Mera, las cuales se detallan a continuación:

La formación Arajuno está compuesta principalmente por areniscas e intercalación de conglomerados.

La formación Chambira está formada de conglomerados con intercalaciones de arcilla tobáceas y arenisca fina

La formación Curaray se compone de areniscas con estructura de mareas, en las cuales se ha encontrado fauna como tortugas marinas y cocodrilos.

La formación Mera está conformada por arcillas y areniscas tobáceas, con horizontes de conglomerados gruesos con estratificación cruzada de Tipo torrencial (Baby et al, 2014).

1.2.3.2 Formación Chalcana

La formación Chalcana está conformada por arcillolitas con intercalaciones de limolitas, anhidritas, areniscas y algunos carbones. La formación Chalcana está dividida en Chalcana Superior e Inferior.

Chalcana Superior está conformado de arcillolitas y limonitas, areniscas y algunos cuerpos de carbones, intercalados con finos lentes de arenisca fina.

Chalcana Inferior está conformada por arcillolitas y limonita, anhidritas, areniscas intercalados con finos lentes de arenisca finas (Baby et al, 2014).

1.2.3.3 Formación Orteguaza

La formación Orteguaza está formada por depósitos marinos y se compone de lutitas en parte arenosas, verdosas, endurecidas, intercaladas con bancos de areniscas medias a gruesas y areniscas conglomeraticas al tope de la formación.

La base de la sección está representada por areniscas gruesas glauconíticas sin estructura sedimentaria, las cuales se desarrollan unos 10 [metros] de lutitas verdes compactas (Baby et al, 2014).

1.2.3.4 Formación Tiyuyacu

La formación Tiyuyacu es de origen fluvial formada por conglomerados con intercalaciones de areniscas y limonitas con areniscas. La formación Tiyuyacu está dividida en Tiyuyacu Superior e Inferior.

Tiyuyacu Inferior se encuentra constituida principalmente por conglomerados en menor proporción de areniscas gruesas y arcillolitas. Los conglomerados contienen un 90% de lutitas rojizos y angulosos y 10% de cuarzos lechozos y rocas metamórficas.

Tiyuyacu Superior se encuentra constituida mayormente por conglomerados y en menor proporción por areniscas y arcillolitas (Baby et al, 2014).

1.2.3.5 Formación Tena

Esta formación netamente arcillosa presenta algunas intercalaciones de limolitas y en ocasiones algunas calizas. Se encuentran presentes intercalaciones de areniscas, conglomerados en su base y delgadas intercalaciones de lutitas verde y café.

La arenisca “Basal Tena” se ubica sobre el tope de la Formación Napo, tiene espesores con rangos de 1 a 22 [pies] (Baby et al, 2014).

1.2.3.6 Formación Napo

La Formación Napo está conformada por: las Areniscas “T” y “U”, las Calizas “M1” y “M2”, y las Calizas “A” y “B”, las cuales se detallan a continuación:

La Arenisca “T” tiene un origen marino, formado por una sucesión de calizas, limonitas y lutitas. Está conformado por dos paquetes arenosos: “T” Superior y “T” Inferior. “T” Inferior está formada por lutitas que sellan la Formación Hollín y por arenisca gris claro de grano fino a medio, cuarzo sub-angular a sub redondeada con un espesor de 30 a 110 [pies]. “T” Superior está formada por arenisca gris claro, café claro translúcida de grano fino a medio, cuarzo con un espesor de 60 a 145 [pies].

La Arenisca “U” tiene un origen marino, formado por una sucesión de calizas, limonitas y lutitas. Está conformado por dos paquetes arenosos: “U” Superior, “U” Media y “U”

Inferior. “U” Inferior está formada por arenisca gris claro, blanca, de grano fino a medio con un espesor de 10 a 100 [pies]. “U” Media está formado por arenisca gris claro, de grano fino, puede contener cemento calcáreo e inclusiones de glauconita. “U” Superior está formado por arenisca cuarcoza de grano fino a medio con un espesor de 60 a 140 [pies].

Las calizas “M1” se caracterizan por ser de color crema moteada con gris, dura a moderadamente dura, ocasionalmente suave.

Las calizas “M2” se caracterizan por ser de color gris claro, moderadamente dura a dura, ocasionalmente suave.

Las calizas “A” se caracterizan por ser de color crema, gris oscuro, moderadamente dura a dura, ocasionalmente suave, asociada con glauconita.

Las calizas “B” se caracterizan por ser de color gris oscuro, firme a moderadamente dura (Baby et al, 2014).

1.2.3.7 Formación Hollín

Las areniscas de la Formación Hollín principal, se han documentado extensivamente en la Cuenca del Oriente tanto en afloramientos como en el subsuelo. La sección superior de la Formación Hollín, consiste de areniscas glauconíticas, lutitas y calizas (Baby et al, 2014).

1.3 Bloque 61

1.3.1 Breve Reseña Histórica

El Bloque 61 fue el primer campo descubierto por la empresa Texaco el 16 de febrero de 1970. A través de datos sísmicos se descubrió el pozo Auca-1 el cual tuvo una profundidad de 10578 [pies] produciendo 3030 [BPPD] (Schlumberger, 2015).

Durante los 40 años siguientes el Bloque 61 fue operado por diversas empresas empezando con CEPE que evolucionó a Petroecuador con su filial Petroproducción y EP Petroecuador con su Gerencia de Exploración y Producción, pasando estas 2 gerencias

en el 2006 a manos de Petroamazonas; constituyéndose Petroamazonas EP como una Empresa Pública de Exploración y Explotación de Hidrocarburos en el año 2008, la misma que a partir del 2013 se convirtió en la única empresa estatal ecuatoriana a cargo de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos (Baby et al, 2014).

El 14 de diciembre del 2015 Petroamazonas EP firma un contrato para la prestación de servicios específicos con financiamiento con la empresa Shaya Ecuador S.A. que es la filial en el país de la empresa multinacional Schlumberger. Dicho contrato se hizo efectivo el 1 de junio del 2016 y ha sido la empresa prestadora de servicios para el bloque hasta el día de hoy (El Telégrafo, 2015).

1.3.2 Descripción General y Ubicación Geográfica

El Bloque 61 también conocido como Campo Auca se encuentra en la provincia de Orellana, al este de la Región Amazónica. Es un anticlinal simétrico de aproximadamente 23 [km] de longitud, que se ensancha en dirección norte (Baby et al, 2014), como se observa en la Figura 1.3.

El Bloque 61 presenta una producción acumulada de 534 [MMBL] proveniente de 357 pozos distribuidos en 16 campos, con una gravedad API 18 ° – 32 °, el mecanismo de levantamiento artificial en casi todos los pozos es Bombeo Electrosumergible (Schlumberger, 2015).

El Bloque 61 está dividido geográficamente en 3 zonas:

- Zona Norte.
- Zona Centro.
- Zona Sur.

En la Figura 1.4 se detalla cada una de las zonas con sus respectivos campos.

Las principales arenas productoras del Bloque 61 son: Hollín Inferior, Hollín Superior, Arenisca “T” y “U” y como objetivo secundario la Arenisca Basal Tena.

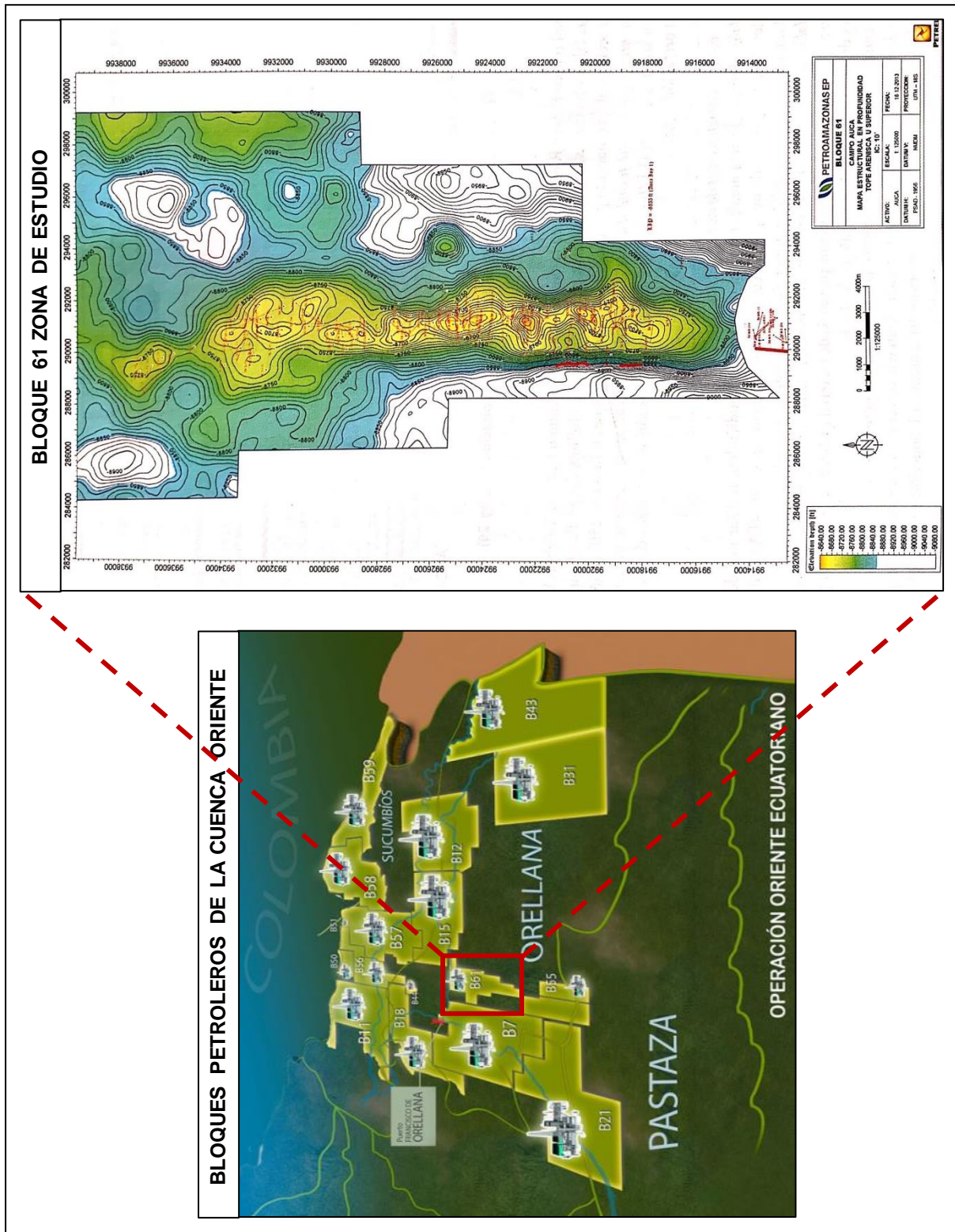


Figura 1.3. Ubicación y Mapa Estructural del Bloque 61

Fuente: Baby et al, 2014

Modificado: Corrales, 2019

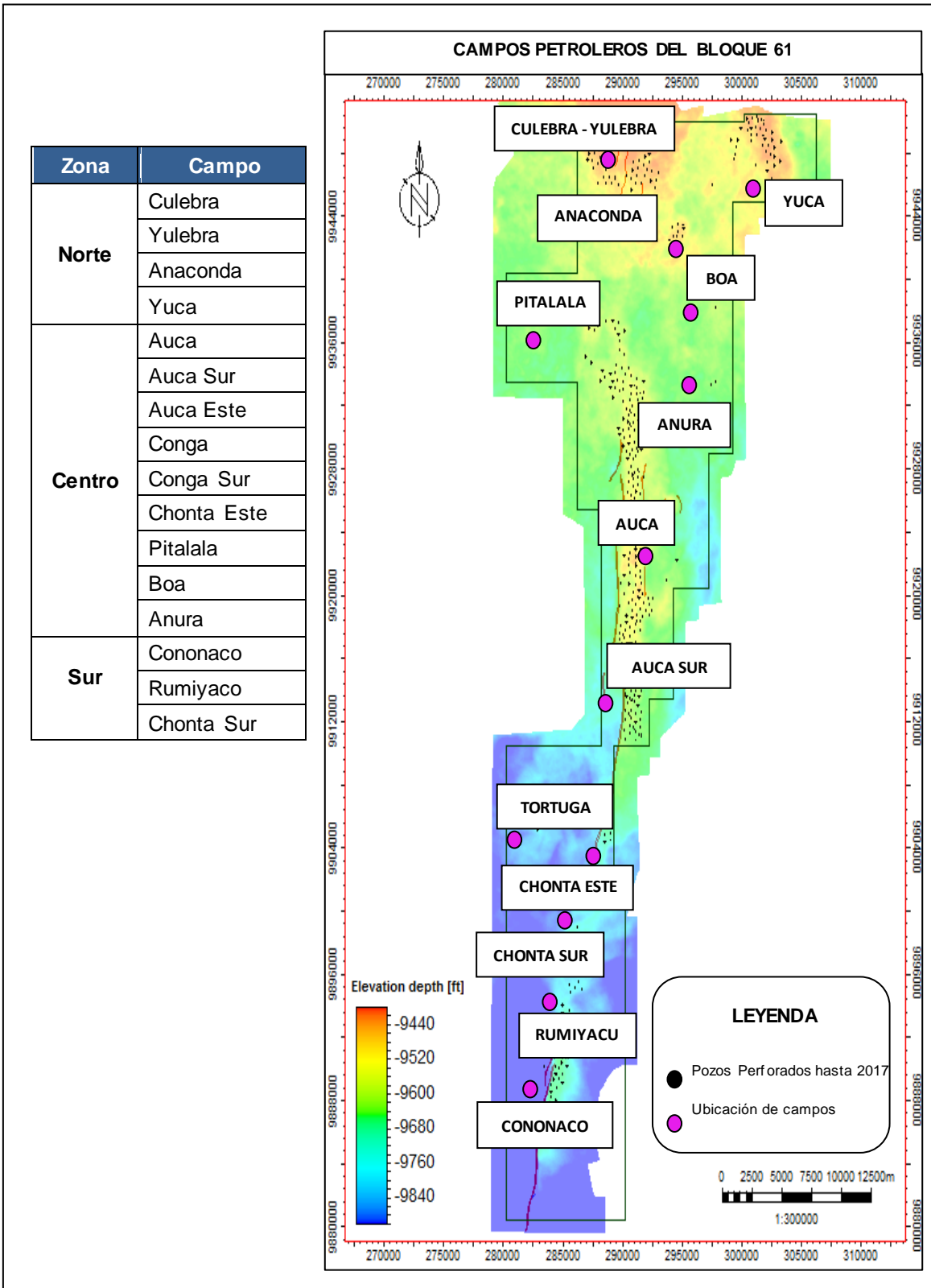


Figura 1.4. Campos del Bloque 61

Fuente: Schlumberger, 2016

Modificado: Corrales, 2019

1.3.3 Asignación de Contrato Shaya

El proyecto de Shaya Ecuador S.A inició en el año 2016 en el Ecuador. Shaya es una empresa conformada por 100% de Schlumberger, la cual provee servicios integrados con financiamiento para la ejecución de actividades de optimización de la producción, recuperación mejorada, actividades de exploración y complementarias para los campos del Bloque 61 de la Región Amazónica Ecuatoriana (El Telégrafo, 2015).

El Consorcio Shaya Ecuador está a cargo de las operaciones en los campos Auca, Cononaco, Yuca, Yulebra, Culebra, Auca Sur, Anaconda, Rumiyacu, Chonta, Anura, Conga, Conga Sur, Pitalala, Boa y Cononaco, los cuales están ubicados en el Bloque 61 (Schlumberger, 2015).

El contrato establece que Petroamazonas conserva todos los derechos sobre los campos y mantendrá su figura como operador del mismo, conservando pleno derecho sobre sus reservas en todas sus categorías, los recursos que pudieran provenir de nuevos descubrimientos en el área, transporte y la comercialización de los hidrocarburos producidos (El Telégrafo, 2015).

1.3.4 Pozos del Bloque 61

Para realizar este estudio en el Bloque 61, se identificaron 142 pozos perforados desde el 2013 hasta finales del 2017, de los cuales (ver Tabla 1.1.):

- 51 pozos fueron Tipo “S”.
- 39 pozos fueron Tipo “J Modificado”.
- 52 pozos fueron Tipo “J HD”.

Como se observa en la Tabla 1.1, se han perforado 28 pozos en el 2013, 24 pozos en el 2014, 34 pozos en el 2015, 25 pozos en el 2016 y 31 pozos en el 2017; los cuales han sido perforados por diferentes compañías operadoras como: Schlumberger, Halliburton, Petroamazonas, Weatherford, Baker Hughes, entre otros.

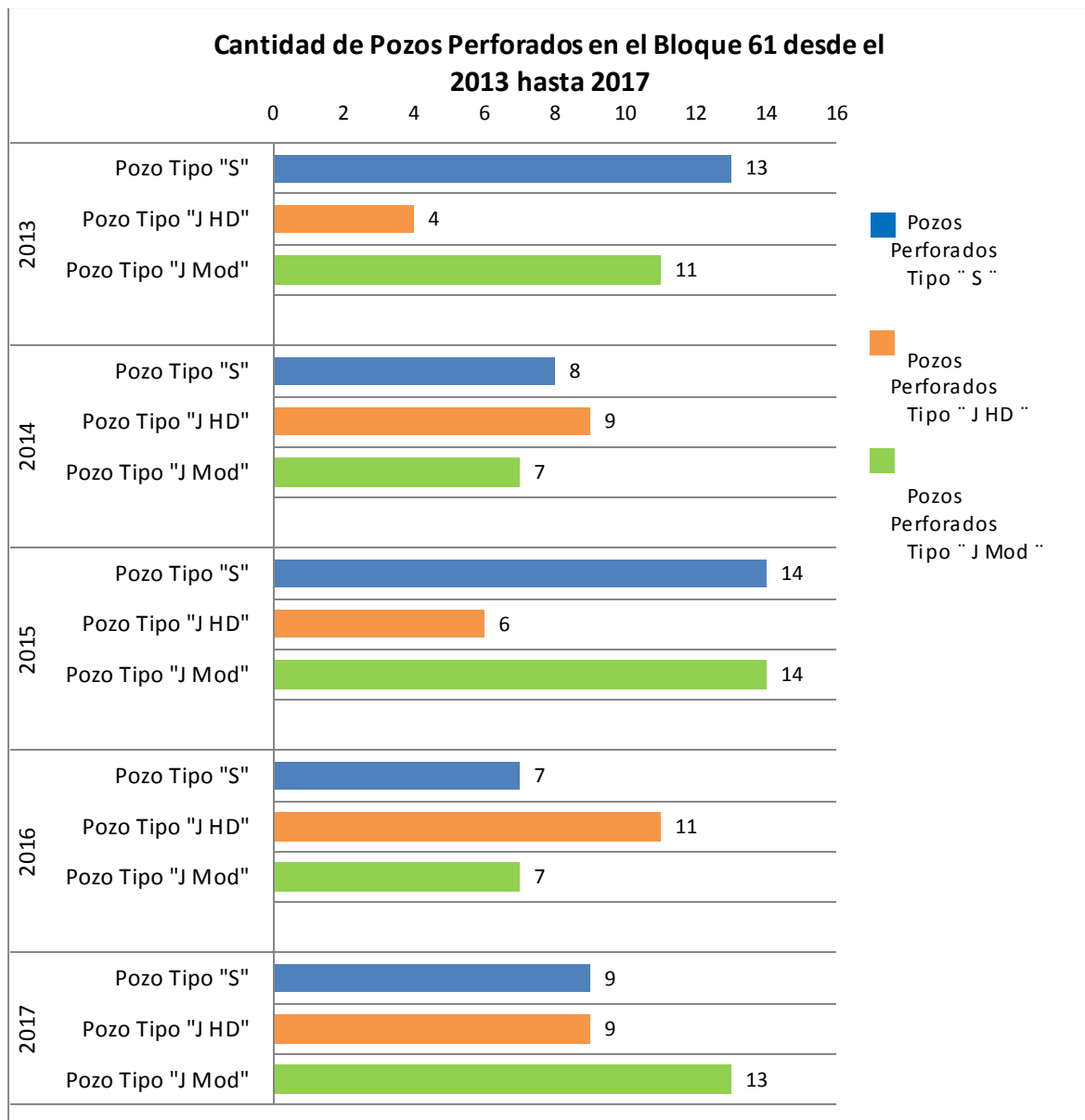
En la Gráfica 1.1 se agruparon los pozos Tipo “S”, Tipo “J HD” y Tipo “J Modificado” perforados por año.

Tabla 1.1. Pozos perforados en el Bloque 61 por perfiles direccionales, campos y zonas

| Zonas | Campos | 2013 | | | 2014 | | | 2015 | | | 2016 | | | 2017 | | | | |
|------------|-----------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---|
| | | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | Pozo Tipo "S" | Pozo Tipo "J HD" "J Mod" | |
| Norte | Culebra | | | | | | | | | | | 3 | | | | | 1 | |
| | Yulebra | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | Anaconda | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | Yuca | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| Centro | Auca | 10 | 4 | 11 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 7 | 6 | 8 | 1 | 2 | 5 | 7 | 6 | 7 |
| | Auca Sur | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 1 | 2 |
| | Auca Este | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conga | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conga Sur | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Chonta Este | 1 | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | 1 | |
| | Pitalala | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Boa | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Anura | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cononaco | 2 | | | | | | | | 4 | | 3 | | | 1 | | | |
| Rumiyacu | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chonta Sur | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | |
| | | | | | 8 | 9 | 7 | 14 | 6 | 14 | 7 | 11 | 7 | 9 | 9 | 1 | 2 | |
| | | 13 | 4 | 11 | 8 | 9 | 7 | 14 | 6 | 14 | 7 | 11 | 7 | 9 | 9 | 1 | 2 | |
| | Subtotal | 28 | | | 24 | | | 34 | | | 25 | | | 31 | | | | |
| | Total | 28 | | | 24 | | | 34 | | | 25 | | | 31 | | | | |

Fuente: Schlumberger, 2016

Modificado: Corrales, 2019



Gráfica 1.1. Estructura de los Pozos Tipo J Modificado.
Fuente: Schlumberger, 2016
Modificado: Corrales, 2019

1.4 Tipos de Pozos Direccionales

Los pozos direccionales se clasifican por la forma que toma el ángulo de inclinación; en este trabajo se estudiaron los siguientes perfiles direccionales:

- Tipo "S".
- Tipo "J Modificado".
- Tipo "J HD".

El tipo de perfil seleccionado dependerá de los objetivos geológicos y del mecanismo de producción del pozo.

1.4.1 Pozos Tipo “S”

Este tipo de perfil se caracteriza por una sección vertical hasta el punto de arranque conocido también como KOP, desde este punto el pozo es suavemente y de manera constante desviado hasta un ángulo máximo, hasta conseguir la dirección e inclinación deseada.

Una vez finalizada la sección de construcción, comienza la sección tangente hasta la sección caída angular donde el ángulo se reduce suavemente y de manera constante hasta que el pozo sea casi vertical. Por último, el ángulo y la dirección se mantienen hasta llegar a la profundidad del objetivo deseada, como se observa en la Figura 1.5.

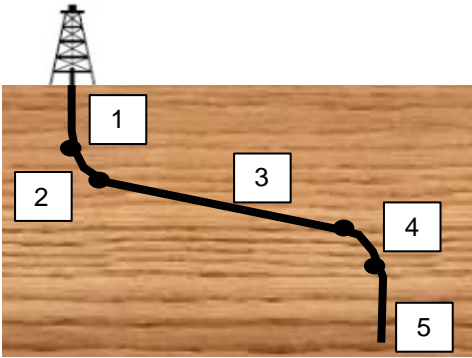
| Perfil Tipo “S” | Secciones | |
|---|-----------|---|
|  | 1 | Sección Inicial: Inclinación= 0° |
| | 2 | Sección Construcción Angular |
| | 3 | Sección Tangente: Inclinación= 0° - 10° |
| | 4 | Sección de Caída Angular |
| | 5 | Sección de Mantener Verticalidad |

Figura 1.5. Estructura de los Pozos Tipo “S”

Fuente: Santos, 2015

Modificado: Corrales, 2019

1.4.2 Pozos Tipo “J Modificado”

Este tipo de perfil se caracteriza de una sección vertical hasta el punto de arranque ubicado a una gran profundidad, siguiendo con la sección de construcción angular hasta obtener el ángulo deseado. Por ultimo continuar con la sección tangente hasta llegar a la profundidad del objetivo deseada como se observa en la Figura 1.6.

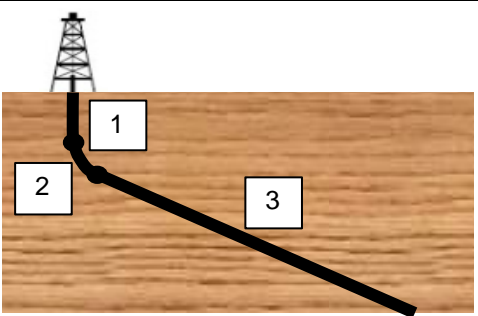
| Perfil Tipo "J Modificado" | Secciones | |
|---|-----------|---|
|  | 1 | Sección Inicial: Inclinación= 0° |
| | 2 | Sección Construcción Angular |
| | 3 | Sección Tangente o para Mantener Ángulo |

Figura 1.6. Estructura de los Pozos Tipo "J Modificado".

Fuente: Santos, 2015

Modificado: Corrales, 2019

1.4.3 Pozos Tipo "J HD"

La característica principal de este tipo de perfil es tener la sección vertical mayor a 4000 [pies]. Este tipo de perfil perfora verticalmente hasta el punto de arranque, siguiendo con la sección de construcción angular hasta obtener el ángulo deseado y continuar con la sección tangente hasta llegar al objetivo como se observa en la Figura 1.7.

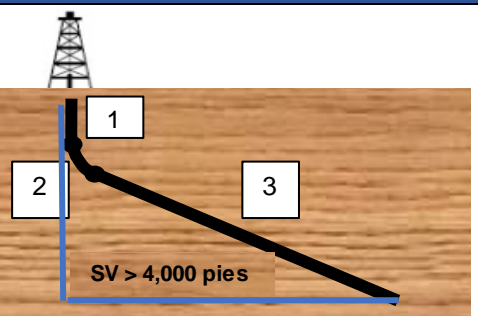
| Perfil Tipo "J HD" | Secciones | |
|---|-----------|---|
|  | 1 | Sección Inicial: Inclinación= 0° |
| | 2 | Sección Construcción Angular |
| | 3 | Sección Tangente o para Mantener Ángulo |

Figura 1.7. Estructura de los Pozos Tipo "J HD".

Fuente: Santos, 2015

Modificado: Corrales, 2019

1.5 Diseño de la perforación en la sección intermedia de 12 ¼"

1.5.1 Formaciones a atravesar

En la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" las formaciones más comunes a atravesar son: Orteguaza, Tiyuyacu, Basal Tena, Napo, Arenisca "M1", "M2" y "A", como se observa en la Figura 1.8.

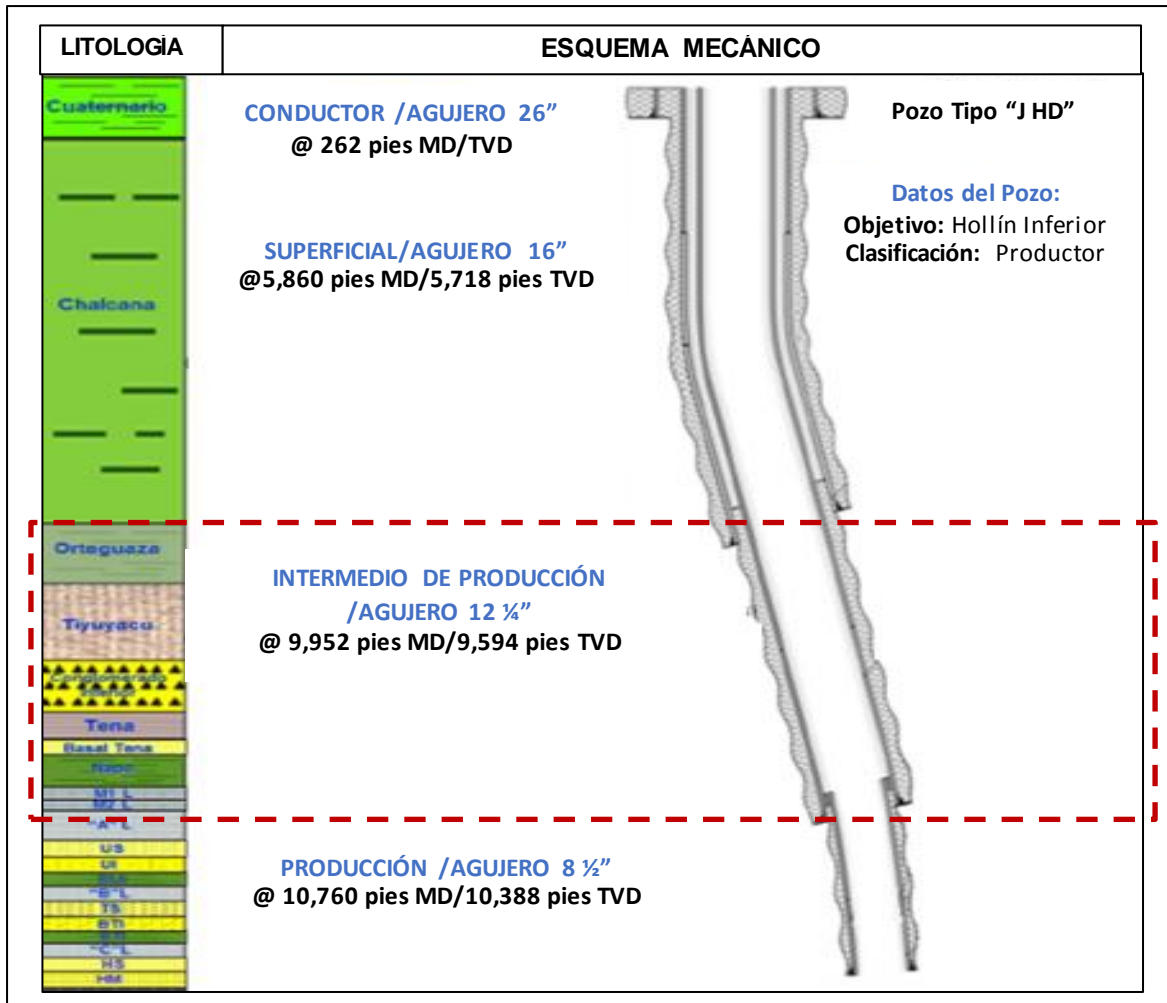


Figura 1.8. Esquema Mecánico de un pozo Tipo "J HD" en el Bloque 61

Fuente: Schlumberger, 2016

Modificado: Corrales, 2019

A continuación se detalla la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼ en el Bloque 61, describiendo conceptos generales de ensamblaje de fondo, fluidos de perforación, brocas, cementación, corrida de casing y tiempos.

1.5.2 Fluido de Perforación

También conocido como lodo de perforación, es una mezcla de una base (agua o aceite) más aditivos químicos la cual circula a través de la sarta de perforación hasta la broca y regresa a la superficie por el espacio anular (PDVSA, 2002).

El objetivo de la perforación de esta sección es aislar las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu, Tena y Napo, dando integridad y soporte para continuar con el siguiente intervalo. Los eventos operacionales no programados durante la perforación de la sección de 12 ¼" son: embolamiento de la broca que puede provocar reducción de la tasa de

penetración, presencia de arcilla y limolita en las formaciones de Orteguzaza y Tena, pérdida de circulación en los conglomerados de Tiyuyacu y Basal Tena, incremento en el torque y presión de la bomba.

Las funciones principales del fluido de perforación son (Schlumberger, 2011):

- Remover los recortes del fondo del agujero y transportarlos a superficie.
- Enfriar y lubricar la broca.
- Recubrir el agujero con una costra de lodo.
- Controlar las presiones de la formación.
- Suspender los recortes cuando se detenga la circulación.
- Prevenir o reducir al mínimo cualquier daño a las formaciones vecinas.
- Controlar la corrosión de los tubulares.
- Soportar parte del peso de la sarta de perforación y del revestimiento.
- Transmitir información a través del fluido de perforación.

Los fluidos de perforación pueden ser base agua, base aceite y aireados o gasificados. Los fluidos utilizados en el Bloque 61, basados en un criterio ambiental, tienen como fase continua el agua (Schlumberger, 2011).

Los fluidos base agua incluyen aditivos especiales, tales como (Schlumberger, 2011):

- La fase líquida puede ser: agua dulce, agua de mar o salmuera (agua con una gran cantidad de sal).
- Los aditivos químicos pueden ser: arcillas hidratables o expandibles, viscosificantes, adelgazantes, controladores de filtración y controladores de la densidad, inhibidores químicos y mecánicos.

1.5.2.1 Propiedades de los Fluidos de Perforación

Las propiedades físicas de los fluidos de perforación son:

Densidad

También conocido como peso del lodo. Su función principal es controlar las presiones de la formación, durante la perforación de un pozo la presión hidrostática debe ser ligeramente mayor a la presión de la formación para evitar arremetidas. La densidad se expresa por lo general en [lbs/gal] o [lpg] (PDVSA, 2002).

Viscosidad de Embudo

La Viscosidad de Embudo es determinada con el Embudo Marsh, sirve para comparar la fluidez de un líquido con la del agua. Sin embargo no se la considera como una viscosidad verdadera, pero sirve como medida cualitativa de cuan espesa es la muestra de lodo. La viscosidad de embudo se mide en segundos que le toma a un cuarto de galón americano del fluido pasar a través del embudo (Glosario de Schlumberger, 2018).

Viscosidad Plástica

También conocida por sus siglas en ingles PV (Plastic Viscosity). La viscosidad plástica es la resistencia al flujo causado por la fricción mecánica y depende de la concentración, tamaño y forma de los sólidos presentes en el fluido, y se controla con Equipos de Control de Sólidos. La viscosidad plástica se mide en centipoise [cp] (Glosario de Schlumberger, 2018).

Punto Cedente

También conocido por sus siglas en ingles YP (Yield Point). El punto Cedente es la resistencia al flujo causada por fuerzas electroquímicas, está relacionado con la capacidad de limpieza del fluido en condiciones dinámicas, y generalmente sufre incremento por la acción de contaminantes como el sulfato de sodio y por los sólidos reactivos de la formación. El punto cedente se mide en [lbs/100pie²] con ayuda del viscosímetro de cilindros concéntricos (PDVSA, 2002).

Nivel de pH

El pH indica si el lodo se encuentra en condiciones ácidas o básicas. La mayoría de los fluidos base acuosa son alcalinos y trabajan con un rango de pH entre 7.5 a 11.5. El nivel de pH del lodo debe ser constantemente vigilado con el fin de mantener suficiente alcalinidad y reducir la corrosión en la tubería (PDVSA, 2002).

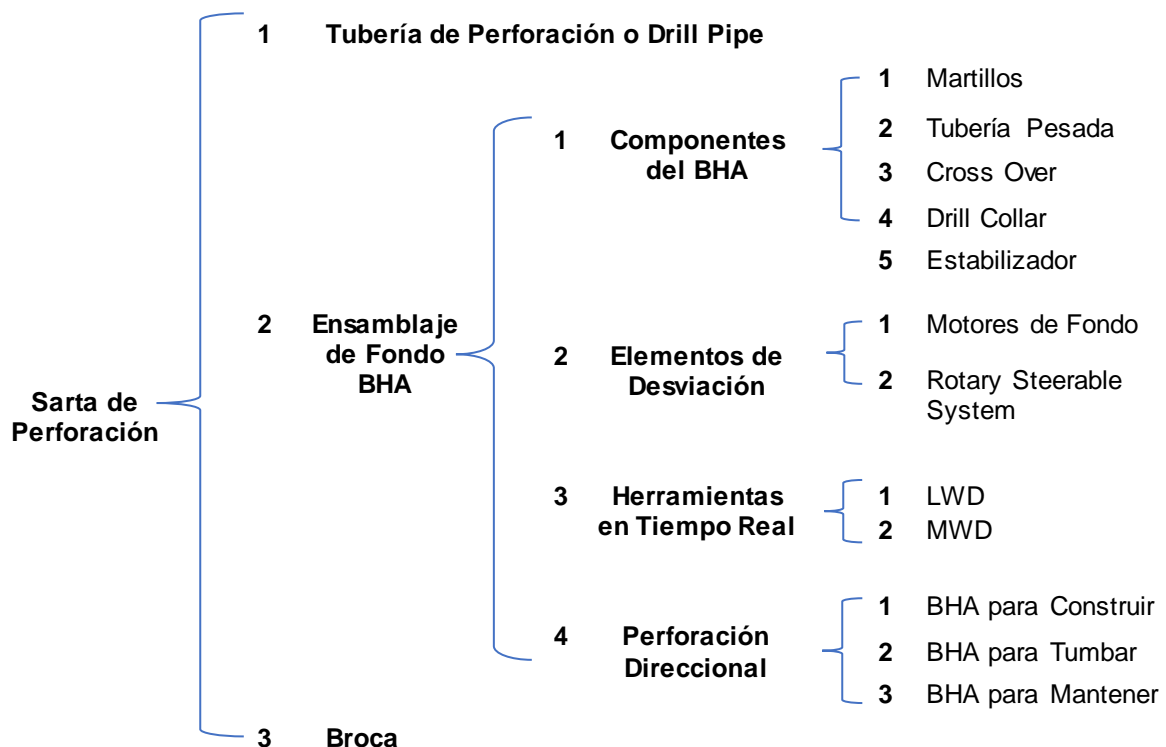
Resistencia de Gel

La resistencia del gel depende de la cantidad y tipo de sólidos en suspensión, del tiempo, de la temperatura y del tratamiento químico. Los valores de esfuerzo de gel son tomados

con el Viscosímetro a 3 rpm en intervalos de 10 segundos, 10 minutos y 30 minutos. La resistencia de Gel se mide en [lbs/100pie²] (Hawker et al, 2001).

1.5.3 Sarta de Perforación

La sarta de perforación son componentes mecánicos armados secuencialmente, conformado por tubería de perforación, ensamblaje de fondo y broca, como se observa en la Gráfica 1.2.



Gráfica 1.2. Componentes de la Sarta de Perforación

Fuente: Weatherford, 2017

Elaborado por: Corrales, 2019

Las principales funciones de la sarta de perforación son (Weatherford, 2017):

- Construir el agujero en calibre, para llegar a la profundidad deseada.
- Transmitir la rotación y peso aplicada a la broca desde la superficie.
- Transportar el fluido de perforación desde la superficie hasta la broca.

1.5.4 Tubería de Perforación

La tubería de perforación o también conocida como Drill Pipe (DP), es un tubo cilíndrico fabricado de acero fundido o de aluminio, proporciona la longitud para colocar las herramientas a la profundidad deseada. Comúnmente cada tubo tiene una longitud de 27 a 30 [metros] y el diámetro exterior más utilizado es de 5" y 5 ½" (Weatherford, 2017).

Las funciones principales del Drill Pipe son (Weatherford, 2017):

- Transmitir la rotación desde la superficie hasta la broca.
- Servir como conducto del fluido de perforación.

1.5.5 Ensamblaje de Fondo

El ensamblaje de fondo o conocido por sus siglas en inglés BHA (Bottom Hole Assembly) es un conjunto de herramientas de fondo, que se encuentran entre la tubería de perforación y la broca.

Las funciones principales del BHA son (Ulterra, 2018):

- Transportar el fluido de perforación.
- Transmitir el torque generado por la mesa rotaria o top drive hacia la broca.
- Proporcionar el peso necesario para atravesar formaciones.
- Maximizar el control direccional.
- Proporcionar la resistencia y la estabilidad necesarias para bajar en el agujero.

1.5.5.1 Componentes del BHA

Los principales componentes de los BHAs detallados en la Gráfica 1.2. son:

Martillos

Son herramientas de acero fabricadas para resistir trabajos severos, alta presión, temperatura y alto torque dentro del pozo. Pueden ser operados mecánica o hidráulicamente para proporcionar un golpe de alto impacto cuando se tiene pega de tubería o atrapamiento durante las operaciones de perforación.

Las funciones de los martillos dependen de la dirección hacia la cual sean activados (Hawker et al, 2001):

- Un golpe hacia abajo se realizara si la tubería estaba quieta o moviéndose hacia arriba.
- Un golpe hacia arriba se realizara si la tubería se está moviendo hacia abajo.

Tubería pesada

La tubería pesada o conocida por sus siglas en ingles HWDP (Heavy Weight Drill Pipe), es la tubería cuyo espesor es grueso y son más largos que la tubería de perforación, ubicándose normalmente sobre los Drill Collars.

Las funciones principales de las tuberías pesadas son (Hawker et al, 2001):

- Proporcionar peso para prevenir el pandeo de la tubería de perforación.
- Obtener mayor peso y estabilidad al perforar.
- Servir como elemento de transición entre la tubería de perforación.

Estabilizadores

Son tramos cortos de tubería los cuales proveen una distancia concéntrica entre las herramientas y la pared del agujero, tienen el diámetro exterior similar al del agujero.

Las funciones principales de los estabilizadores son (Weatherford, 2017):

- Ayudar a concentrar el peso sobre la broca.
- Minimizar el pandeo y las vibraciones.
- Reducir el torque de la perforación por medio de disminuir el contacto del collar con las paredes del agujero.
- Ayudar a prevenir el atascamiento por diferencial.

Cross Overs

Son pequeñas secciones de tubería.

Las funciones principales de los Cross Overs son (Weatherford, 2017):

- Permitir la conexión entre tuberías y drillcollars de diferente rosca y diámetro.
- Enlazar herramientas

Drill Collars

Los Drill Collars son tubos metálicos de pared gruesa, rígidos y de alto peso. Se colocan sobre la broca.

Las funciones principales de los Drill Collars son (Hawker et al, 2001):

- Proveer peso sobre la broca.
- Proporcionar el peso necesario para asegurar que la tubería de perforación se mantenga en tensión y evitar pandeos.
- Proporcionar rigidez para que la dirección del pozo se mantenga.

1.5.5.2 Elementos de Desviación

Los elementos principales para la construcción de pozos direccionales, detallados en la Gráfica 1.2, Componentes de la Sarta de Perforación, son:

Motores de Fondo

Los motores de fondo se los conoce también como motores de desplazamiento positivo. Estas herramientas permiten perforar deslizando o en modo rotacional y para la desviación se requiere de un bent sub o codo desviador el cual es ajustado en superficie (Moncayo, 2014).

- Modo deslizar la tubería permanece sin rotación y solo se desliza longitudinalmente, mientras que la broca rota solo por acción del motor de fondo.
- Modo rotación se suministra rotación por medio del motor de fondo y rotación adicional desde superficie con el Top Drive del taladro a través de la tubería de perforación.

Los motores de fondo funcionan con fluido de perforación. El fluido llega a la sección de poder del motor, esta sección cuenta con un rotor y un estator.

La presión y el caudal con el que el fluido atraviesa el espacio entre el rotor y el estator hacen que el rotor gire dentro del estator a un número determinado de revoluciones por minuto RPM, este movimiento es transmitido después a la broca permitiéndole rotar (Naranjo, 2012).

Rotary Steerable System

Es una herramienta direccional rotatoria conocida por sus siglas en inglés RSS (Rotary Steerable System). Es una herramienta que permite cambiar la dirección y la inclinación del agujero desde superficie con un control direccional total en 2 o 3 dimensiones con la sarta girando continuamente.

Se envían comandos mediante la variación del flujo de lodo desde la superficie para que la herramienta se desvíe a la dirección deseada.

Las ventajas principales del Rotary Steerable System son (Schlumberger, 2017a):

- Rotación continua de la sarta de perforación.
- Mejor limpieza de agujero.
- Menos viajes de limpieza.
- Mayor ROP total.
- Mayor alcance y trayectorias.

1.5.5.3 Herramientas en Tiempo Real

Las herramientas principales para la adquisición de datos, según la Gráfica 1.2, Componentes de la Sarta de Perforación, son:

Herramientas Logging While Drilling

También conocidas por sus siglas LWD. Esta herramienta permite obtener información en tiempo real de la litología y fluidos presentes mientras se está perforando (Hawker et al, 2001). Las herramientas de registros principales son: registros Rayos Gamma, registros de Resistividad y registros de Densidad – Neutrón.

Herramientas Measurements While Drilling

También conocidas por sus siglas MWD. Esta herramienta está compuesta por un sistema de telemetría que permite la adquisición de datos en inclinación y dirección. Estos parámetros son útiles para la construcción de surveys que indican la trayectoria del pozo. El sistema de telemetría envía señales utilizando pulsos a través del fluido de perforación.

A partir de la inclinación y la dirección tomada en cada intervalo de la perforación se determinan los valores de: profundidad vertical verdadera, coordenadas rectangulares de Fondo, y desplazamiento horizontal (Hawker et al, 2001).

1.5.5.4 Perforación Direccional

Los estabilizadores en el BHA están diseñados para subir, mantener o hacer caer el ángulo o inclinación, como se muestra en la Figura 1.9.



Figura 1.9. BHA de construcción, pendular y para mantener ángulo.

Fuente: Felczak et al, 2012

BHA de Construcción

Los componentes del BHA o ensamblaje fondo deben ser colocados de la siguiente manera para construir ángulo:

- El estabilizador debe ser colocado sobre la broca para que actúe como apoyo.
- El drill collar debe ser colocado sobre el estabilizador para que actúe como palanca.

De esta manera al aplicar peso sobre la broca provocará que el drill collar se doble o pandee. Cuando se empuje la broca sobre la parte alta del agujero, se genera una tendencia a construir ángulo o inclinación debido a las fuerzas laterales de la broca (Weatherford, 2017).

Las técnicas para aumentar la tendencia a construir son (Weatherford, 2017):

- Incrementar peso sobre la broca (WOB).
- Reducir las RPM en la mesa rotaria.

- Disminuir la tasa de flujo.
- Circular fuera de fondo.

BHA Pendular

Los componentes del BHA o ensamblaje fondo deben ser colocados de la siguiente manera para tumbar o hacer caer ángulo:

- El estabilizador sobre el drill collar, para evitar que se recueste en el lado bajo del agujero.

La fuerza gravitacional actúa sobre la parte inferior del drill collar y la broca, causando que el agujero disminuya el ángulo. Se incrementara el largo de la tangente y el peso del drill collar ampliara la tendencia a tumbar (Weatherford, 2017).

Las técnicas para aumentar la tendencia a tumbar son (Weatherford, 2017):

- Disminuir peso sobre la broca (WOB).
- Aumentar las RPM en la mesa rotaria.
- Aumentar la tasa de flujo.
- Circular en el fondo.

BHA para mantener ángulo

En el ensamblaje de fondo para mantener ángulo se usa 4 estabilizadores y se los coloca en puntos específicos para controlar la sarta de perforación y de esa manera se disminuya la desviación del agujero.

Cuando se aumenta la rigidez en la sarta de perforación se previene el pandeo y se fuerza a la broca para ir hacia adelante (Weatherford, 2017).

1.5.6 Brocas de perforación

La broca se encarga de cortar o triturar las formaciones para construir el agujero. El tipo de broca a utilizar depende de la aplicación y del tipo de formación a perforar. Los parámetros importantes a considerar son: peso sobre la broca (WOB), caudal (GPM) y las revoluciones por minuto (RPM).

Existen varios tipos de brocas entre ellas están las brocas de cortadores fijos, brocas de conos móviles (tricónicas con cuerpo de acero y dientes de acero y tricónicas con cuerpo de acero y dientes de tungsteno), brocas impregnadas y brocas de toma de núcleos. En la Sección Intermedia de 12 ¼" se utiliza la broca de cortadores fijos conocida como broca PDC.

1.5.6.1 Broca de cortadores fijos

Las brocas de cortadores fijos también conocida por sus siglas en inglés PDC (Polycrystalline Diamond Compact), no poseen partes móviles y se usa para perforar en formaciones duras a semiduras y se ha presentado buenos comportamientos en secciones uniformes de carbonatos y también en areniscas, limolitas y lutitas. En la Figura 1.10. se muestran las partes de la broca PDC y la función de cada una de ellas.

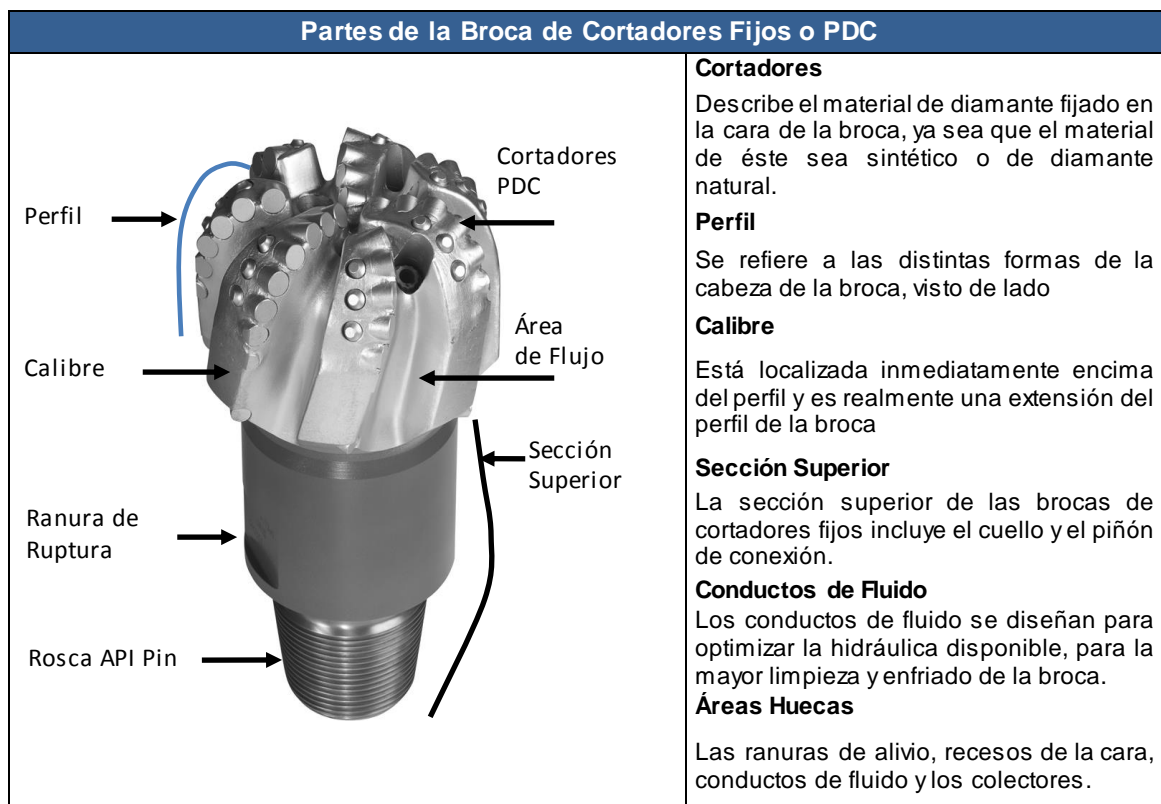


Figura 1.10. Partes de la broca de cortadores fijos o PDC

Fuente: Halliburton, 2014

Modificado por: Corrales, 2019

Las ventajas de las brocas son (Schlumberger, 2014):

- Fabricadas con un material altamente duro.

- Conductividad térmica.
- Planos de corte de los cristales individuales están orientadas al azar, dificultando la propagación de grietas.
- Desgaste más uniforme. Las características del desgaste están representadas en el Anexo I (Baker Hughes, 2003).
- Alta resistencia al desgaste.

1.5.6.2 Parámetros de perforación

Los parámetros de perforación aplicados durante la perforación son:

Rata de penetración

También conocida por sus siglas ROP, es la velocidad con la cual la broca corta la formación durante la perforación. Su decremento sería un indicativo de cambio de litología y estado de la broca. La rata de penetración se mide en [pies/hora] (Panez, 2010).

Peso sobre la broca WOB

También conocido por sus siglas en ingles WOB (Weight Of Bit). Este parámetro es muy importante para el desempeño de la broca, es la carga aplicada sobre la broca para que perfora las formaciones. La penetración se logra cuando la carga aplicada sobre la broca supera la resistencia de compresión de la formación en contacto con los dientes (Panez, 2010).

Revoluciones por minuto

También se lo conoce por sus siglas RPM, es la cantidad de vueltas por minuto que la mesa rotaria transmite a la sarta de perforación y esta a su vez a la broca, se mide en [rpm] (Panez, 2010).

Caudal

También se lo conoce como tasa de flujo. Es un parámetro muy importante encargado de la remoción de los recortes desde el fondo del pozo hasta superficie. Se mide en [gpm] (Salazar & Álvarez, 2014).

Torque

Es la fuerza necesaria para hacer girar la sarta de perforación en el agujero. Se mide en [libras fuerza/pie] (Panez, 2010).

1.5.7 Tubería de Revestimiento de 9 5/8”

También conocido como casing es una tubería que se baja dentro del agujero después de perforar cada sección, en este caso se baja un casing de 9 5/8”.

Las funciones principales del casing de 9 5/8” son (Schlumberger, 2017b):

- Proteger formaciones de agua dulce.
- Aislar zonas de pérdida de circulación.
- Aislar formaciones con gradientes de presión significativamente diferentes.

1.5.7.1 Propiedades de la Tubería de Revestimiento

En el diseño de la tubería de revestimiento se deben tomar en cuenta 5 propiedades importantes: rango de longitud, tamaño, peso o libraje, grado y conexión.

Las tuberías de revestimiento se clasifican en tres rangos: rango 1 con una longitud de 16 a 25 [pies], rango 2 con una longitud de 25 a 34 [pies] y rango 3 con una longitud de 34 a 48 [pies] (Schlumberger, 2004).

En la industria petrolera están disponibles muchos tamaños, pesos, grados y conexión de tuberías, su adecuada selección depende del tipo y profundidad del pozo (Schlumberger, 2004).

En la Tabla 1.2 se muestra un ejemplo de casing de 9 5/8”.

Tabla 1.2. Ejemplo de Casing de 9 5/8"

| Tamaño | Rango | Libraje [lbs/pie] | Grado | Conexión |
|--------|-------|-------------------|--------|----------|
| 9 5/8" | 3 | 54,5 | K - 55 | BTC |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

1.5.7.2 Criterios para el Diseño de Revestidores

Los esfuerzos que resiste la tubería de revestimiento son:

Presión de Colapso

Es la presión de colapso se genera por la columna de fluido de perforación ejercida sobre el exterior de la tubería de revestimiento (Schlumberger, 2014).

Presión de Estallido

La presión de estallido es la máxima presión del fluido de perforación originada en el interior de la tubería de revestimiento (Palacios & Mandujano, 2016).

Tensión

La tensión es originada por el peso que ejerce la sarta de perforación (Palacios & Mandujano, 2016).

1.5.8 Cementación

Una vez que se bajó el casing de 9 5/8" se procede a cementar esa sección. Consiste en mezclar cemento, aditivos químicos y agua para bombearlos al espacio anular entre el agujero y el diámetro exterior del casing de 9 5/8".

Las funciones principales de la cementación de la sección de 12 1/4" son (Palacios & Mandujano, 2016):

- Adherir y fijar la sarta de revestimiento.
- Aislar la zapata de revestimiento.

- Proteger y asegurar la tubería de revestimiento en el agujero.
- Lograr aislamiento hidráulico zonal en el zapato.
- Proveer soporte para continuar perforando la siguiente etapa del pozo.
- Aislar zonas de diferentes fluidos.

1.5.8.1 Tipos de Lechada

La tubería de revestimiento de 9 5/8" puede cementarse en dos etapas. Las lechadas más utilizadas son: lead y tail como se observa en la Figura 1.11.

A continuación se detallan las lechadas utilizadas en la sección Intermedia de 12 1/4".

Lechada Lead

También conocida como Lechada de Relleno. Es un tipo de lechada de baja densidad y alto rendimiento diseñada para llenar y cubrir la sección superior del anular. Este material se bombea después del lavador y el espaciador y antes de la lechada Tail. Su densidad es superior a la del fluido de perforación y menor que la lechada Tail (Magnus, 2014).

Lechada Tail

También conocida como Lechada de Cola. Es una lechada de mayor densidad, diseñada para cubrir la sección inferior del anular desde el fondo del agujero (Magnus, 2014).

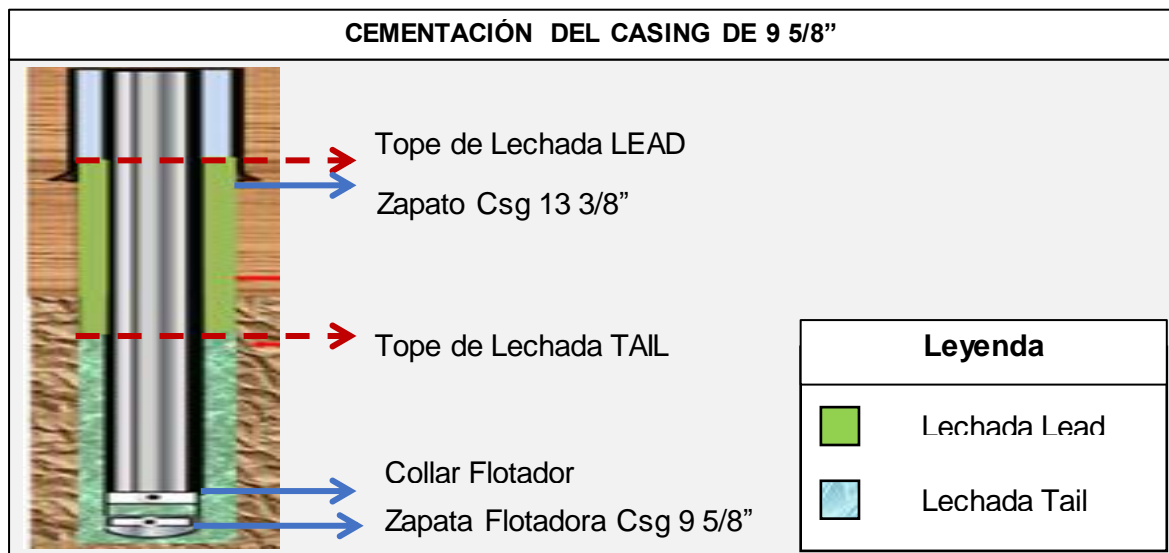


Figura 1.11. Ejemplo de Cementación del Casing de 9 5/8"

Fuente: Schlumberger, 2016

Modificado: Corrales, 2019

1.5.9 Curva de Tiempos

Al finalizar las operaciones de perforación de un pozo se realiza la gráfica Tiempo [días] vs Profundidad [pies], como se observa en la Figura 1.12.

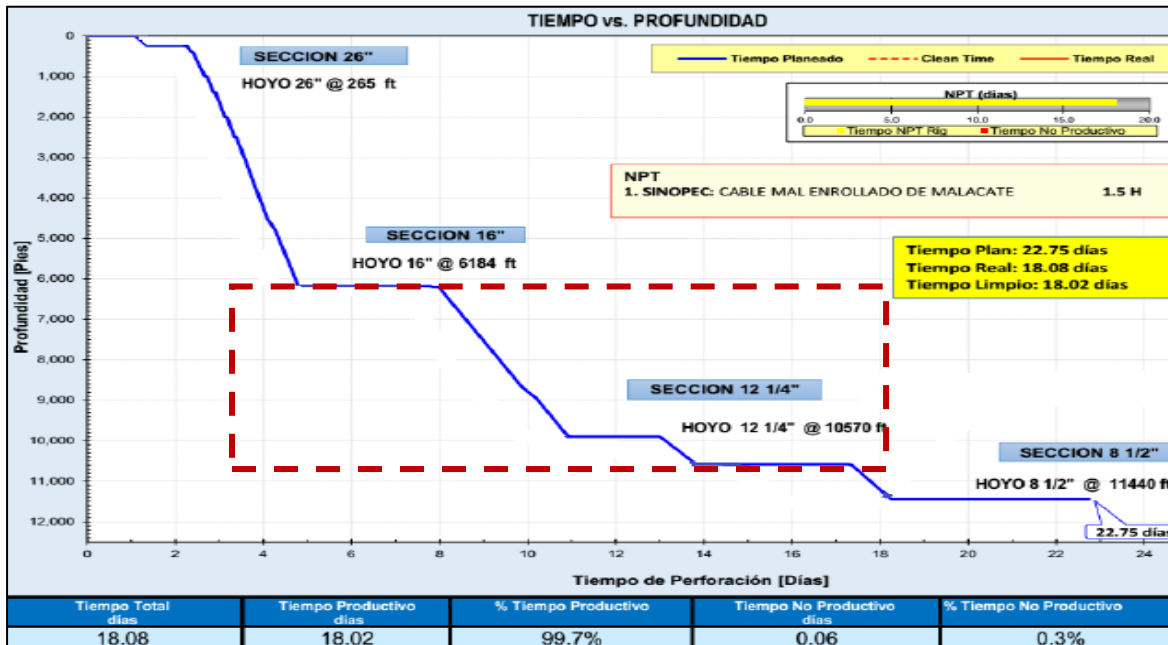


Figura 1.12. Ejemplo de Curva de Tiempos de un pozo del Bloque 61.

Fuente: Schlumberger, 2016

Modificado: Corrales, 2019

En la Figura 1.12 se visualizan los tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos, los cuales son detallados a continuación:

1.5.9.1 Tiempos Planos

Los tiempos planos se definen como el tiempo entre que la broca llega a la profundidad total de la sección y el comienzo de las operaciones de perforación de la siguiente sección. Los tiempos planos son (Hardman, 2015):

- Cambios de BHA.
- Circulación.
- Operaciones de Corrida de Casing.
- Operaciones de Cementación.
- Instalación y prueba de BOP.

1.5.9.2 Tiempos de Perforación

Los tiempos de perforación corresponden a los tiempos que solo se está perforando y se avanza en profundidad con la sarta de perforación.

El tiempo total de la sección es la sumatoria de los tiempos planos y los tiempos de perforación.

1.5.9.3 Tiempos Productivos

Los tiempos productivos corresponde a los tiempos de las actividades que se encuentran planificadas y contribuyen al progreso de la perforación del pozo. Los tiempos productivos son (Zapata, 2011):

- Armado y desarmado del equipo, BHA, BOP.
- Perforación.
- Viajes de Limpieza.
- Armado y desarmado de herramientas de registros.
- Operaciones de Cementación.
- Reuniones de Seguridad, entre otros.

1.5.9.4 Tiempos No Productivos

Los tiempos no productivos son los tiempos donde no se está perforando, la mayoría de ellos son problemas que se presentan durante la perforación. Los tiempos no productivos son (Ramírez, 2014):

- Fallas de herramientas.
- Falla de tubería de perforación.
- Operaciones de pesca.
- Inestabilidad del agujero.
- Problemas direccionales, entre otros.

El tiempo total de la sección es la sumatoria de los tiempos productivos y no productivos.

CAPÍTULO II

DESARROLLO METODOLÓGICO

2.1 Introducción

En las operaciones de perforación es fundamental la optimización de los tiempos. Por lo tanto, en este trabajo se trata de establecer si existe una disminución o incremento en los tiempos de perforación en la Sección Intermedia de 12 1/4" en los pozos del Bloque 61. Para posteriormente realizar el análisis comparativo de los pozos seleccionados, clasificados según criterios como: perfil direccional, tiempo y zonas, para finalmente identificar las prácticas, procesos, tecnología y problemas encontrados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4".

2.2 Metodología del Estudio

La metodología empleada para la realización de este trabajo comprende tres fases:

1. Determinar si existe una disminución o aumento en el tiempo de la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los pozos del Bloque 61.

- Recopilar información de los pozos perforados en el Bloque 61 desde el 2013 hasta finales del 2017.
- Elaborar una base de datos con los tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos de los pozos perforados en el Bloque 61.
- Clasificar y organizar los pozos según el perfil direccional, tiempo y zonas.
- Realizar gráficas en Excel con los tiempos totales de perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" de los pozos Tipo "S", "J HD" y "J Modificado".
- Analizar e interpretar la información obtenida.

2. Seleccionar los pozos de estudio de cada perfil direccional Tipo "S", "J HD" y "J Modificado".

- Diseñar Gráficas: Tiempo total de la Perforación en la Sección Intermedia de 12 1/4" vs Profundidad Total de la Sección Intermedia de 12 1/4" en MD de los pozos Tipo "S", "J HD" y "J Modificado".
- Seleccionar pozos para el análisis comparativo, de acuerdo a parámetros de tiempo y profundidad.

3. Análisis Comparativo

- Diseñar cuadros y matrices comparativas de: parámetros de fluido de perforación, parámetros de perforación, brocas, corrida de casing, cementación y tiempos.
- Analizar e interpretar las operaciones, prácticas, tecnología y problemas encontrados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4".
- Determinar conclusiones y recomendaciones.

2.3 Análisis de Tiempos

El objetivo principal durante la perforación es disminuir: tiempos, problemas y costos operacionales. Razón por la cual es importante determinar si existe reducción o incremento en los tiempos de perforación en la Sección Intermedia de 12 1/4" en los pozos del Bloque 61.

Para lo cual se procede a recopilar información de los tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos de los pozos perforados en el Bloque 61 a partir del año 2013 hasta finales del año 2017.

Para el análisis se consideró que los pozos perforados a partir del 2013 hasta la actualidad, tienen similitudes, por lo que es factible realizar su comparación. En los pozos más antiguos se utilizó tecnología la cual ya no se emplea hoy en día y cuyos análisis podrían dar resultados erróneos.

El estudio de los pozos tipo "S", "J HD" y "J Modificado" se dividió en dos grupos: el Grupo 1 conformado por pozos perforados en el 2013, 2014 y 2015; y, el Grupo 2 conformado por los pozos perforados en el 2016 y 2017 y organizado por zonas: Norte, Centro y Sur, como se observa en la Figura 2.1.

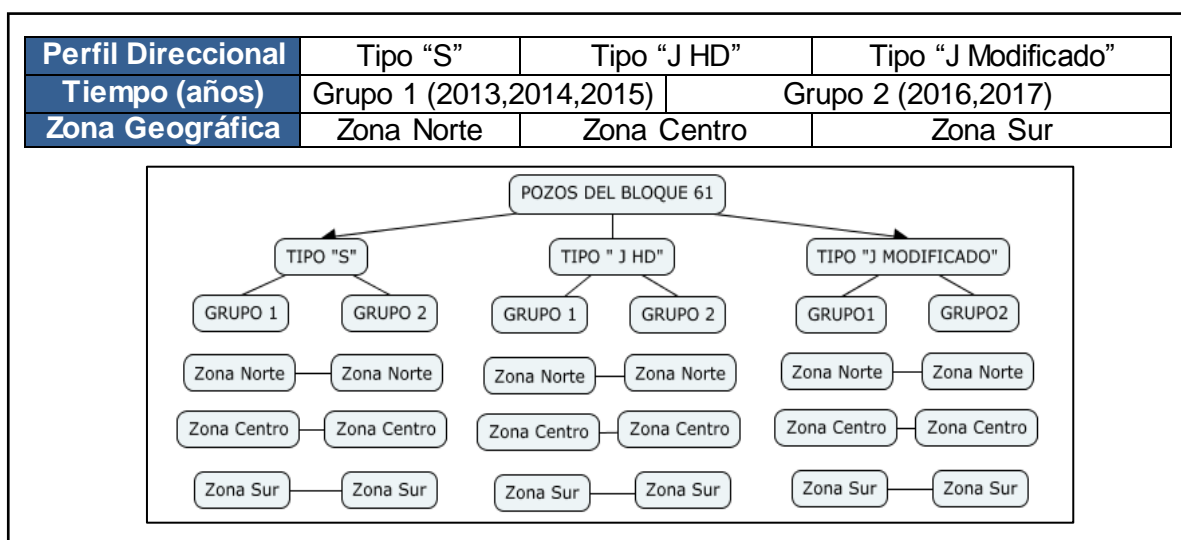


Figura 2.1. Clasificación de los pozos
Elaborado por: Corrales, 2019

Desde que Petroamazonas EP es la única empresa estatal ecuatoriana a cargo de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos en el 2013, se han perforado aproximadamente 142 pozos direccionales en el Bloque 61; la distribución de la Tabla 2.1 es según el perfil direccional, tiempo y zonas.

Tabla 2.1. Número de Pozos Perforados en el Bloque 61.

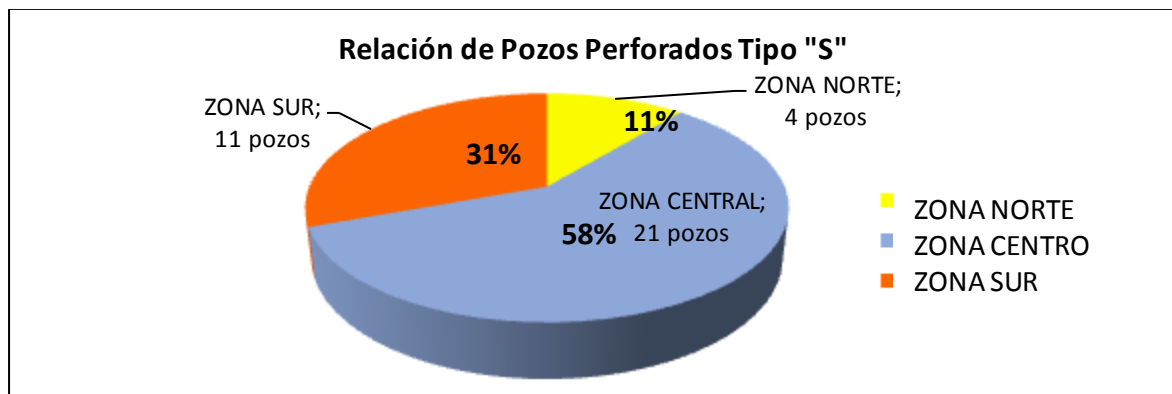
| Zonas | Campo | Pozos Tipo "S" | | Pozos Tipo "J HD" | | Pozo Tipo "J Modificado" | |
|-------------------|-------------|----------------|---------|-------------------|---------|--------------------------|---------|
| | | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 1 | Grupo 2 |
| Zona Norte | Culebra | | | | 3 | | 1 |
| | Yulebra | | | 2 | | | |
| | Anaconda | | | | 1 | | 1 |
| | Yuca | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | |
| Zona Centro | Auca | 21 | 8 | 13 | 8 | 23 | 12 |
| | Auca Sur | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| | Auca Este | | | | | | |
| | Conga | | | | | | |
| | Conga Sur | | | | | | |
| | Chonta Este | 2 | 1 | | | 1 | |
| | Pitalala | | | | | | |
| | Boa | | | | | | |
| | Anura | | | | | | |
| Zona Sur | Cononaco | 6 | | | | 3 | 1 |
| | Rumiyaco | | | | | | |
| | Chonta Sur | 3 | 3 | | 2 | | 3 |
| Subtotal 1 | | 35 | 16 | 19 | 20 | 32 | 20 |
| Subtotal 2 | | 51 | | 39 | | 52 | |
| Total | | 142 | | | | | |

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

A continuación se detalla el análisis de tiempos de los pozos perforados en el Bloque 61:

2.3.1 Pozos Tipo “S”

Durante el periodo 2013 – 2017 se perforaron 51 pozos Tipo “S”. Pero se eliminaron 15 pozos por falta de información, quedando 36 pozos para el análisis. En la Gráfica 2.1 se observa la relación de pozos perforados por zonas.

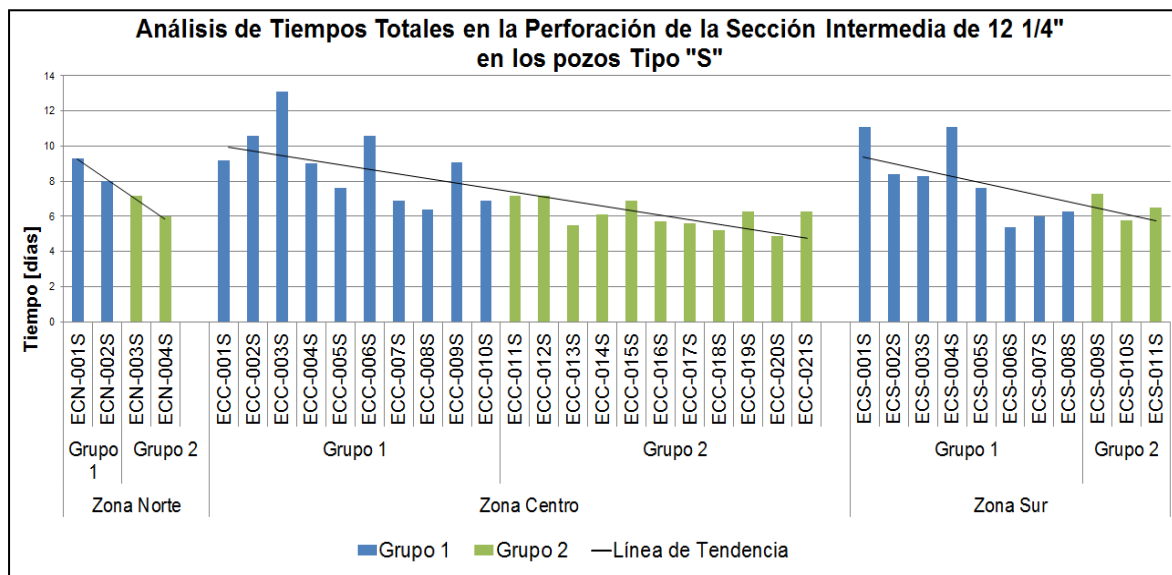


Gráfica 2.1. Relación de pozos perforados Tipo “S” en el Bloque 61.

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Para el análisis de tiempos se preparó una base de datos con los tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos; ver en el Anexo II los tiempos que están representados en la Gráfica 2.2.



Gráfica 2.2. Comparación de los Tiempos Totales en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo “S”.

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Para los pozos Tipo “S” de la Gráfica 2.2 se observa que la línea de tendencia indica una disminución en los tiempos de perforación. Por zonas, se tiene:

Zona Norte: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 3800 [pies] en 8,6 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 3900 [pies] en 6,6 [días], representando una disminución del 23 % en tiempo o 2 [días].

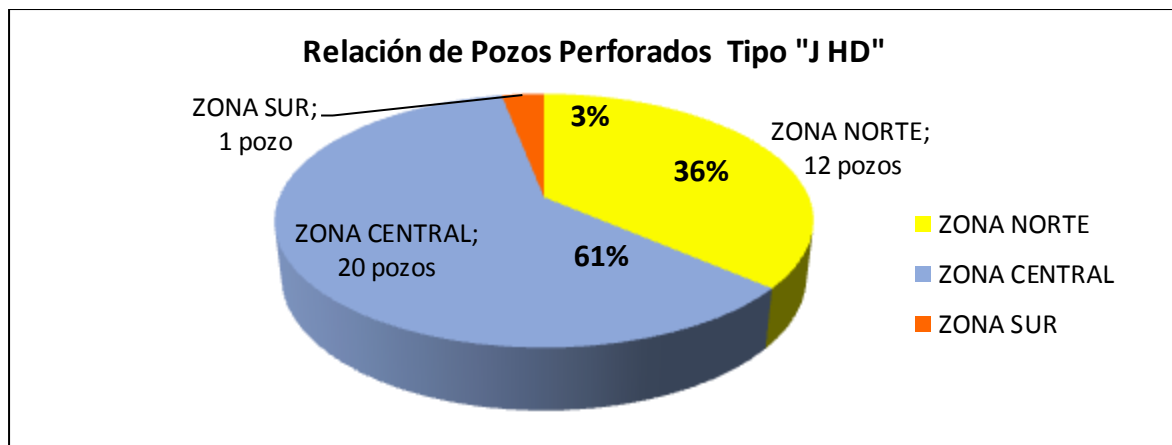
Zona Centro: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 3880 [pies] en 8,9 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 3800 [pies] en 6,1 [días], representando una disminución del 31 % en tiempo o 2,8 [días].

Zona Sur: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 3600 [pies] en 8 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 3800 [pies] en 6,5 [días], representando una disminución del 19 % en tiempo o 1,5 [días].

Se concluye que en los Pozos Tipo “S” del Bloque 61 se disminuyó un 24 % o 2 [días], es decir que en los pozos del Grupo 2 se inicia más rápido la perforación de la siguiente sección y posteriormente la completación y producción del pozo.

2.3.2 Pozos Tipo “J HD”

Durante el periodo 2013 – 2017 se perforaron 39 pozos Tipo “J HD”. Pero se eliminaron 6 pozos por falta de información, quedando 33 pozos para el análisis. En la Gráfica 2.3 se observa la relación de pozos perforados por zonas.

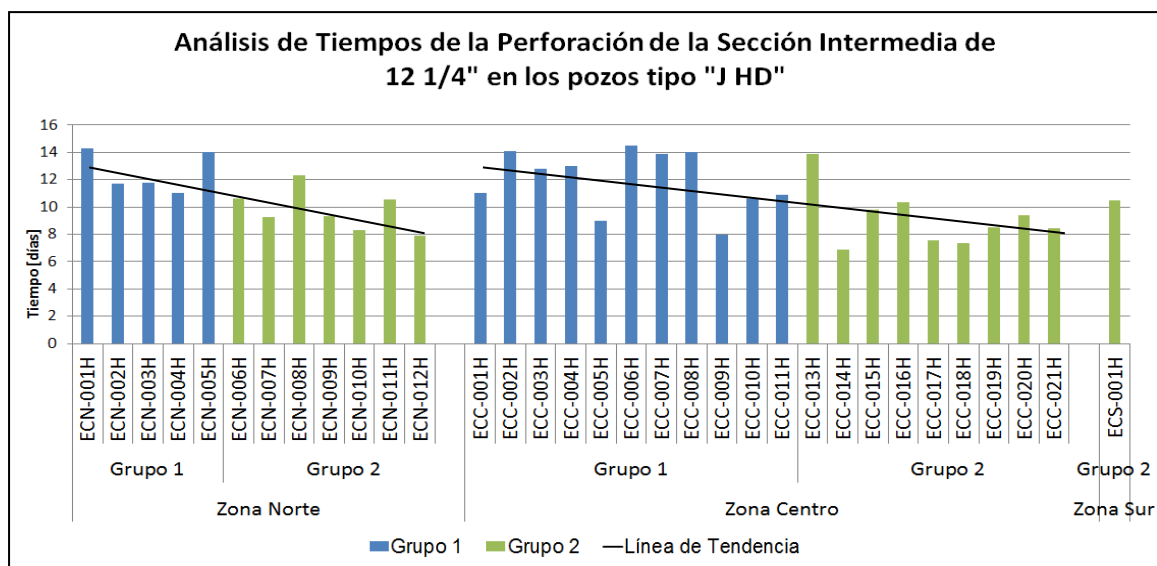


Gráfica 2.3. Relación de pozos perforados Tipo “J HD” en el Bloque 61.

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Para el análisis de tiempos se preparó una base de datos con los tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos; ver en el Anexo III los tiempos que están representados en la Gráfica 2.4.



Gráfica 2.4. Comparación de los Tiempos Totales en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "J HD"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Para los pozos Tipo "J HD", en la Gráfica 2,4 se observa que la línea de tendencia indica una disminución en los tiempos de perforación. Por zonas se tiene:

Zona Norte: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 4400 [pies] en 12,5 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 4600 [pies] en 9,8 [días], representando una disminución del 22 % en tiempo o 2,7 [días].

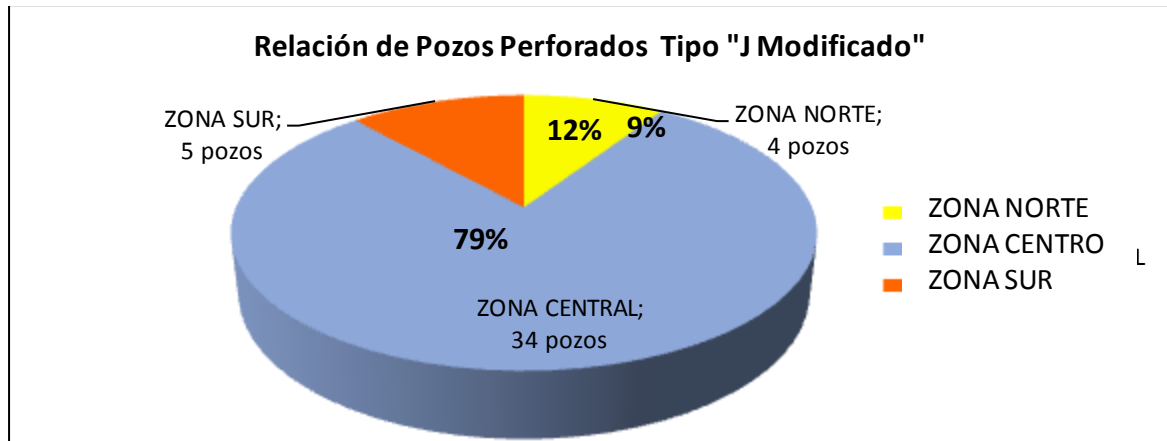
Zona Centro: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 4600 [pies] en 12 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 4500 [pies] en 9,1 [días], representando una disminución del 24 % en tiempo o 2,9 [días].

Zona Sur: se perforó un solo pozo en el Grupo 2; no se puede comparar con otro pozo.

Se concluye que en los Pozos Tipo "J HD" del Bloque 61 se disminuyó un 23 % o 2 [días], es decir en los pozos del Grupo 2 se inicia más rápido la perforación de la siguiente sección y posteriormente la completación y producción del pozo.

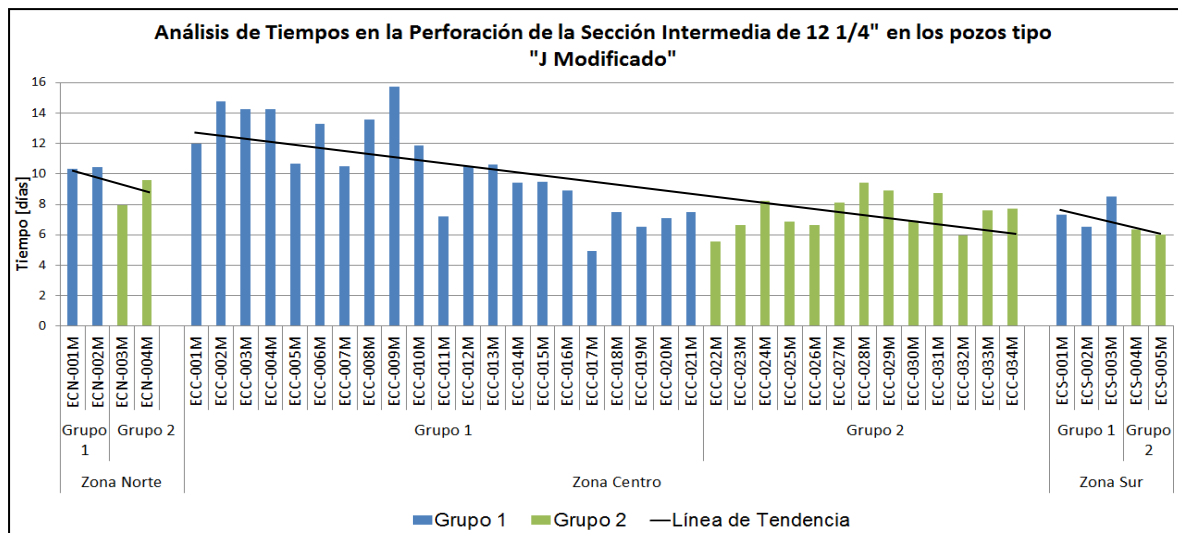
2.3.3 Pozos Tipo "J Modificado"

Durante el periodo 2013 – 2017 se perforaron 43 pozos Tipo "J Modificado". Pero se eliminaron 9 pozos por falta de información, quedando 43 pozos para el análisis. En la Gráfica 2.5 la relación de pozos perforados por zonas.



Gráfica 2.5. Relación de pozos perforados Tipo "J Modificado" en el Bloque 61
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

Para el análisis de tiempos se preparó una base de datos con los tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos representados; ver en el Anexo IV los tiempos que están representados en la Gráfica 2.6.



Gráfica 2.6. Comparación de los Tiempos Totales en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

Para los pozos Tipo “J Modificado”, en la Gráfica 2,6 se observa que la línea de tendencia indica una disminución en los tiempos de perforación. Por zonas se tiene:

Zona Norte: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 3900 [pies] en 10,4 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 4200 [pies] en 8,8 [días], representando una disminución del 15 % en tiempo o 1,6 [días].

Zona Centro: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 4000 [pies] en 10,5 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 4200 [pies] en 7,5 [días], representando una disminución del 29 % en tiempo o 3 [días].

Zona Sur: los pozos del Grupo 1 perforaron aproximadamente 3500 [pies] en 7,4 [días] y los pozos del Grupo 2 perforaron 4300 [pies] en 6,2 [días], representando una disminución del 16 % en tiempo o 1,2 [días].

Se concluye que en los Pozos Tipo “J Modificado” del Bloque 61 se disminuyó un 20 % o 2 [días], es decir en los pozos del Grupo 2 se inicia más rápido la perforación de la siguiente sección y posteriormente la completación y producción del pozo.

2.4 Selección de Pozos

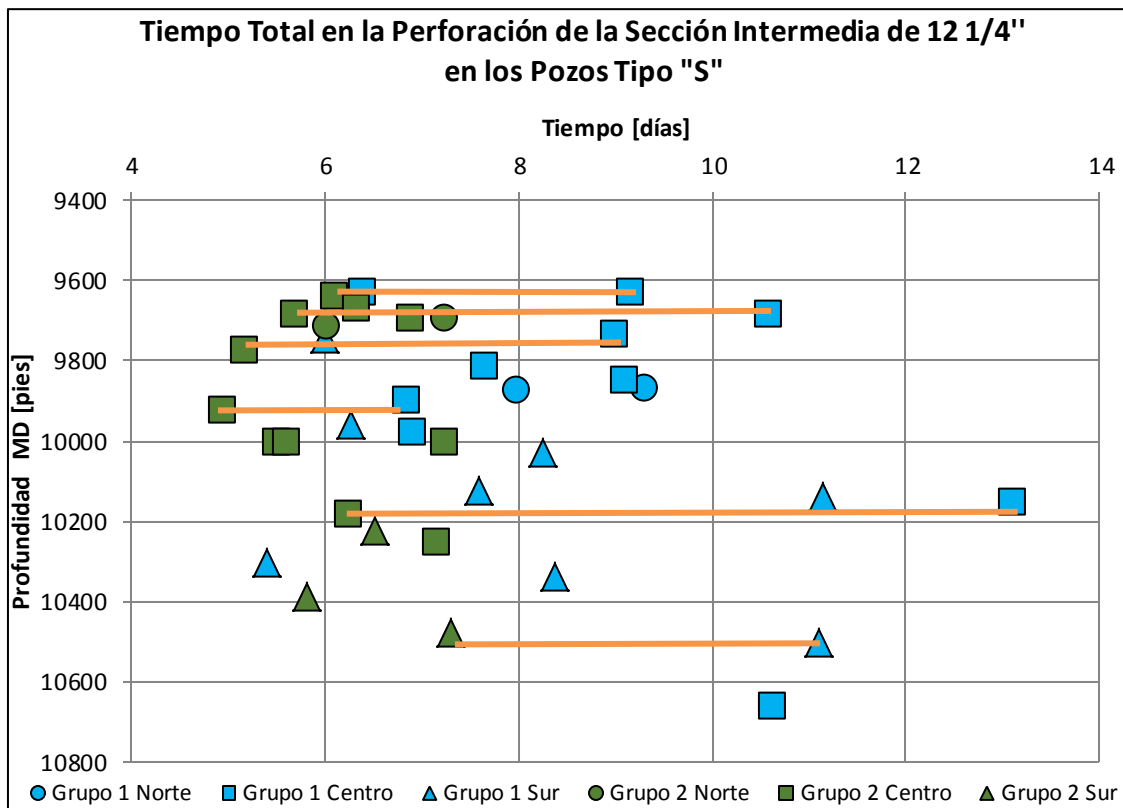
Se realizó una adecuada selección de pozos representativos de cada perfil direccional, para lo cual se procede a diseñar gráficas del Tiempo total de la Perforación en la Sección Intermedia de 12 1/4” vs Profundidad Total de la Sección Intermedia de 12 1/4” en MD de los pozos Tipo “S”, “J HD” y “J Modificado”.

En las gráficas se distinguen 2 colores, los pozos del Grupo 1 son de color azul y los pozos del Grupo 2 son de color verde. En términos de visualización los pozos perforados en la Zona Norte están representados por un círculo, los pozos de la Zona Centro con un cuadrado y los pozos de la Zona Sur con un triángulo. Y la línea tomate indica los pozos seleccionados.

2.4.1 Pozos Seleccionados Tipo “S”

Para la selección de los pozos Tipo “S” se realizó la Gráfica 2.7 que representa el Tiempo Total de Perforación vs Profundidad Total de la Sección en MD enfocado en la

Perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" de los pozos del Bloque 61; dados en el Anexo II.



Gráfica 2.7. Tiempo total de la sección 12 ¼ vs la profundidad total de la sección 12 ¼ en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Se seleccionaron 12 pozos, Tabla 2.2 (10 Zona Norte y 2 Zona Sur), que representan similares formas geométricas; ubicados a la misma profundidad y con una diferencia de dos días de perforación.

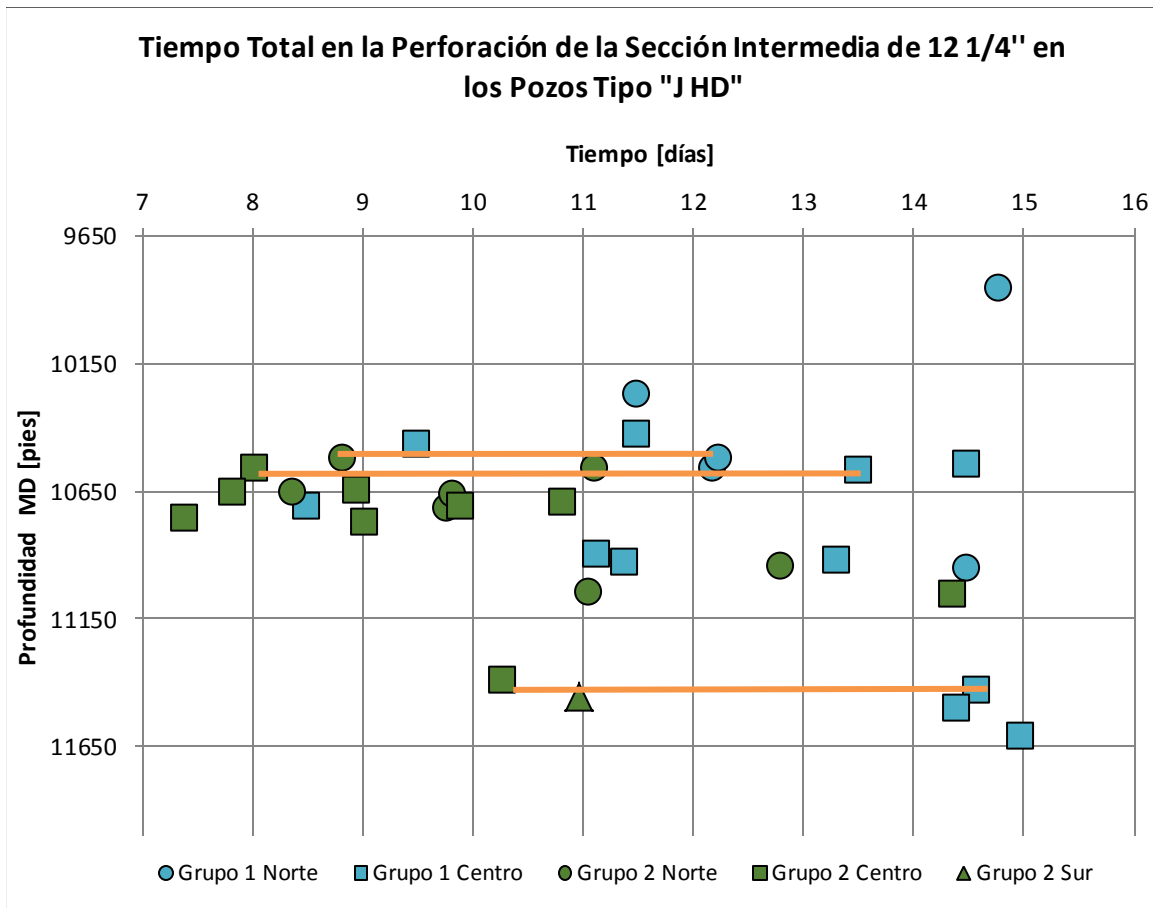
Tabla 2.2. Pozos Seleccionados Tipo "S"

| Pozos Tipo "S" | |
|----------------|----------|
| Grupo 1 | Grupo 2 |
| ECC-001S | ECC-014S |
| ECC-002S | ECC-016S |
| ECC-004S | ECC-018S |
| ECC-003S | ECC-021S |
| ECC-007S | ECC-020S |
| ECS-004S | ECS-009S |

Elaborado por: Corrales, 2019

2.4.2 Pozos Seleccionados Tipo "J HD"

Para la selección de los pozos Tipo "J HD" se realizó la Gráfica 2.8 que representa el Tiempo Total de Perforación vs Profundidad Total de la Sección en MD enfocado en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" de los pozos del Bloque 61; datos en el Anexo III.



Gráfica 2.8. Tiempo total de la sección 12 ¼ vs la profundidad total de la sección 12 ¼" en los Pozos Tipo "J HD"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Se seleccionaron 6 pozos, Tabla 2.3 (2 Zona Norte y 4 Zona Centro), que presentan similares formas geométricas; ubicados a la misma profundidad y con una diferencia de más de dos días de perforación.

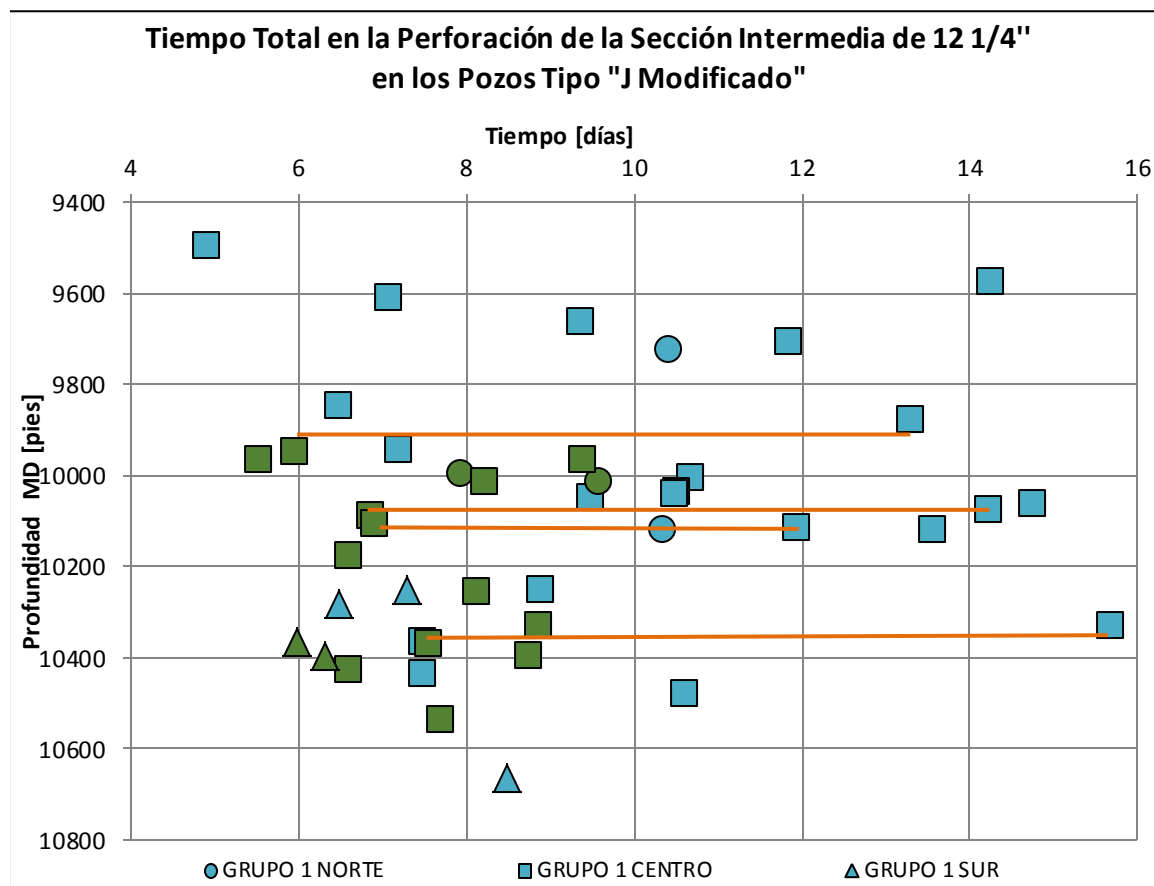
Tabla 2.3. Pozos Seleccionados Tipo “J HD”

| Pozos Tipo "J HD" | |
|-------------------|----------|
| Grupo 1 | Grupo 2 |
| ECN-003H | ECN-010H |
| ECC-004H | ECC-017H |
| ECC-002H | ECC-015H |

Elaborado por: Corrales, 2019

2.4.3 Pozos Seleccionados Tipo “J Modificado”

Para la selección de los pozos Tipo “J HD” se realizó la Gráfica 2.9 que representa el Tiempo Total de Perforación vs Profundidad Total de la Sección en MD enfocado en la Perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” de los pozos del Bloque 61, datos en el Anexo IV.



Gráfica 2.9. Tiempo total de la sección 12 ¼ vs la profundidad total de la sección 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado”

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Se seleccionaron 8 pozos, Tabla 2.4 (8 Zona Centro), que presentan similares formas geométricas; ubicados a la misma profundidad y con una diferencia de más de dos días de perforación.

Tabla 2.4. Pozos Seleccionados Tipo “J Modificado”

| Pozos Tipo "J Modificado" | |
|----------------------------------|----------------|
| Grupo 1 | Grupo 2 |
| ECC-004M | ECC-026M |
| ECC-002M | ECC-030M |
| ECC-018M | ECC-022M |
| ECC-003M | ECC-023M |

Elaborado por: Corrales, 2019

CAPÍTULO III

ANÁLISIS TÉCNICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Introducción

Se identificaron las prácticas, procesos y tecnología utilizados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”, considerando los aspectos:

- Interpretación Litológica.
- Fluidos de perforación.
- Ensamblaje de Fondo.
- Brocas.
- Corrida de Casing.
- Cementación.
- Análisis de Tiempos.

El análisis está enfocado desde que inicia la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”, corrida de casing de 9 5/8” hasta el punto de asentamiento y cementación de la sección.

3.2 Pozos Tipo “S”

Los pozos seleccionados Tipo “S”, están ubicados geográficamente en sentido Centro - Sur en el Bloque 61. En la Tabla 3.1 los pozos seleccionados.

Tabla 3.1. Pozos Seleccionados Tipo “S”

| Pozos Tipo "S" | | | | | | |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Grupo / Zona | Centro | | | | | Sur |
| Grupo 1 | ECC-001S | ECC-002S | ECC-003S | ECC-004S | ECC-007S | ECS-004S |
| Grupo 2 | ECC-014S | ECC-016S | ECC-021S | ECC-020S | ECC-018S | ECS-009S |

Elaborado por: Corrales, 2019

El pozo ECC-001S se encuentra cerca de un pozo que reinyecta agua de formación a la formación “Tiyuyacu” donde su componente principal es la arcilla, la cual tiende a

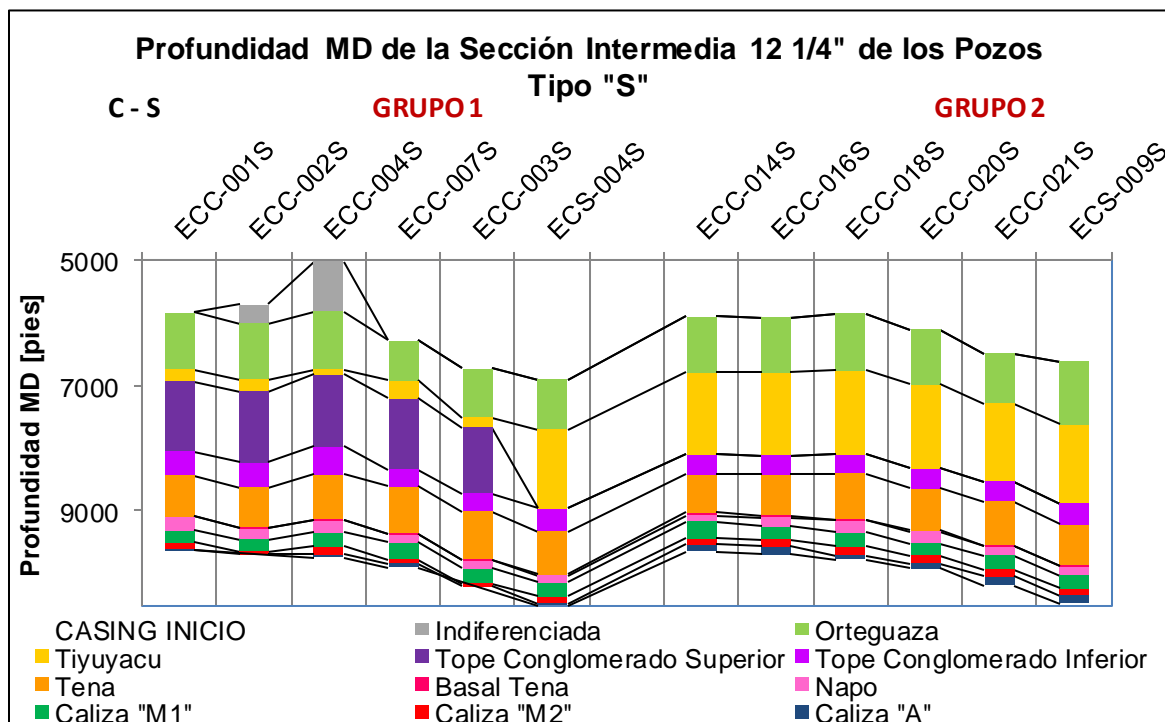
hidratarse e hincharse al entrar en contacto con el agua de formación durante la perforación. Esto causa presiones altas creando una inestabilidad en el agujero y dando como resultado la presencia de derrumbes o reventones. Para evitar tener problemas durante la perforación se realizó el análisis de pozos vecinos y se diseñó la curva de lodos para mitigar este efecto y prevenir los problemas mencionados anteriormente.

A continuación el análisis comparativo y su interpretación considerando los aspectos antes mencionados:

3.2.1 Análisis e interpretación Litológica

3.2.1.1 Profundidad MD

Para el análisis de la interpretación litológica, se elaboró la Gráfica 3.1 comparando la profundidad MD y la litología atravesada durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4"; es decir, el inicio de la sección hasta la profundidad de asentamiento del casing de 9 5/8". Los pozos están ordenados en sentido geográfico y separados por grupos para una mejor visualización.



Gráfica 3.1. Profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4" en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

Los datos del Anexo V están representados en la Gráfica 3.1 indicando la profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4" en los Pozos Tipo "S" del Bloque 61. Cabe mencionar que los pozos están ubicados en sentido geográfico Centro – Sur de izquierda a derecha:

- Los 4 primeros pozos de ambos grupos se encuentran en la parte central.
- El quinto pozo de ambos grupos se encuentra ubicado en la parte centro-sur.
- El sexto pozo de ambos grupos se encuentra ubicado en la parte sur.

Como se observa en la Gráfica 3.1, los topes del quinto y sexto pozo se encuentran desplazados 500 [pies] hacia el fondo, es un indicativo de la geología del Bloque 61.

En el Grupo 1 las tendencias de las líneas al inicio de la sección de 12 1/4" son irregulares; es decir, la sección inicia 1000 [pies] antes de entrar a Orteguzza o 100 [pies] dentro de Orteguzza. De manera similar, para finalizar la sección, está llega hasta la Caliza "M2" o la Caliza "A". La distancia perforada en la sección intermedia de 12 1/4" se encuentra entre 3500 [pies] a 4500 [pies].

En el Grupo 2 las tendencias de las líneas son más uniformes, la sección de 12 1/4" inicia máximo 60 [pies] dentro de Orteguzza y finaliza con 150 [pies] dentro de la Caliza "A". Es importante mencionar que en algunos pozos desaparece el conglomerado superior de la formación Tiyuyacu. La distancia perforada en la sección intermedia de 12 1/4" se encuentra entre 3800 [pies].

3.2.2 Análisis e interpretación de Fluidos de Perforación

Para el análisis e interpretación de los fluidos de perforación se preparó una base de datos, ver Tabla 3.2, con los Parámetros del Fluido de Perforación en la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "S".

Posteriormente se elaboraron gráficas comparativas de las propiedades del fluido de perforación.

Para varios pozos la información es incompleta, se observa espacios vacíos en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Parámetros de Fluidos de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”

| Zona | Grupo | Pozo | Peso del lodo ρ [lbs/gal] | Viscosidad Plástica VP [cp] | Punto Cedente YP [lbs/100ft²] | Geles [lbs/100 ft²] | | pH |
|--------|-------|----------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|----------|-----|
| | | | | | | min | max | |
| Centro | 1 | ECC-001S | 9,5 - 10,4 | 13 - 27 | 13 - 28 | 3_6_9 | 8_19_28 | 11 |
| | | ECC-002S | 9,5 - 10,4 | 6 - 15 | 11 - 24 | 4_5_7 | 8_19_26 | 9,8 |
| | | ECC-004S | 10 - 10,8 | 6 - 15 | 15 - 28 | 7_8_9 | 12_13_17 | 9,2 |
| | | ECC-007S | 9,8 - 10,6 | 12 - 18 | 15 - 26 | --- | --- | 10 |
| | | ECC-003S | 10 - 10,4 | 8 - 25 | 16 - 44 | 3_4_4 | 27_31_35 | 9,4 |
| | 2 | ECC-014S | 9,8 - 10,6 | 11 - 20 | 11 - 24 | 4_5_6 | 8_12_16 | 9,8 |
| | | ECC-016S | 9,6 - 10,6 | 11 - 25 | 16 - 30 | 7_8_10 | 12_19_23 | 9,7 |
| | | ECC-018S | 9,6 - 10,5 | 9 - 21 | 16 - 27 | 5_6_7 | 8_15_17 | 9,7 |
| | | ECC-020S | 9,5 - 10,7 | 9 - 27 | 14 - 32 | 2_3_4 | 9_14_21 | 9,7 |
| | | ECC-021S | 9,7 - 10,8 | 13 - 28 | 17 - 28 | 4_6_7 | 6_13_16 | 9,9 |
| Sur | 1 | ECS-004S | 10 - 12,2 | 14 - 22 | 22 - 32 | --- | --- | 9,5 |
| | 2 | ECS-009S | 10 - 10,8 | 13 - 21 | 13 - 32 | 4_4_5 | 10_16_20 | 9,6 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

3.2.2.1 Densidad

En los pozos del Bloque 61 es necesario realizar el análisis de geomecánica de cada pozo y establecer la curva de densidades con las curvas de presión de poro y gradiente de fractura para no invadir la formación ni fracturarla.

En la Tabla 3.2 se comparan las densidades utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "S". En ambos grupos se atraviesa las formaciones Ortegua, Tiyuyacu Tena y Napo en donde se observa que las densidades son similares.

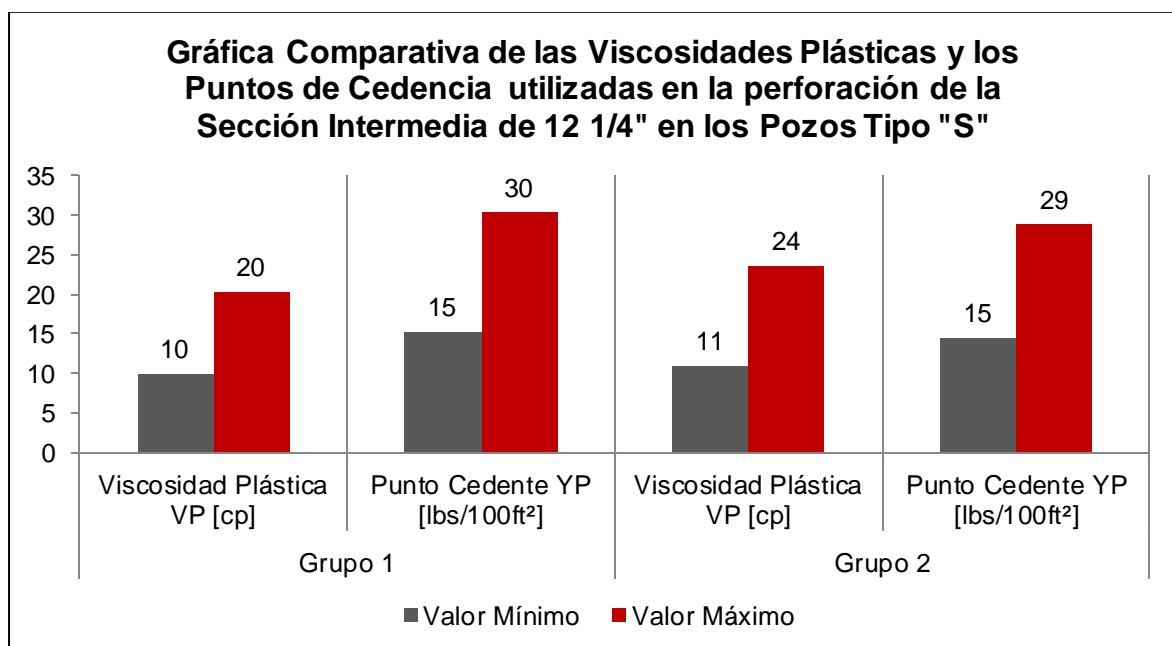
En la Sección Intermedia de 12 ¼" se perfora inicialmente Orteguzza con una densidad promedio de 9,8 [lpg], finalizando en la Caliza "A" con 10,7 [lpg] y para asentar casing de 9 5/8" se usa una densidad de 10,9 [lpg].

3.2.2.2 Viscosidad Plástica y Punto de Cedencia

En la Gráfica 3.2 se comparan los valores mínimos y máximos de las viscosidades plásticas y los puntos de cedencia en los lodos de perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "S".

En ambos grupos las viscosidades plásticas son bajas con altos valores de puntos de cedencia, indicando que el fluido se maneja con un porcentaje óptimo de sólidos asegurando una limpieza efectiva del agujero con una alta tasa de penetración.

En los pozos del Bloque 61 se observan altos puntos de cedencia por el uso de carbonato de calcio como material de sello para estabilizar las arcillas y evitar problemas de pega de tubería.

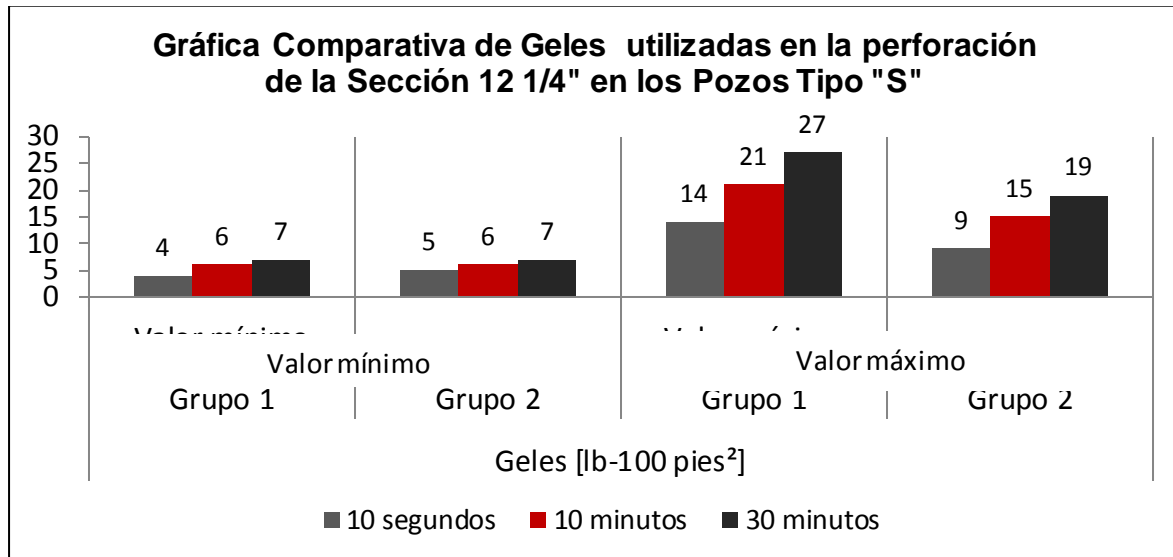


Gráfica 3.2. Comparación de las Viscosidades Plásticas y los Puntos de Cedencia utilizadas en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.2.2.3 Geles

En la Gráfica 3.3 se comparan los valores promedio de esfuerzo de gel tomados a intervalos de 10 segundos, 10 minutos y 30 minutos obtenidos en el viscosímetro de Fann V-G durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "S".



Gráfica 3.3. Comparación de los Geles utilizados en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

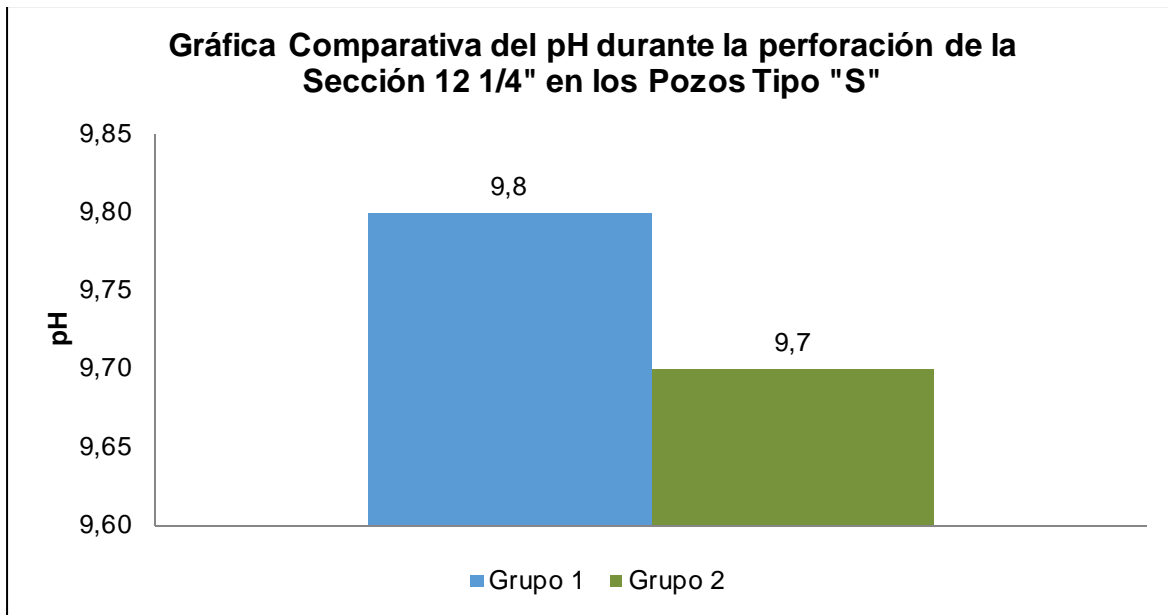
En la Gráfica 3.3 se presentaron altos valores de geles.

Durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" el propósito de los geles es soportar los cortes y los sólidos en suspensión cuando pare la circulación para que estos no se hundan y provoquen problemas como depositación de sólidos alrededor del ensamblaje de fondo o BHA y de la broca; es decir, altos valores representan buen transporte de gases y cortes de perforación hacia la superficie.

3.2.2.4 pH

En la Gráfica 3.4 se comparan los valores promedio de pH obtenidos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "S".

En ambos grupos los pH del fluido de perforación son similares y se mantienen en un promedio de 9,8 el cual es constantemente vigilado para mantener suficiente alcalinidad y reducir la corrosión en la tubería. El pH debe estar en un rango óptimo de 9,6 a 10.



Gráfica 3.4. Comparación de los pH durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.2.3 Análisis e interpretación de Ensamblaje de Fondo

Para el análisis e interpretación de BHA y parámetros de perforación se elaboró una base de datos, Tabla 3.3, que muestra los parámetros durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "S".

Para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" se puede utilizar Motor de Fondo o Rotary Steerable System, su uso depende de las necesidades del pozo.

En el Grupo 1 se empleó de 2 a 3 BHAs para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4", compuestos por motores de fondo de dos modelos: Ultra XL y Xtreme. El uso del estabilizador de 12 1/8" fue muy útil al momento de mantener verticalidad.

El objetivo del primer BHA es perforar hasta llegar al Tope de Tena, manteniendo verticalidad. Se trabajó con (600 – 800 GPM) para no fatigar el motor ni generar desgaste prematuro

El objetivo del segundo BHA es perforar manteniendo verticalidad del pozo hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8". Se trabajó con (600 – 800 GPM) para no forzar el motor ni generar desgaste prematuro.

Tabla 3.3. Parámetros de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”

| Zona | Grupo | Pozo | # BHA | Tipo de Drive | Modelo | ROP Promedio [pph] | RPM Rotaria [rpm] | WOB [Klbs] | Caudal [gpm] | Torque [1000 pie.lbf] |
|----------|-------|----------|-------|---------------|--------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------------|
| Centro | 1 | ECC-001S | 2 | Motor | M1 XL | 32 | 90 | 5 - 35 | 800 | 12 - 15 |
| | | | | Motor | Ultra XL | 32 | 80 | 5 - 32 | 780 | 14 - 16 |
| | | ECC-002S | 2 | Motor | Xtreme | 34 | 40 | 4 - 30 | 850 | 8 - 24 |
| | | | | Motor | Ultra XL | 29 | 70 | 4 - 35 | 880 | 14 - 28 |
| | | ECC-004S | 1 | Motor | Ultra XL | 31 | 70 | 10 - 38 | 880 | 14 - 23 |
| | | ECC-007S | 1 | Motor | Ultra XL | 45 | 80 | 5 - 35 | 800 | 15 - 25 |
| | | ECC-003S | 3 | Motor | Ninguno | 10 | 60 | 5 - 10 | 950 | 15 - 18 |
| | | | | Motor | Xtreme | 27 | 40 | 2 - 35 | 850 | 8 - 28 |
| | | | | Motor | Xtreme | 25 | 40 | 5 - 30 | 850 | 14 - 25 |
| | 2 | ECC-014S | 2 | Motor | A962 GT | 55 | 80-100 | 20 - 30 | 1190 | 9 - 20 |
| | | | | Motor | A962 XP | 58 | 100-100 | 20 - 30 | 980 | 12 - 20 |
| | | ECC-016S | 1 | RSS | PD 900 X6 | 57 | 100-130 | 30 - 50 | 1080 - 1200 | 15 - 23 |
| | | ECC-018S | 1 | Motor | A962 GT | 70 | 80 - 100 | 30 - 50 | 1100 - 1200 | 15 - 25 |
| | | ECC-020S | 1 | Motor | A962M5 640XP | 72 | 40 - 100 | 20 - 50 | 650 - 1200 | 11 - 25 |
| ECC-021S | | 1 | Motor | A962 GT | 46 | 80 - 100 | 40 - 45 | 1050 - 1200 | 20 - 27 | |
| Sur | 1 | ECS-004S | 2 | Motor | Ultra XL | 50 | 130 | 10 - 40 | 950 | 20 - 35 |
| | | | | Motor | Ultra XL | 48 | 130 | 15 - 30 | 800 | 25 - 35 |
| | 2 | ECS-009S | 1 | RSS | PD 900 X6 | 49 | 60 - 130 | 18 - 50 | 850 - 1200 | 10 - 24 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 2 se empleó de 1 a 2 BHAs para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”, sin embargo el 80% de los pozos se perforo con un solo BHA.

Con el tiempo se ha desarrollado tecnología capaz de atravesar los conglomerados con mayores parámetros y herramientas que soporten la abrasión y la dureza durante la

perforación. En la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” se utilizó motores de fondo y Rotary Steerable System.

Los motores de fondo son de tres modelos: 962 XP, 962 GT y 962 M5640XP. Normalmente se utiliza dos estabilizadores, sin embargo no es necesario cuando se utiliza herramientas LWD, estas herramientas vienen con estabilizadores adicionales. Los tamaños de estabilizadores empleados usualmente son: 11 ¾”, 12” y 12 1/8”. La configuración de los BHAs se observa en el ANEXO VI.

Las sartas con Rotary Steerable System son del modelo PD900 X6 y PDC900 Orbit. El uso del estabilizador de 11 ¾” o de 12” fue muy útil al momento de mantener verticalidad. El Rotary Steerable System al tener un rango mayor de trabajo en RPM, ha ayudado a tener un mayor control direccional en Napo. Se recomienda el uso del Rotary Steerable System debido al mayor control direccional para llevar la trayectoria del pozo según lo planificado.

El objetivo del BHA es tener un mejor control en la trayectoria y atravesar las formaciones de Orteguaza, Conglomerado Superior e Inferior, Tena, Basal Tena, Napo hasta el punto de revestimiento en una sola corrida. En algunos pozos el Conglomerado Superior se presenta en espesores pequeños o hasta desaparece. En los pozos del Bloque 61 se recomienda usar al menos 1050 [gpm] para tener una mejor limpieza del agujero.

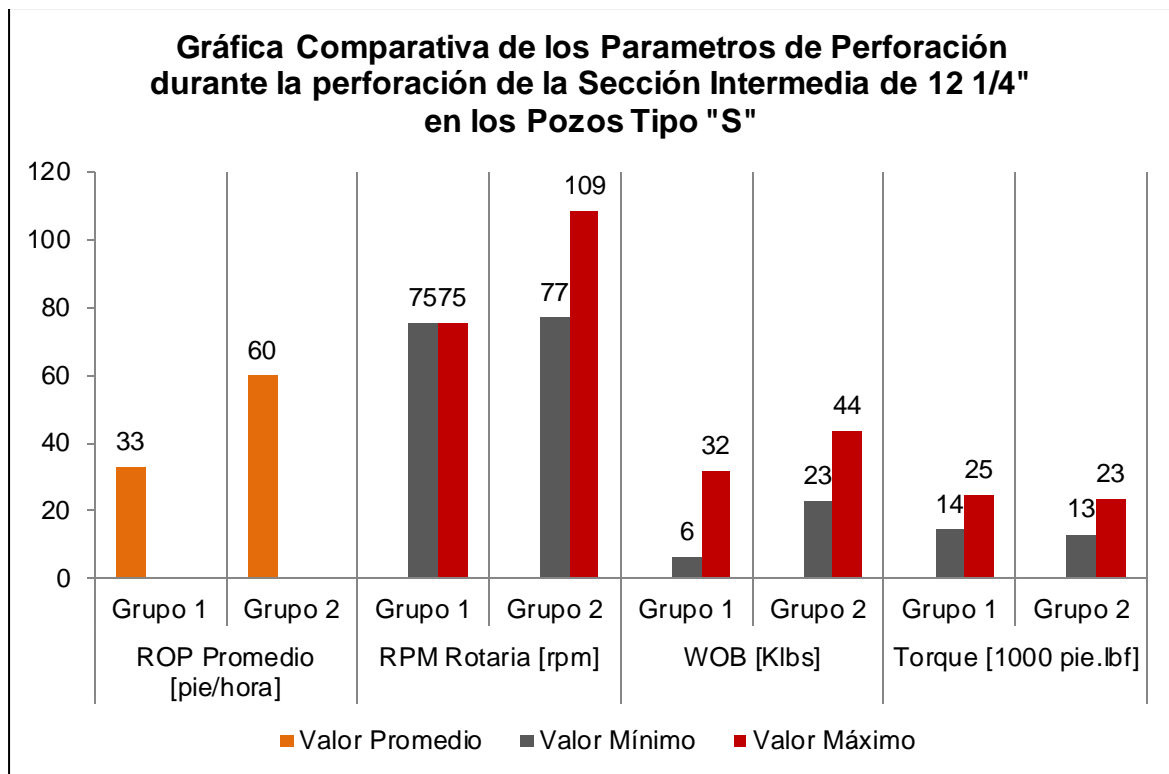
3.2.4 Análisis e interpretación de Parámetros de Perforación

Para el análisis e interpretación de parámetros de perforación, se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.3, que muestra los parámetros utilizados en la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”.

En la Gráfica 3.5 se comparó los valores promedios de:

- Rata de Penetración.
- Revoluciones por minuto
- Peso sobre la broca
- Torque

El caudal se observa en la Tabla 3.3.



Gráfica 3.5. Comparación de los ROP Promedio durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 las prácticas realizadas en los pozos del Bloque 61 son: control de ROP en Basal Tena, Conglomerados Superior e Inferior y en zonas de caliza, control de RPM en las operaciones de molienda del cemento y zapata, mientras que en zona de arcillas se aplicó máximos parámetros permitidos para un buen ROP. Los parámetros utilizados son (800 – 950 GPM), (6 – 32 WOB), (40 - 75 RPM) y (25 – 33 ROP).

Los cambios de BHA fueron por:

- Baja tasa de penetración.
- Precautelar la vida útil de las brocas.
- Máximos parámetros aplicados y poco avance en la perforación.
- Baja ROP debido a cambios en la RPM y WOB.
- Problemas al perforar en modo rotación en los conglomerados.
- Tendencia a tumbar inclinación en Tiyuyacu lo cual hace desplazar de la trayectoria planeada.

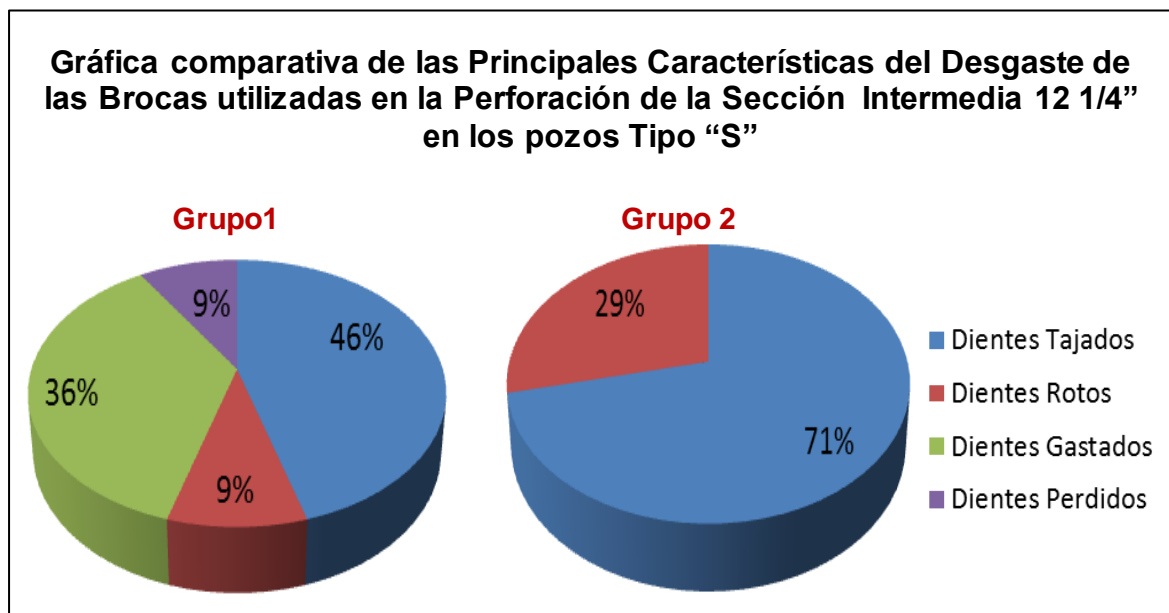
En el Grupo 2 las prácticas realizadas en los pozos del Bloque 61 son: control de parámetros antes de entrar al conglomerado superior e inferior para proteger la estructura de corte debido al ambiente de alto impacto y abrasividad por la formación Tiyuyacu produciendo bajo rendimiento (ROP), realizar viajes cortos a la zapata anterior de 13 3/8” y se recomienda atravesar puntos apretados en zonas de calizas con rotación debido a la tendencia de formar escalones. Los parámetros utilizados son (800 – 1200 GPM), (20 – 45 WOB), (40 - 130 RPM) y (25 – 70 ROP).

Los cambios de BHA fueron por:

- Baja tasa de penetración.
- Precautelar la vida útil de las brocas.
- Problemas de apoyo o restricciones.

3.2.5 Análisis e interpretación de Brocas

Para el análisis e interpretación de brocas, se elaboró una base de datos representada en la Tabla 3.4 que muestra la descripción de las brocas utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” en los Pozos Tipo “S”. La Gráfica 3.6 representa porcentualmente las principales características del desgaste de las brocas empleadas en la perforación.



Gráfica 3.6. Comparación de los Desgastes en las brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 1/4” entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo “S”

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

Tabla 3.4. Descripción de brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”

| Zona | Grupo | Pozo | Broca / Código IADC | Nombre de la Broca | TFA | HSI | Elemento de desviación | Evaluación del desgaste de la broca |
|----------|-------|------------|---------------------|--------------------|------|-------|------------------------|-------------------------------------|
| Centro | 1 | ECC-001S | PDC / M323 | HCD605X | 0,94 | 1,69 | Motor | 2-1-CT-N-X-I-WT-BHA |
| | | | PDC / M323 | HCD605X | 1,05 | 1,68 | Motor | 0-2-CT-S/G-X-I-NO-TD |
| | | ECC-002S | PDC / M323 | HCD605X | 0,91 | 1,83 | Motor | 1-1-CT-S-X-I-WT-BHA |
| | | | PDC / M323 | HCD605X | 0,94 | 2,64 | Motor | 2-3-BT-S-X-I-CT-TD |
| | | ECC-004S | PDC / S323 | TD605SX | 0,91 | 2,98 | Motor | 1-1-CT-A-X-I-BT-TD |
| | | ECC-007S | PDC / S323 | DP605SX | 1,05 | 1,83 | Motor | 1-2-CT-S-X-I-BT-TD |
| | | ECC-003S | Tricónica / ST | GT 1 | 1.11 | 2,9 | Motor | 0-0-WT-A-E-I-NO-TD |
| | | | PDC / M323 | HCD605X | 0,91 | 2,32 | Motor | 0-1-LT-N-X-I-CT-BHA |
| | | PDC / M323 | DP605SX | 0,91 | 2,78 | Motor | 0-1-WT-G-X-I-CT-TD | |
| | 2 | ECC-014S | PDC / M233 | Z519 | 1,2 | 1,3 | Motor | 1-1-CT-A-X-I-WT-BHA |
| | | | PDC / M233 | MSi519L MHSBPXX | 1,2 | 1,3 | Motor | 1-1-CT-A-X-I-NO-TD |
| | | ECC-016S | PDC / M233 | Z519 | 1,3 | 3,8 | RSS | 1-1-BT-S-X-I-CT-TD |
| | | ECC-018S | PDC / M233 | Z519 | 1,2 | 3,6 | Motor | 1-2-BT-S-X-I-WT-TD |
| | | ECC-020S | PDC / M233 | Z519 | 1,2 | 2,5 | Motor | 1-2-CT-S-X-I-BT-TD |
| ECC-021S | | PDC / M233 | Z519 | 1,3 | 2,6 | Motor | 1-2-CT-G-X-I-WT-TD | |
| Sur | 1 | ECS-004S | PDC / M223 | MSiZ51L MHSBPXX | 1,2 | 2,8 | Motor | 1-2-WT-A-X-I-CT-PR |
| | | | PDC / M233 | MSi519L MHSBPXX | 1,3 | 2,7 | Motor | 0-1-WT-A-X-I-BT-TD |
| | 2 | ECS-009S | PDC / M233 | Z519 | 1,4 | 1,3 | RSS | 0-1-CT-S-X-I-NO-TD |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En la perforación de la sección de 12 ¼” se atraviesan las formaciones de Orteguzza, Tiyuyacu (compuestos por conglomerados, arcilla, arenisca y lutita) y las formaciones de Tena y Napo.

En el Grupo 1 se usó brocas PDC con código IADC M 323: con cuerpo de matriz conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm] y S 323: con cuerpo de acero conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm].

Para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” se utilizó de 1 a 2 brocas. La primera perforó las formaciones de Orteguzza y Tiyuyacu donde se encuentran los conglomerados e intercalaciones de arcilla, arenisca y lutita. Para reducir el daño a la broca se controló los parámetros 20 [pies] antes de entrar al conglomerado. La segunda perforó desde el tope de Tena hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8”.

Como se observa en la Gráfica 3.6, el desgaste principal de las brocas se debe a dientes tajados, rotos, gastados o perdidos ubicados principalmente en el hombro, nariz o en el área de calibre. Para mejorar la calidad del agujero durante los viajes se repasó 2 veces cada parada perforada, se realizó los respectivos viajes de control por horas (cada 40 horas) y se redujó las RPM en zonas de calizas.

En el Grupo 2 se usó brocas PDC con código IADC M 223: con cuerpo de matriz conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm].

En la mayoría de los pozos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” se utilizó una sola broca, donde la sección inicia 60 [pies] dentro de Orteguzza y finaliza 150 [pies] dentro de la Caliza “A”.

Como se observa en la Gráfica 3.6, el desgaste principal de las brocas se debe a dientes tajados o rotos ubicados principalmente en el hombro. Para mejorar la calidad del agujero se realizó control de parámetros antes de entrar al conglomerado superior e inferior realizó viajes cortos a la zapata anterior de 13 3/8” y se atravesó puntos apretados en zonas de calizas con rotación debido a la tendencia de formar escalones.

3.2.6 Análisis e interpretación de Corrida de Casing de 9 5/8”

Para el análisis e interpretación de la corrida del casing de 9 5/8” se elaboró una base de datos, ver la Tabla 3.5, mostrando las características de las tuberías de revestimiento utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” en los Pozos Tipo “S”.

Los puntos de asentamiento se definen con el análisis de geomecánica realizado de cada pozo. Una vez finalizada la perforación de la sección de 12 1/4”, se bajó el casing de 9 5/8” el cual debe ser capaz de resistir las presiones internas, externas y las cargas axiales. La tubería de revestimiento tiene como objetivos: aislar las arcillolitas de

Orteguaza, Conglomerados de Tiyuyacu, las arcillas de Tena, zonas inestables, zonas de pérdida de circulación y zonas de bajas.

En ambos grupos se utilizó dos casings de 9 5/8" con libraje y grado diferente. El primero va desde superficie hasta aproximadamente 8500 [pies] con un libraje de 47 [libras/pies] y la segunda llega hasta el punto de asentamiento con un libraje de 53,5 [libras/pies]. En algunos casos se utilizó las dos juntas o solo una de ellas para llegar hasta el punto de asentamiento.

En ambos grupos se realizaron simulaciones en software para el diseño del casing, el cual resistió los esfuerzos de colapso, estallido y tensión.

Tabla 3.5. Características de las Tuberías de Revestimiento utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "S"

| Zona | Grupo | Pozos | Número de Juntas | Profundidad MD [pies] | Libraje [lbs/pie] | Grado | Conexión | |
|--------|----------|----------|------------------|-----------------------|-------------------|-------|----------|------|
| Centro | 1 | ECC-001S | 229 | 9625 | 47 | C-95 | BTC | |
| | | ECC-002S | 229 | 9679 | 47 | C-95 | BTC | |
| | | ECC-004S | 208 | 9739 | 47 | N-80 | BTC | |
| | | ECC-007S | 125 | 5784 | 47 | P-110 | BTC | |
| | | | 84 | 9904 | 53,5 | N-80 | BTC | |
| | ECC-003S | 249 | 10147 | 47 | C-95 | BTC | | |
| | 2 | ECC-014S | 183 | 8005 | 47 | N-80 | BTC | |
| | | | 47 | 9633 | 53,5 | L-80 | BTC | |
| | | ECC-016S | 166 | 7577 | 47 | L-80 | BTC | |
| | | | 52 | 9680 | 53,5 | L-80 | BTC | |
| | | ECC-018S | 183 | 7637 | 47 | N-80 | BTC | |
| | | | 51 | 9769 | 53,5 | N-80 | BTC | |
| | | ECC-020S | 181 | 8429 | 47 | L-80 | BTC | |
| | | | 24 | 9425 | 47 | P-110 | BTC | |
| | | | 11 | 9917 | 53,5 | L-80 | BTC | |
| | | ECC-021S | 167 | 7682 | 47 | L-80 | BTC | |
| | | | 59 | 10088 | 53,5 | L-80 | BTC | |
| | | Sur | 1 | ECS-004S | 155 | 7229 | 47 | N-80 |
| 70 | | | | | 10497 | 53,5 | P-110 | BTC |
| 2 | ECS-009S | | 156 | 7069 | 47 | N-80 | BTC | |
| | | | 90 | 10473 | 53,5 | N-80 | BTC | |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

3.2.7 Análisis e interpretación de la Cementación

Para el análisis e interpretación de las operaciones de cementación, se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.6, que muestra los parámetros utilizados en la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”.

Tabla 3.6. Descripción de los Parámetros de Cementación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”

| Zona | Grupo | Pozo | Número de Centralizadores | Clase | Exceso [%] | Lechada Lead | | Lechada Tail | |
|--------|-------|----------|---------------------------|-------|------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | | | | | | Densidad [lpg] | Tope [pies] | Densidad [lpg] | Tope [pies] |
| Centro | 1 | ECC-001S | 14 | G | 20 | 14,5 | 5645 | 16,8 | 8335 |
| | | ECC-002S | 21 | G | 20 | 14,5 | 5507 | 16,8 | 8687 |
| | | ECC-004S | 15 | G | 20 | 14,5 | 4822 | 16,5 | 8739 |
| | | ECC-007S | 12 | G | 10 | 14,5 | 6090 | 16,0 | 8904 |
| | | ECC-003S | 16 | G | 10 | 14,5 | 4850 | 16,8 | 8895 |
| | 2 | ECC-014S | 2 | G | 50 | 13,5 | 5.408 | 15,8 | 9145 |
| | | ECC-016S | 3 | G | 50 | 13,5 | 5.418 | 15,8 | 9190 |
| | | ECC-018S | 1 | G | 50 | 13,5 | 5.350 | 15,8 | 9279 |
| | | ECC-020S | 2 | G | 50 | 13,5 | 5.602 | 15,8 | 9426 |
| | | ECC-021S | 3 | G | 50 | 13,5 | 5.996 | 15,8 | 9688 |
| Sur | 1 | ECS-004S | 20 | G | 20 | 14,5 | 6702 | 16,0 | 9682 |
| | 2 | ECS-009S | 5 | G | 50 | 13,5 | 6.119 | 15,8 | 9980 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

La Gráfica 3.6 representa las lechadas Lead y Tail utilizadas durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”.

3.2.8 Análisis e interpretación de Análisis de tiempos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.7, que muestra los pies perforados, tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los pozos Tipo “S”.

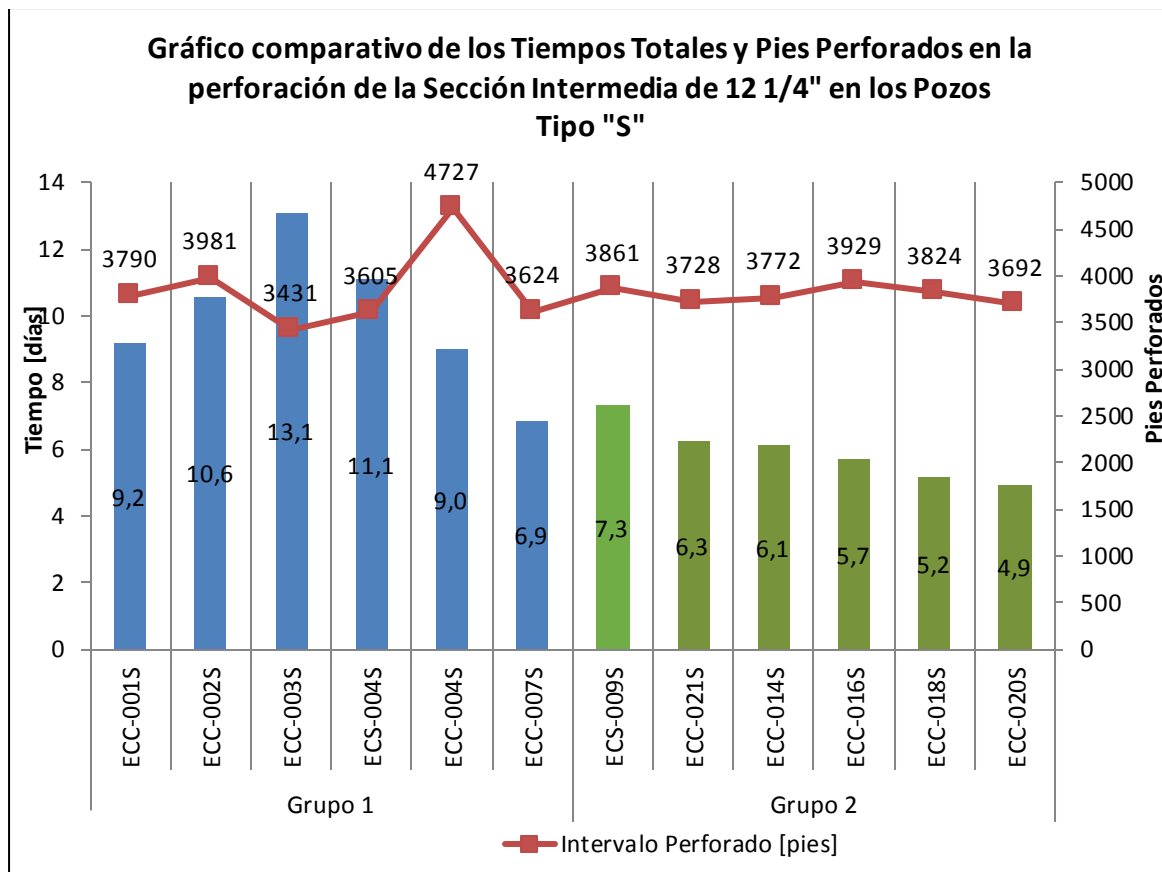
Tabla 3.7. Base de tiempos durante la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”

| Zona | Grupo | Pozos | Número de BHA utilizados | Pies Perforados [pies] | Tiempo Perforación [días] | Tiempos Planos [días] | Tiempo Productivo [días] | Tiempo No Productivo [días] | Tiempo Total Sección [días] |
|--------|-------|----------|--------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Centro | 1 | ECC-001S | 2 | 3790 | 4,7 | 4,4 | 8,8 | 0,35 | 9,2 |
| | | ECC-002S | 2 | 3981 | 5,1 | 5,4 | 10 | 0,63 | 10,6 |
| | | ECC-003S | 3 | 3431 | 5,5 | 7,6 | 12,8 | 0,29 | 13,1 |
| | | ECC-004S | 1 | 4727 | 5,5 | 3,5 | 8,9 | 0,13 | 9 |
| | | ECC-007S | 1 | 3624 | 3,4 | 3,5 | 6,8 | 0,04 | 6,9 |
| | 2 | ECC-014S | 2 | 3728 | 3 | 3,1 | 6,1 | 0 | 6,1 |
| | | ECC-016S | 1 | 3772 | 2,8 | 2,9 | 5,7 | 0 | 5,7 |
| | | ECC-018S | 1 | 3929 | 2,3 | 2,8 | 5,1 | 0 | 5,2 |
| | | ECC-020S | 1 | 3824 | 2,2 | 2,7 | 4,8 | 0,15 | 4,9 |
| | | ECC-021S | 1 | 3692 | 3,4 | 2,9 | 6,3 | 0 | 6,3 |
| Sur | 1 | ECS-004S | 2 | 3605 | 3 | 8,1 | 9 | 2,13 | 11,1 |
| | 2 | ECS-009S | 1 | 3861 | 3 | 4,3 | 6,4 | 0,96 | 7,3 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En la Gráfica 3.8 se presentan los tiempos totales y pies perforados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los pozos Tipo “S”.



Gráfica 3.8. Comparación de los Tiempos Totales de la Perforación y Pies Perforados en la Sección Intermedia de 12 1/4" de los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

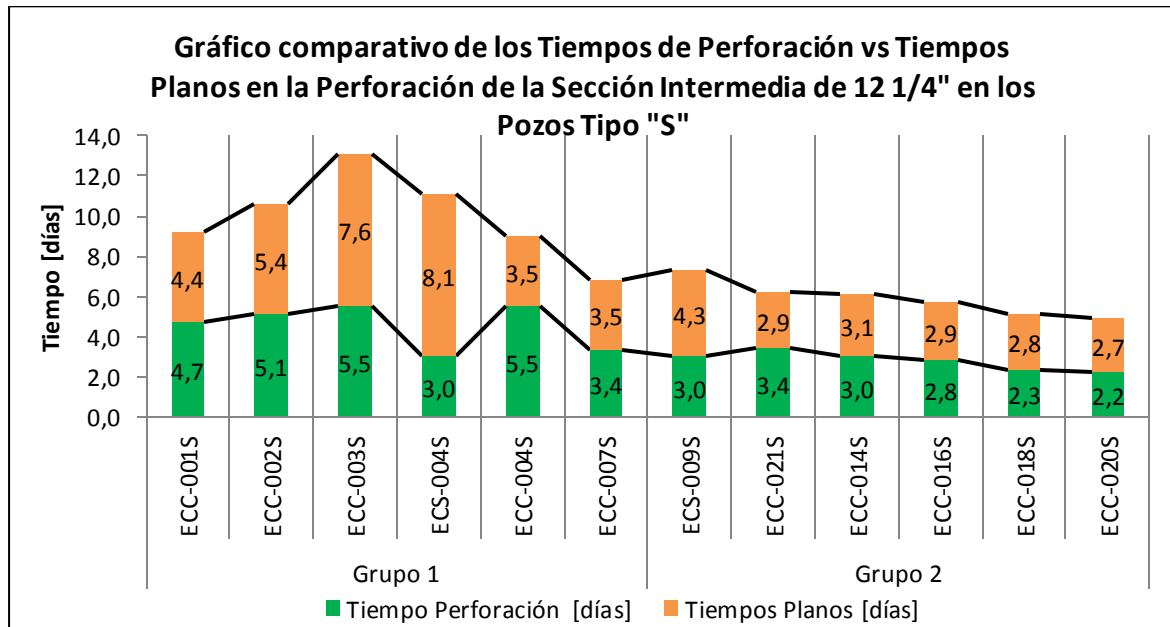
En el Grupo 1 el tiempo promedio para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" es de aproximadamente 10 días. Como se observa en la Gráfica 3.8, los pies perforados no son directamente proporcional al tiempo; por ejemplo, en el pozo ECC-004S se perfora 4727 [pies] en 9 [días], sin embargo en el pozo ECC-003S se perfora 3431 [pies] en 13 [días], indicando problemas operacionales que han retrasado la perforación de la Sección Intermedia.

Se concluye que el tiempo de los pozos no se incrementa a medida que aumenta los pies perforados en la Sección Intermedia de 12 1/4".

En el Grupo 2 el tiempo promedio para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" es de 5,9 días. Como se observa en la Gráfica 3.8, los tiempos totales de perforación entre el Grupo 1 y el Grupo 2 se reducen drásticamente, dando un porcentaje promedio de tiempos reducidos del 41%, que representa aproximadamente 4 días.

3.2.8.1 Tiempo de Perforación y Tiempos Planos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró la Gráfica 3.9, que representa los tiempos de perforación y tiempos planos de los pozos seleccionados Tipo "S" del Bloque 61.



Gráfica 3.9. Comparación de los tiempos de perforación y tiempos planos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Como se observa en la Gráfica 3.9, las barras verdes representan los tiempos de perforación y las barras tomates los tiempos planos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼".

En el Grupo 1 el tiempo promedio de perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" es de 4,6 [días] y los tiempos planos son de 5,4 [días]. Mientras que en el Grupo 2 el tiempo promedio de perforación es de 2,8 [días] y los tiempos planos son 3,1 [días].

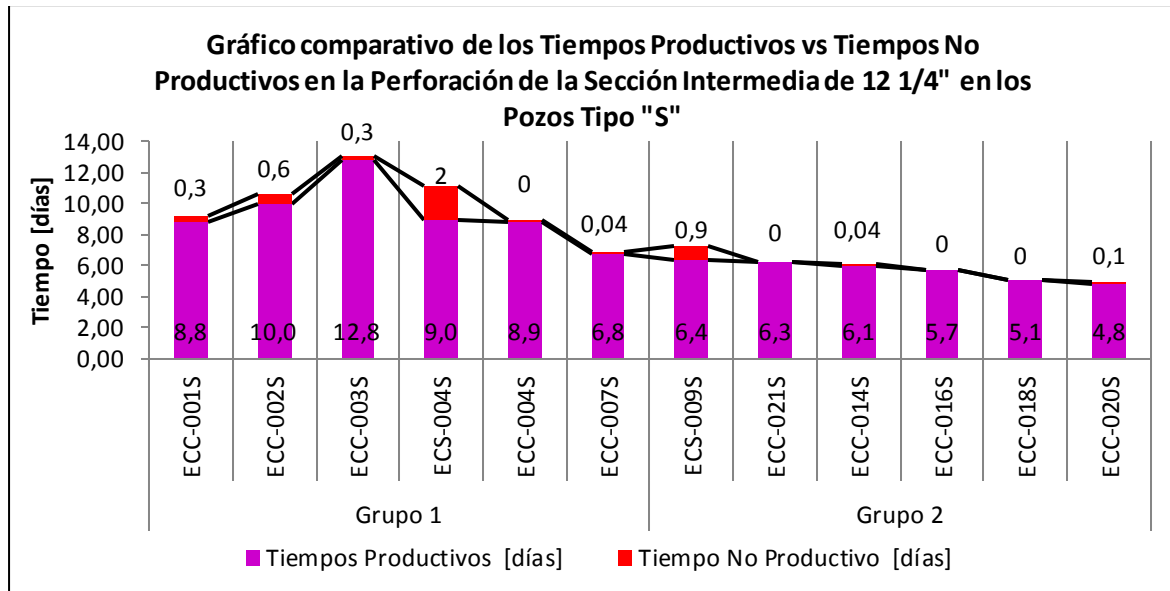
Se concluye que los tiempos de perforación y tiempos planos son más altos en el Grupo 1, y se evidencia una disminución de tiempos en el Grupo 2.

Los tiempos de perforación del grupo 2 se reducen en un 39%, representando 1,8 días.

Los tiempos planos del grupo 2 se reducen en un 42 %, representando 2,3 días.

3.2.8.2 Tiempos Productivos y No Productivos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró la Gráfica 3.10 que representa los tiempos de perforación y tiempos planos de los pozos seleccionados Tipo "S" del Bloque 61.



Gráfica 3.10. Comparación de los tiempos productivos y no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "S"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Como se observa en la Gráfica 3.10, las barras moradas representan los tiempos productivos y las barras rojas los tiempos no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4"; los que están detallados en la Tabla 3.8.

En el Grupo 1 los tiempos no productivos representan los problemas operacionales durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4". El porcentaje de tiempos no productivos es del 6% del tiempo total.

Entre los tiempos no productivos observados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" se mencionan los siguientes:

- Frague no planificado.
- Reparación del equipo
- Problemas con el Equipo de control de sólidos

Se debe de considerar que el 60% de los problemas se asocian a la reparación de equipos, como se observa en la Tabla 3.8.

En el Grupo 2 los tiempos no productivos representan el 4% del tiempo total; aspecto asociado a reparación de equipo por parte del taladro. Sin embargo estos problemas han controlado a tiempos y no han afectado de manera significativa los tiempos totales.

Se concluye que al principio las causas de tiempos no productivos eran altos sin embargo, con el tiempo y su control adecuado, se han reducido en un 67%.

Tabla 3.8. Base de datos de las causas de Tiempos No Productivos registrados en los Pozos Tipo “S”

| Zona | Grupo | Causas de NPT [días] | Frague no planificado | Reparación del equipo | Problemas con el Equipo de Control de Sólidos |
|--------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| | | Pozo | | | |
| Centro | 1 | ECC-001S | X | X | |
| | | ECC-002S | | X | |
| | | ECC-004S | | X | |
| | | ECC-007S | | X | |
| | | ECC-003S | | X | |
| | 2 | ECC-014S | | X | |
| | | ECC-016S | | | |
| | | ECC-018S | | | |
| | | ECC-020S | | X | |
| | | ECC-021S | | | |
| Sur | 1 | ECS-004S | | X | X |
| | 2 | ECS-009S | | x | |

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.3 Pozos Tipo “J HD”

Los pozos seleccionados Tipo “J HD” del Grupo 1 y 2, están ubicados geográficamente en sentido Norte - Centro en el Bloque 61. En la Tabla 3.9 los pozos seleccionados.

Tabla 3.9. Pozos Seleccionados Tipo “J HD”

| Pozos Tipo "J HD" | | | |
|-------------------|----------|----------|----------|
| Grupo / Zona | Norte | Centro | |
| Grupo 1 | ECN-003H | ECC-002H | ECC-004H |
| Grupo 2 | ECN-010H | ECC-015H | ECC-017H |

Elaborado por: Corrales, 2019

Los pozos ECN-010H se encuentra cerca de un pozo que reinyecta agua de formación a la formación “Tiyuyacu” donde su componente principal es la arcilla, la cual tiende a hidratarse e hincharse al entrar en contacto con el agua de formación durante la perforación. Esto causa presiones altas creando una inestabilidad en el agujero y dando como resultado la presencia de derrumbes o reventones. Para evitar tener problemas durante la perforación se realizó el análisis de pozos vecinos y se diseñó la curva de lodos para mitigar este efecto y prevenir los problemas mencionados anteriormente.

A continuación el análisis comparativo y su interpretación considerando los aspectos mencionados en la introducción.

3.3.1 Análisis e interpretación Litológica en MD

3.3.1.1 Profundidad MD

Para el análisis de la interpretación litológica, se elaboró la Gráfica 3.11 comparando la profundidad MD y la litología atravesada durante la perforación de la sección de 12 1/4”; es decir, el inicio de la sección hasta la profundidad de asentamiento del casing de 9 5/8”. Los pozos están ordenados en sentido geográfico y separados por grupos para una mejor visualización.

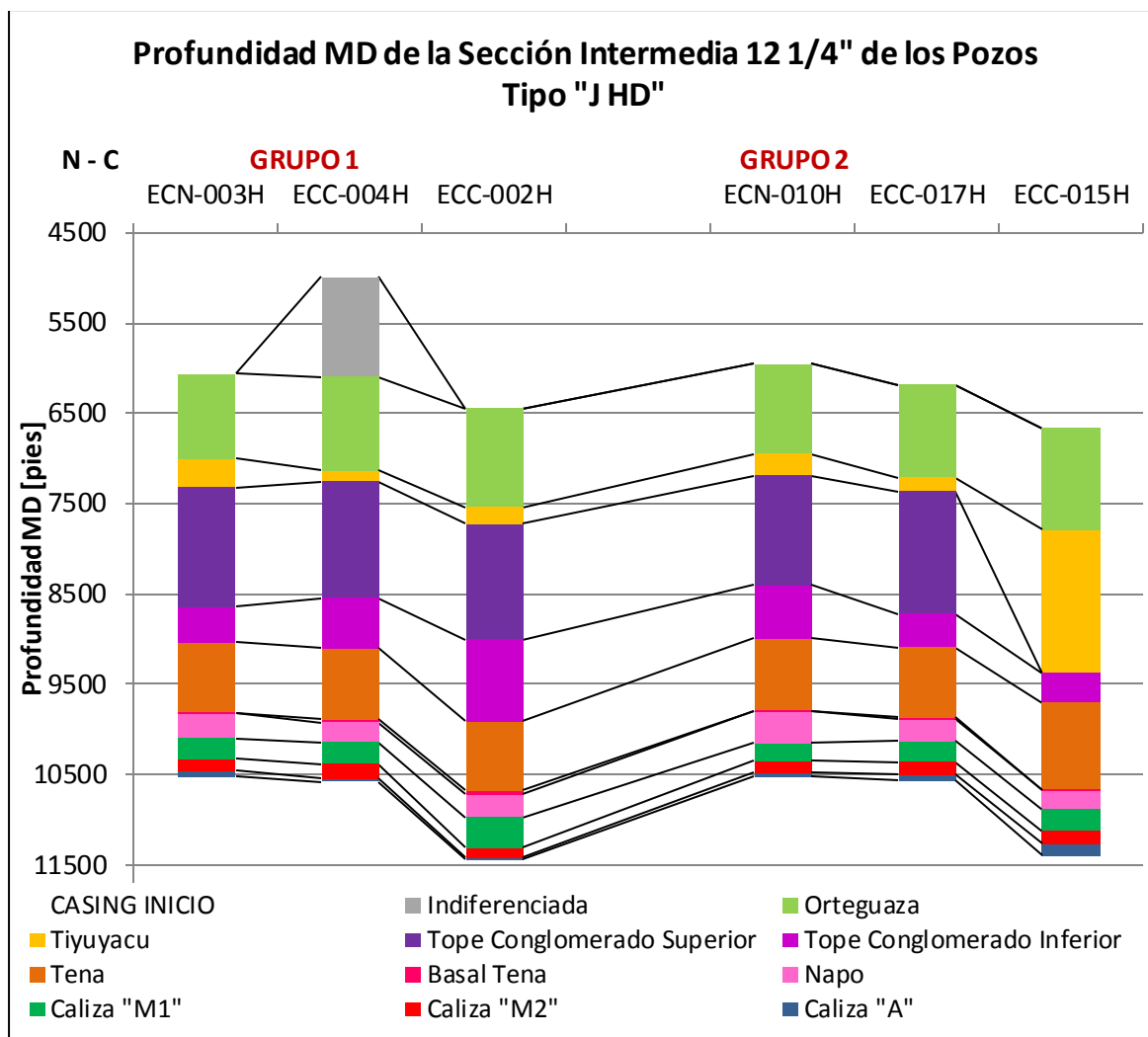
Los datos del Anexo VII están representados en la Gráfica 3.11 indicando la profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4” en los Pozos Tipo “J HD”. Cabe mencionar que los pozos están ubicados en sentido geográfico Norte – Centro de izquierda a derecha:

- El primer pozo de ambos grupos se encuentran en la parte norte.
- El segundo pozo de ambos grupos se encuentra ubicado en la parte centro.
- El tercer pozo de ambos grupos se encuentra ubicado en la parte centro-sur.

Como se observa en la Gráfica 3.11 los topes del tercer pozo de cada grupo se encuentran desplazados aproximadamente 300 [pies] hacia el fondo, es un indicativo de la geología del Bloque 61.

En el Grupo 1 las tendencias de las líneas al inicio de la sección de 12 ¼” son irregulares es decir la sección inicia 1100 [pies] antes de entrar a Orteguzza o 100 pies dentro de Orteguzza y la sección finaliza 20 – 70 [pies] dentro de la Caliza “A”. La distancia perforada en la sección de 12 ¼” se encuentra entre 4500 - 5500 [pies].

En el Grupo 2 las tendencias de las líneas son más uniformes; la sección de 12 ¼ inicia 50 -100 [pies] dentro de Orteguaza y finaliza con 130 [pies] dentro de la Caliza "A". Durante la perforación de la sección 12 ¼" se atraviesa el conglomerado superior sin embargo en algunos pozos llega a desaparecer la formación. La distancia perforada en la sección de 12 ¼" se encuentra entre 4500 [pies].



Gráfica 3.11. Profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.3.2 Análisis e interpretación de Fluidos de perforación

Para el análisis e interpretación de los fluidos de perforación se preparó una base de datos, ver Tabla 3.10, con los Parámetros del Fluido de Perforación en la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "J HD".

Posteriormente se elaboraron gráficas comparativas de las propiedades del fluido de perforación y para poder distinguirlos de una mejor manera se los separo por grupos.

Tabla 3.10. Parámetros de Fluidos de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”

| Zona | Grupo | Pozo | Peso del lodo ρ [lbs/gal] | Viscosidad Plástica VP [cp] | Punto Cedente YP [lbs/100ft²] | Geles [lbs/100 ft²] | | pH |
|--------|-------|----------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|----------|-----|
| | | | | | | min | max | |
| Norte | 1 | ECN-003H | 9,6 - 10,8 | 10 - 22 | 5 - 10 | 4_5_6 | 10_20_28 | 10 |
| | 2 | ECN-010H | 10 - 10,9 | 10 - 24 | 15 - 30 | 3_5_7 | 9_54_22 | 9,7 |
| Centro | 1 | ECC-004H | 10 - 10,8 | 6 - 17 | 15 - 34 | 6_9_11 | 12_19_24 | 9,6 |
| | | ECC-002H | 9,5 - 10,8 | 10 - 18 | 20 - 24 | 5_6_7 | 11_14_20 | 9,9 |
| | 2 | ECC-017H | 10 - 10,9 | 9 - 20 | 12 - 28 | 5_6_8 | 6_10_15 | 9,8 |
| | | ECC-015H | 9,8 - 11,4 | 7- 20 | 11 - 31 | 4_5_5 | 14_22_28 | 9,7 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

3.3.2.1 Densidad

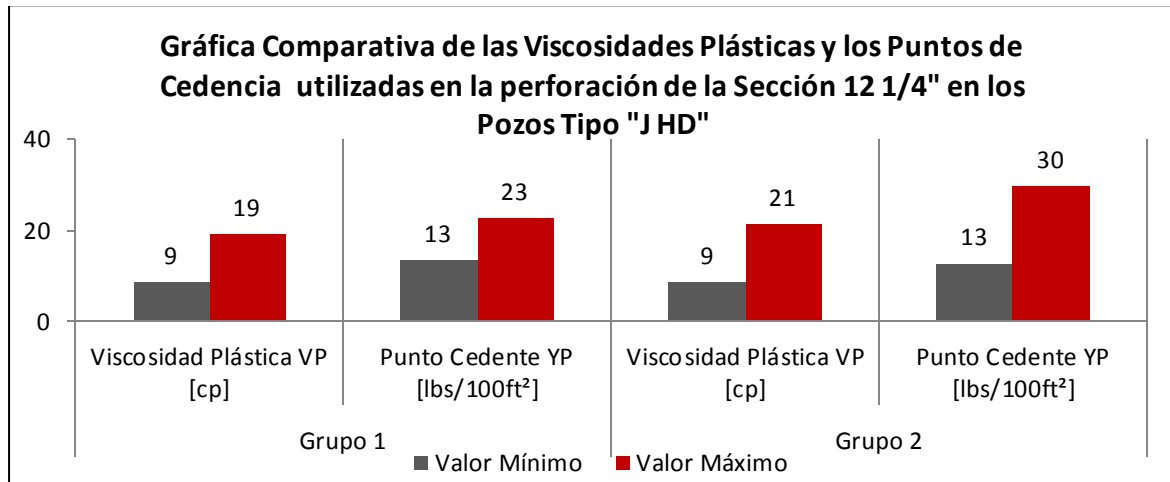
En los pozos del Bloque 61 es necesario realizar el análisis de geomecánica de cada pozo y establecer la curva de densidades con las curvas de presión de poro y gradiente de fractura para no invadir la formación ni fracturarla.

En la Tabla 3.10 se comparan las densidades utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD". En ambos grupos se atraviesa las formaciones Ortegua, Tiyuyacu Tena y Napo en donde se observa que las densidades son similares.

La Sección Intermedia de 12 ¼” se perforó inicialmente Ortegua con una densidad promedio de 9,8 [lpg], finalizando en la Caliza “A” con 11 [lpg] y para asentar casing de 9 5/8” se usa densidad de 11,2 [lpg].

3.3.2.2 Viscosidad Plástica y Punto Cedente

En la Gráfica 3.12 se comparan los valores mínimos y máximos de las viscosidades plásticas y los puntos de cedencia en los lodos de perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD".



Gráfica 3.12. Comparación de las Viscosidades Plásticas y los Puntos de Cedencia utilizadas en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD"

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

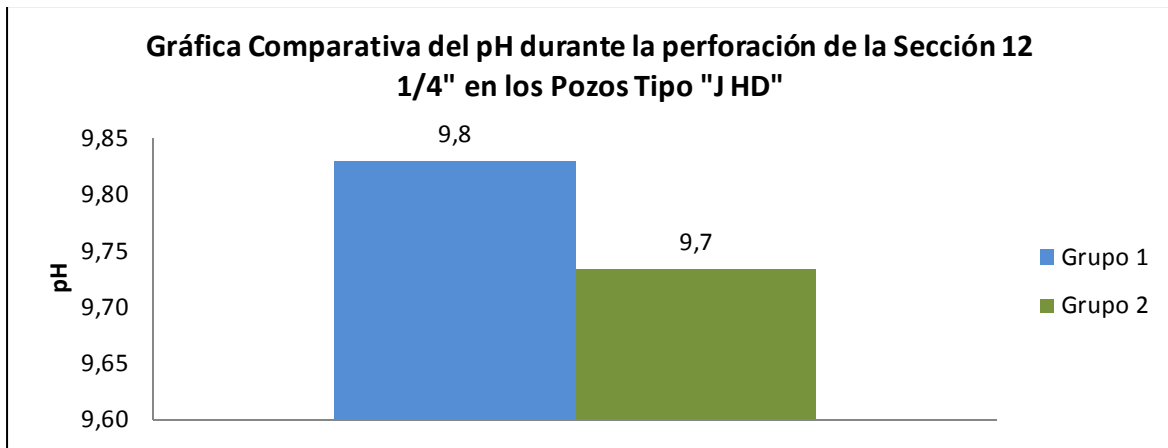
En el Grupo 1 las viscosidades plásticas y los puntos de cedencia son moderados conforme a la demanda hidráulica por la geometría del pozo.

En el Grupo 2 las viscosidades plásticas son bajas con altos valores de puntos de cedencia indicando que el fluido se maneja con un porcentaje óptimo de sólidos asegurando una limpieza efectiva del agujero con una alta tasa de penetración.

3.3.2.3 pH

En la Gráfica 3.13 se comparan los valores promedios de pH obtenidos durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD".

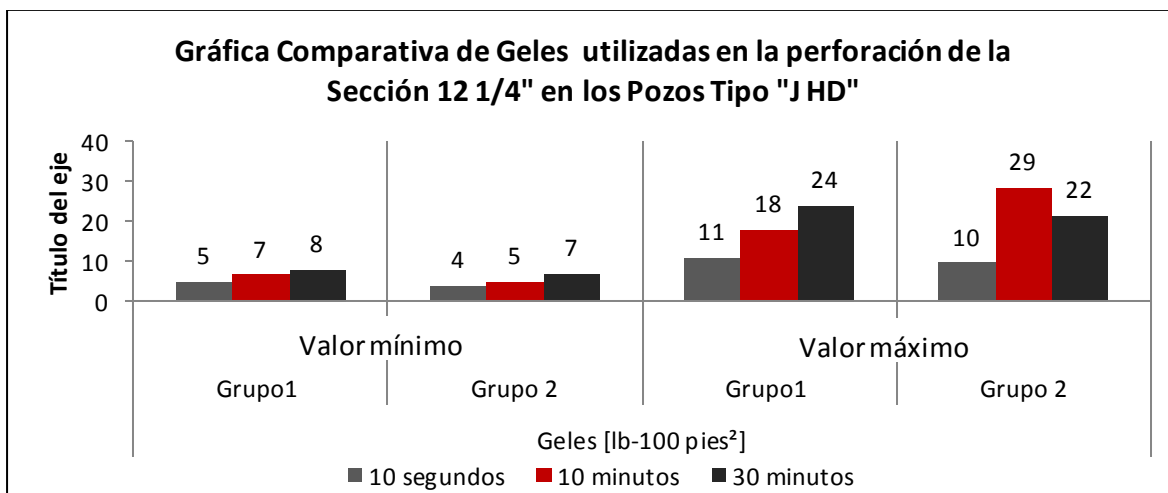
En ambos grupos los pH del fluido de perforación son similares, se mantienen en un promedio de 9,8 el cual es constantemente monitoreado a fin de evitar la gelificación del lodo por gases provenientes de la formación y reducir la corrosión en la tubería. El pH está en un rango óptimo de 9,6 a 10.



Gráfica 3.13. Comparación de los pH durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.3.2.4 Geles

En la Gráfica 3.14 se comparan los valores promedios de esfuerzo de gel tomados a intervalos de 10 segundos, 10 minutos y 30 minutos obtenidos en el viscosímetro de Fann V-G durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD". En ambos grupos se presentaron altos valores de geles, los cuales representan un óptimo transporte de gases y cortes de perforación hacia la superficie.



Gráfica 3.14. Comparación de los Geles utilizados en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.3.3 Análisis e interpretación Ensamblaje de Fondo

Para el análisis e interpretación de BHA y parámetros de perforación se elaboró una base de datos, Tabla 3.11, que muestra los parámetros durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”.

Tabla 3.11. Parámetros de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”.

| Zona | Grupo | Pozo | # BHA | Tipo de Drive | Modelo | ROP Promedio [pie/hora] | RPM Rotaria [rpm] | WOB [Klbs] | Caudal [gpm] | Torque [1000 pie.lbf] |
|--------|-------|-----------|-------|---------------|--------------|-------------------------|-------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Norte | 1 | ECN-003 H | 4 | Motor | LE 6750 | 69 | 40 - 60 | 6 - 12 | 450 - 850 | 14 - 22 |
| | | | | Motor | LE 6750 | 49 | 40 - 60 | 4 - 28 | 700 - 880 | 13 - 30 |
| | | | | Motor | LE 6750 | 23 | 40 - 60 | 4 - 30 | 700 - 880 | 18 - 30 |
| | | | | Motor | LE 6740 | 28 | 60 | 6 - 22 | 880 - 880 | 23 - 28 |
| | 2 | ECN-010 H | 1 | Motor | A962GT | 45 | 60 - 100 | 30 - 50 | 950 - 1200 | 9 - 29 |
| Centro | 1 | ECC-004 H | 2 | Motor | Ultra XL | 42 | 40 - 50 | 4 - 35 | 800 | 12 - 17 |
| | | | | Motor | Ultra XL | 39 | 50 | 10 - 35 | 780 | 16 - 22 |
| | | ECC-002 H | 2 | Motor | Ultra XL | 34 | 60 | 5 - 30 | 850 | 15 - 22 |
| | | | | Motor | Autotak | 32 | 130 | 10 - 35 | 880 | 22 - 28 |
| | 2 | ECC-017 H | 2 | RSS | PD 900 | 55 | 60 - 130 | 35 - 50 | 1000 - 1200 | 15 - 25 |
| | | | | Motor | A962M 7848 | 54 | 60 - 80 | 30 - 40 | 900 | 15 - 25 |
| | | ECC-015 H | 2 | RSS | PD 900 | 56 | 40 - 130 | 3 - 55 | 630 - 1200 | 3 - 26 |
| | | | | Motor | A962M 3460XP | 48 | 40 - 130 | 3 - 55 | 630 - 1200 | 4 - 22 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Como se menciona anteriormente para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” se puede utilizar Motor de Fondo o Rotary Steerable System, su uso depende de las necesidades del pozo. La configuración de los BHAs se observa en el Anexo VIII.

En el Grupo 1 se empleó de 2 a 4 BHAs para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”, compuestos por motores de fondo de tres modelos: LE 6750, Ultra XL, Autotak.

El objetivo del primer BHA es perforar manteniendo la tangente hasta el tope de la formación Tena. Se atravesaran las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu con sus 2 conglomerados hasta el tope de Tena. Se inicia con 600 [gpm] para no lavar las lutitas y evitar una tendencia agresiva a perder inclinación. El uso de 6 tubos de Drill Collar de 6 1/4" en el ensamblaje cumplió con la transmisión eficiente de peso sobre la broca y la eliminación de colgamientos en el ensamblaje.

El objetivo del segundo BHA es perforar manteniendo tangente hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8". Usualmente la tangente es de 28°.

El uso de más de 2 BHAs depende de los parámetros operacionales o problemas presentes durante la perforación.

En el Grupo 2 se empleó de 1 a 2 BHAs para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4". La característica principal de este Tipo de perfil es tener la sección vertical mayor a 4000 [pies]. En la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" se utilizó motores de fondo y Rotary Steerable System.

Los motores de fondo son de tres modelos: 962 GT, A962M7848 y A962M3460XP. Cuando se perfora con motores de fondo en los pozos Tipo "J HD" se requiere mantener tangente para lo cual se corrige con inclinación y/o dirección. Los tamaños de estabilizadores empleados usualmente son: 11 3/4", 12" y 12 1/8".

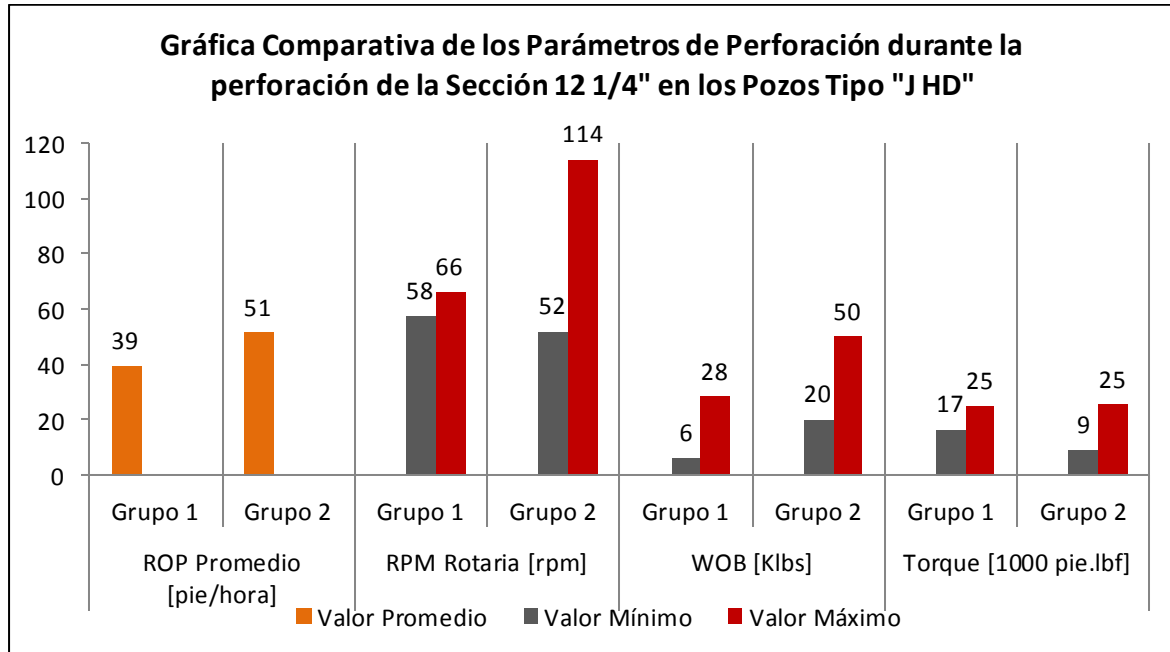
Las sartas con Rotary Steerable System son del modelo PD900. El uso de Rotary Steerable System son de gran utilidad al momento de mantener tangente para evitar tener baja ROP, el tener un rango mayor de trabajo en RPM ayuda a tener un mayor control direccional.

El objetivo del primer BHA es perforar manteniendo la tangente hasta el tope de la formación Tena y del segundo BHA es perforar manteniendo tangente hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8". Usualmente la tangente es de 35°.

3.3.4 Análisis e interpretación de Parámetros de Perforación

Para el análisis e interpretación de parámetros de perforación se elaboró una base de datos, ver la Tabla 3.11, que muestra los parámetros utilizados en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD".

En la Gráfica 3.15 se comparó los valores promedios de rata de penetración, revoluciones por minuto, peso sobre la broca y torque obtenidos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD". El galonaje se observa en la Tabla 3.11.



Gráfica 3.15. Comparación de los Parámetros de Perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

Grupo 1, las prácticas realizadas en los pozos Tipo "J HD" son: repasar dos veces cada parada perforada, control de RPM en las operaciones de molienda del cemento y zapata, control de parámetros en los Conglomerados Superior e Inferior y Basal Tena, realizar viajes a superficie cada 40 horas, aprovechar la zona de arcilla para aplicar máximos parámetros de ROP, incrementar las RPM para disminuir vibraciones, en los Conglomerados trabajar con bajo WOB para evitar tener torque alto y paro de la sarta de perforación.

Los parámetros utilizados son (700 – 850 GPM), (6 – 28 WOB), (40 - 66 RPM) y (25 – 39 ROP).

Los cambios de BHA fueron por:

- Falla en las herramientas MWD.
- Problemas de alto torque.

- Precautelar la vida útil de las brocas.
- Problemas de vibración.

Grupo 2, las prácticas realizadas en los pozos Tipo “J HD” son: repasar dos veces cada parada perforada con el fin de reducir los problemas durante el viaje a superficie, control de parámetros en los Conglomerados Superior e Inferior y Basal Tena, realizar viajes cortos a la zapata anterior de 13 3/8”. Los parámetros utilizados son (800 – 1200 GPM), (20 – 50 WOB), (50 - 120 RPM) y (25 – 51 ROP).

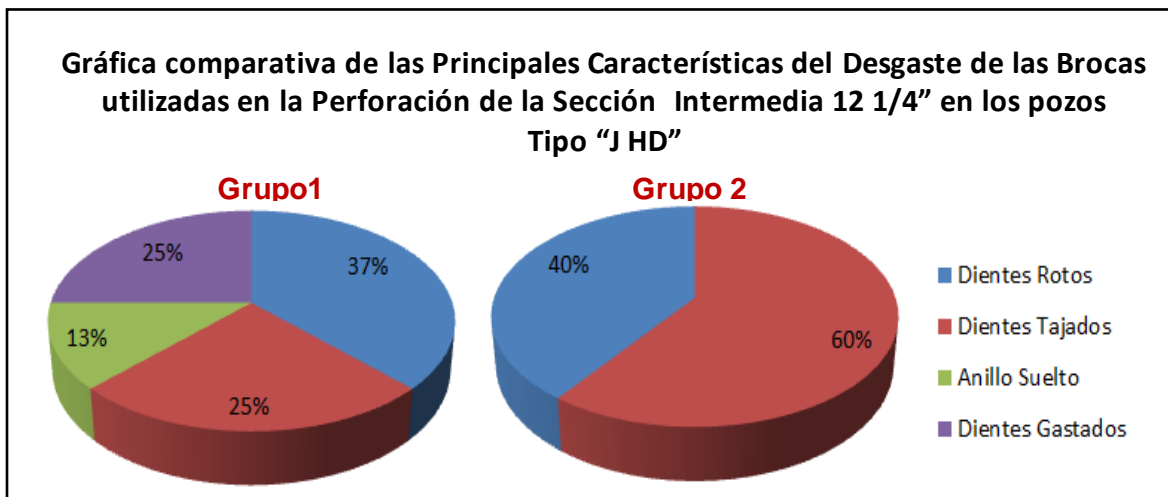
Los cambios de BHA fueron por:

- Problemas con las bombas, restringiendo el galonaje.
- Bajas revoluciones por minuto.
- Baja tasa de penetración.

3.3.5 Análisis e interpretación de Brocas

Para el análisis e interpretación de brocas se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.12, que muestra la descripción de las brocas utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” en los Pozos Tipo “J HD”.

La Gráfica 3.16 presenta porcentualmente las principales características del desgaste de las brocas empleadas en la perforación.



Gráfica 3.16. Comparación de los Desgastes en las brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 1/4” entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo “J HD”

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

Tabla 3.12. Descripción de brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”

| Zona | Grupo | Pozo | Broca / Código IADC | Nombre de la Broca | TFA | HSI | Elemento de desviación | Evaluación del desgaste de la broca |
|--------|-------|----------|---------------------|--------------------|------|------|------------------------|-------------------------------------|
| Norte | 1 | ECN-003H | PDC / M422 | E 1134 | 0,91 | 2,7 | Motor | 0-2-BT-S/G-X-2-CT-DTF |
| | | | PDC / M422 | E1134 | 0,91 | 1,6 | Motor | 0-2-CT-A-X-1-WT-TQ |
| | | | PDC/ M422 | E1134 | 0,91 | 3,2 | Motor | 1-4-RO-T/S-X-1-BT.CT-BHA |
| | | | PDC / M423 | SKF519 M | 0,91 | 3,29 | Motor | 0-2-BT-T/S-X-I-CT-TD |
| | 2 | ECN-010H | PDC / M223 | Z519 | 1,29 | 1,2 | Motor | 1-2-CT-N/G-X-2-WT-TD |
| Centro | 1 | ECC-004H | PDC / S323 | DP605S X | 0,91 | 2,56 | Motor | 1-3-CT-A-X-I-BT-BHA |
| | | | PDC / M323 | QD605F X | 1,37 | 1,07 | Motor | 0-0-WT-A-X-I-CT-TD |
| | | ECC-002H | PDC / M323 | HCD605 X | 0,91 | 2,19 | Motor | 3-3-BT-N-X-I-WT-BHA |
| | | | PDC / S323 | DP605S X | 1,05 | 2,55 | Motor | 0-1-WT-S-X-I-CT-TD |
| | 2 | ECC-017H | PDC / M223 | Z519 | 1,38 | 2,05 | RSS | 0-2-CT-S-X-I-NO-PR |
| | | | PDC / M223 | MSi519H SBPXX | 1,20 | 2,13 | Motor | 0-2-CT-G-X-2-NO-TD |
| | | ECC-015H | PDC / M223 | Z519 | 1,29 | 4,3 | RSS | 0-1-BT-S-X-I-WT-BHA |
| | | | PDC / M223 | MSi519L MHSBPX X | 1,27 | 3,5 | Motor | 1-1-BT-A-X-1-CT-TD |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 se usó brocas PDC con código IADC M 422: con cuerpo de matriz conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm] con más de 40 cortadores, IADC M 323: con cuerpo de matriz conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm] y S 323: con cuerpo de acero conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm].

Para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” se utilizó de 1 a 2 brocas. La primera perforó las formaciones de Orteguzza y Tiyuyacu, hasta el tope de Tena. La segunda perforó desde el tope de Tena hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8”.

Como se observa en la Gráfica 3.20, las principales características del desgaste de las brocas son dientes rotos, dientes tajados, dientes gastados y anillo suelto ubicado principalmente en el hombro y en el área de calibre. Para precautelar la vida útil de la broca se controla parámetros para atravesar las formaciones de Tiyuyacu y Basal Tena y se reduce las RPM en zonas de calizas.

En el Grupo 2 se usó brocas PDC con código IADC M 223: con cuerpo de matriz conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm].

Como se observa en la Gráfica 3.16, las principales características del desgaste de las brocas son dientes rotos y dientes tajados ubicados principalmente en el hombro y en el área de calibre. Para precautelar la vida útil de la broca se controla parámetros para atravesar las formaciones de Tiyuyacu y Basal Tena, se reduce las RPM en zonas de calizas.

3.3.6 Análisis e interpretación de Corrida de Casing de 9 5/8”

Para el análisis e interpretación de la corrida del casing de 9 5/8” se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.13, mostrando las características de las tuberías de revestimiento utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”.

Tabla 3.13. Características de las Tuberías de Revestimiento utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”

| Zona | Grupo | Pozos | Número de Juntas | Profundidad MD [pies] | Libraje [lbs/pie] | Grado | Conexión |
|--------|-------|----------|------------------|-----------------------|-------------------|-------|----------|
| Norte | 1 | ECN-003H | 254 | 10520 | 47 | N-80 | BTC |
| | 2 | ECN-010H | 166 | 7637 | 47 | N-80 | BTC |
| | | | 51 | 10012 | 53,5 | N-80 | BTC |
| Centro | 1 | ECC-004H | 224 | 10573 | 47 | N-80 | BTC |
| | | ECC-002H | 249 | 11433 | 47 | N-80 | BTC |
| | 2 | ECC-017H | 189 | 7951 | 47 | N-80 | BTC |
| | | | 60 | 10561 | 53,5 | N-80 | BTC |
| | | ECC-015H | 207 | 7938 | 47 | N-80 | BTC |
| | | | 91 | 11388 | 53,5 | N-80 | BTC |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Como se menciona anteriormente los puntos de asentamiento se definen con el análisis de geomecánica de cada pozo. En ambos grupos se realizaron simulaciones en software para diseñar una sarta de revestimiento el cual resista los esfuerzos de colapso, estallido y tensión.

En el Grupo 1 se utilizó un casing de 9 5/8” con un libraje de 47 [libras/pies], grado N-80 y conexión BTC.

En el Grupo 2 se utilizó dos casings de 9 5/8” con libraje y grado diferente. El primero va desde superficie hasta aproximadamente 8500 [pies] con un libraje de 47 [libras/pies] y la segunda llega hasta el punto de asentamiento con un libraje de 53,5 [libras/pies].

Es importante mencionar que la configuración puede variar debido a las necesidades del pozo.

3.3.7 Análisis e interpretación de la Cementación

Para el análisis e interpretación de las operaciones de cementación, se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.14, que muestra los parámetros utilizados en la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”.

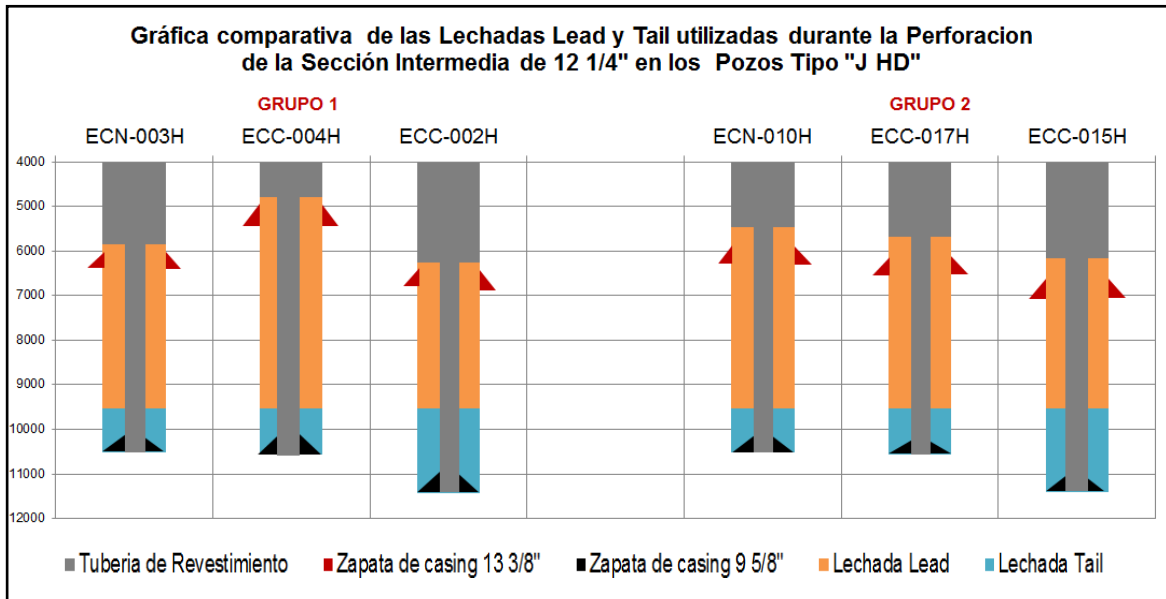
Tabla 3.14. Descripción de los Parámetros de Cementación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”

| Zona | Grupo | Pozos | Número de Centralizadores | Tipo de Cemento | Exceso [%] | Lechada Lead | | Lechada Tail | |
|--------|-------|----------|---------------------------|-----------------|------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|
| | | | | | | Densidad [lpg] | Tope de Lechada [pies] | Densidad [lpg] | Tope de Lechada [pies] |
| Norte | 1 | ECN-003H | 14 | G | 20 | 14,5 | 5858 | 16 | 9520 |
| | 2 | ECN-010H | 2 | G | 50 | 13,5 | 9295 | 15,8 | 10012 |
| Centro | 1 | ECC-004H | 15 | G | 10 | 14,5 | 4788 | 16 | 9575 |
| | | ECC-002H | 20 | G | 15 | 14,5 | 6248 | 16 | 10436 |
| | 2 | ECC-017H | 2 | G | 50 | 13,5 | 9754 | 15,8 | 10561 |
| | | ECC-015H | 1 | G | 50 | 13,5 | 10665 | 15,8 | 11388 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

La Gráfica 3.17 representa las lechadas Lead y Tail utilizadas durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “S”.



Gráfica 3.17. Comparación de las Lechadas Lead y Tail utilizadas en la Sección Intermedia de 12 1/4" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J HD"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 se utilizó cemento Tipo G con un exceso aproximado de 15 a 20 % para la cementación del casing de 9 5/8", para mantener la estabilidad del casing se usó aproximadamente 14 a 20 centralizadores. Se bombearon dos lechadas de cemento. La lechada Lead de 14,5 [lpg] que llega 500 [pies] sobre el casing de 13 3/8" y una lechada Tail de 16 [lpg] que cubre 500 [pies] por encima del casing de 9 5/8".

En el Grupo 2 se utilizó cemento Tipo G y con un exceso del 50 % para la cementación del casing de 9 5/8", para mantener la estabilidad del casing se usó aproximadamente 2 centralizadores. Se bombearon dos lechadas de cemento. La lechada Lead de 13,5 [lpg] llega 200 [pies] sobre el casing de 13 3/8" y una lechada Tail de 15,8 [lpg] cubre 500 [pies] por encima del casing de 9 5/8".

En ambos casos las operaciones de cementación fueron sin pérdidas de circulación y no se reportaron retornos de fluido a superficie.

3.3.8 Análisis e interpretación de Análisis de tiempos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.15, que muestra los pies perforados, tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos

productivos y no productivos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los pozos Tipo “J HD”.

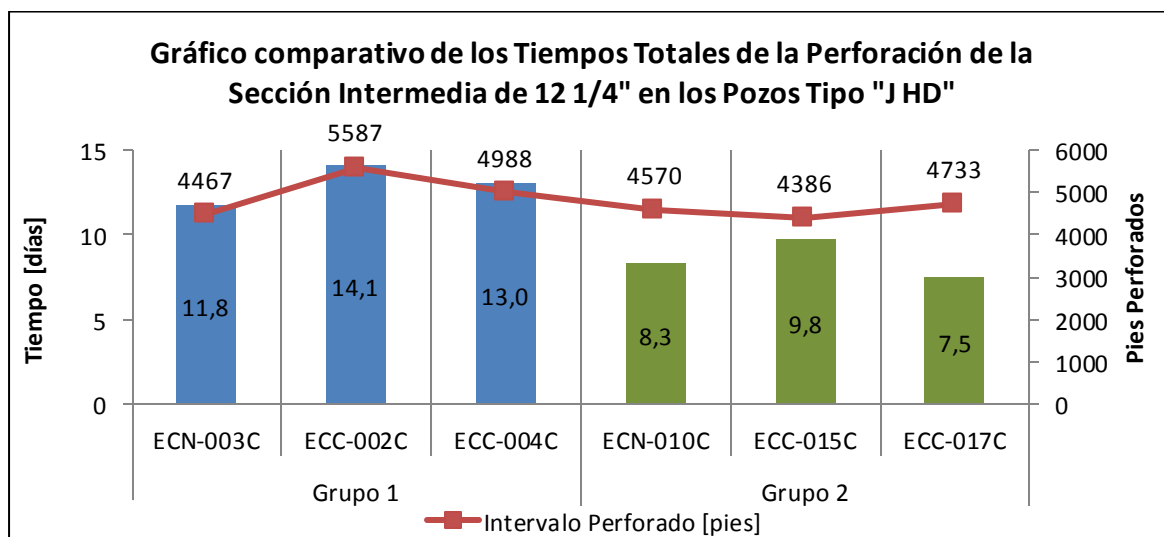
Tabla 3.15. Base de tiempos durante la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J HD”

| Zona | Grupo | Pozos | Número de BHA utilizados | Profundidad MD [pies] | Tiempo Perforación [días] | Tiempos Planos [días] | Tiempos Productivos [días] | Tiempo No Productivo [días] | Tiempo Total Sección [días] |
|--------|-------|----------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Norte | 1 | ECN-003H | 4 | 4467 | 5 | 6,7 | 11 | 0,8 | 11,8 |
| | 2 | ECN-010H | 1 | 4570 | 4,3 | 4 | 8,1 | 0,3 | 8,3 |
| Centro | 1 | ECC-004H | 2 | 5587 | 7 | 6 | 13 | 0 | 13 |
| | | ECC-002H | 2 | 4988 | 7,6 | 6,5 | 13,5 | 0,56 | 14,1 |
| | 2 | ECC-017H | 2 | 4386 | 4 | 3,5 | 7,5 | 0,1 | 7,5 |
| | | ECC-015H | 2 | 4733 | 4 | 5,8 | 9,8 | 0 | 9,8 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En la Gráfica 3.18 se presentan los tiempos totales y pies perforados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los pozos Tipo “J HD”.



Gráfica 3.18. Comparación de los Tiempos Totales de la Perforación y Pies Perforados en la Sección Intermedia de 12 ¼” de los Pozos Tipo “J HD”

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 el tiempo promedio para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” es de aproximadamente 13 días. Como se observa en la Gráfica 3.18, los pies perforados no son directamente proporcional al tiempo; por ejemplo, en el pozo ECC-017C se perfora 4733 [pies] en 7,5 [días], sin embargo en el pozo ECN-003C se perfora 4467 [pies] en 11,8 [días], indicando problemas operacionales que han retrasado la perforación de la Sección Intermedia.

Como anteriormente se menciona se concluye que el tiempo de los pozos no se incrementa a medida que aumenta los pies perforados en la Sección Intermedia de 12 ¼”.

En el Grupo 2 el tiempo promedio para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” es de 8,5 días. Como se observa en la Gráfica 3.18, los tiempos totales de perforación entre el Grupo 1 y el Grupo 2 se reducen drásticamente, dando un porcentaje promedio de tiempos reducidos del 34% o aproximadamente 4,5 días.

3.3.8.1 Tiempo de Perforación y Tiempos Planos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró la Gráfica 3.19, que representa los tiempos de perforación y tiempos planos de los pozos seleccionados Tipo “J HD” del Bloque 61.

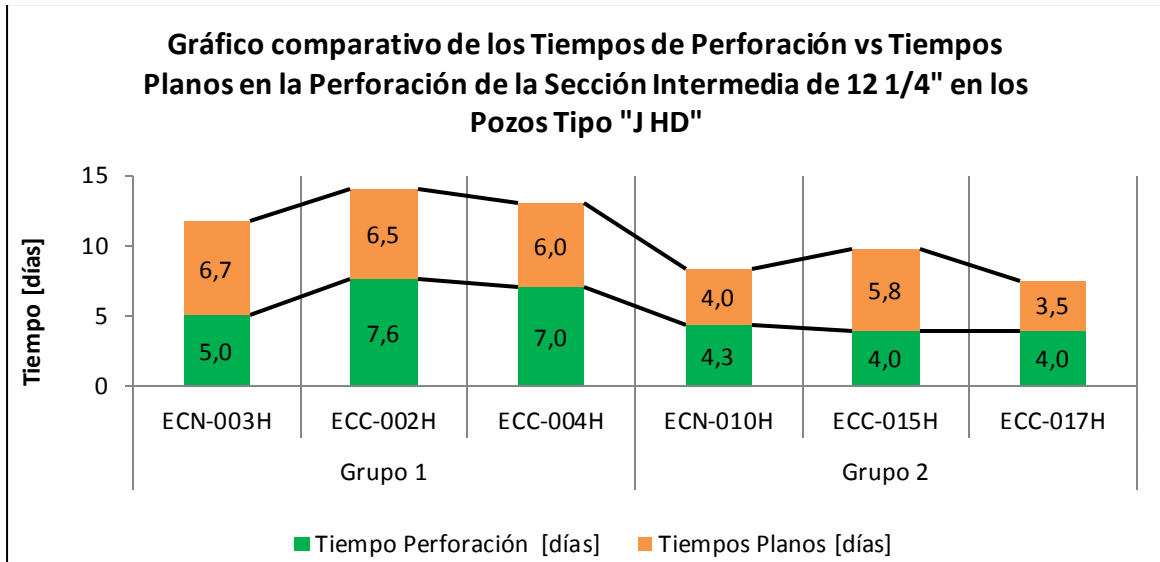
Como se observa en la Gráfica 3.19, las barras verdes representan los tiempos de perforación y las barras tomates los tiempos planos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”.

En el Grupo 1 el tiempo promedio de perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” es de 6,5 [días] y los tiempos planos son de 6,4 [días]. Mientras que en el Grupo 2 el tiempo promedio de perforación es de 4,1 [días] y los tiempos planos son 4,4 [días].

Se concluye que los tiempos de perforación y tiempos planos son más altos en el Grupo 1, se evidencia una disminución de tiempos en el Grupo 2.

Los tiempos de perforación del grupo 2 se reducen en un 37%, representando 2,4 días.

Los tiempos planos del grupo 2 se reducen en un 31 %, representando 2 días.

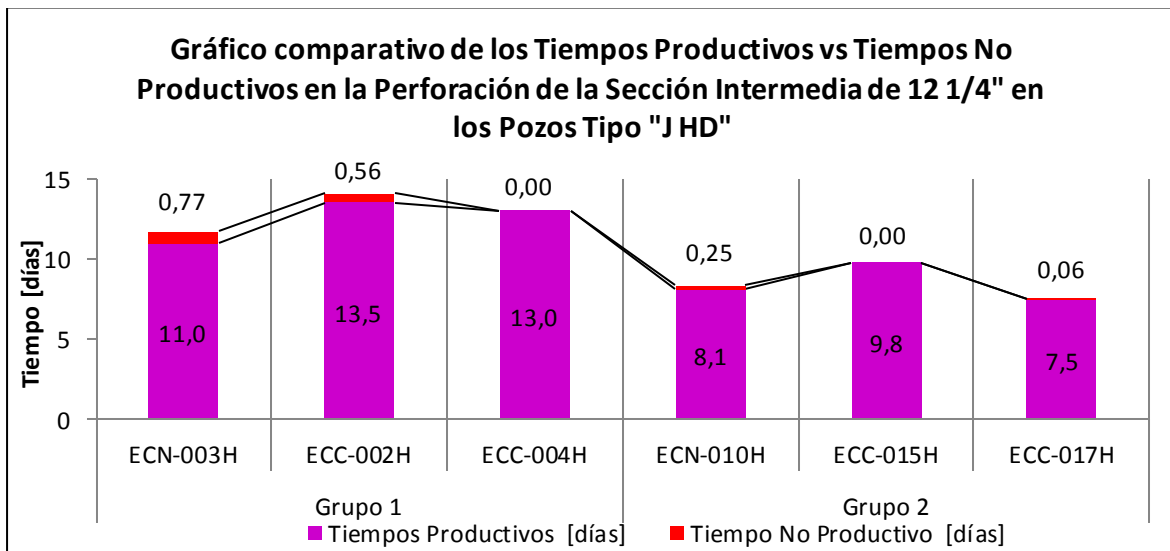


Gráfica 3.19. Comparación de los tiempos de perforación y tiempos planos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "J HD"

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.3.8.2 Tiempos Productivos y No Productivos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró la Gráfica 3.20 que representa los tiempos de perforación y tiempos planos de los pozos seleccionados Tipo "S" del Bloque 61.



Gráfica 3.20. Comparación de los tiempos productivos y no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J HD"

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

Como se observa en la Gráfica 3.20, las barras moradas representan los tiempos productivos y las barras rojas los tiempos no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”; los que están detallados en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16. Base de datos de las Causas de Tiempos No Productivos registrados en los pozos tipo “J HD”

| Zona | Grupo | Causas de NPT | Falla de MWD | Problemas revestidor, liner, cabeza del pozo | Reparación del equipo | Problemas de puntos apretados | Problemas con el Equipo de Control de Sólidos |
|--------|-------|---------------|--------------|--|-----------------------|-------------------------------|---|
| | | Pozo | | | | | |
| Norte | 1 | ECN-003H | X | | | | X |
| | 2 | ECN-010H | | X | | | |
| Centro | 1 | ECC-002H | X | X | X | X | |
| | | ECC-004H | | | | | |
| | 2 | ECC-015H | | | | | |
| | | ECC-017H | | | X | | |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 los tiempos no productivos representan los problemas operacionales durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”. El porcentaje de tiempos no productivos es del 5% del tiempo total.

Entre los tiempos no productivos observados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” se mencionan los siguientes:

- Falla de herramienta MWD.
- Problemas con la tubería de revestimiento, liner o cabezal del pozo.
- Reparación del equipo.
- Problemas de puntos apretados.
- Problemas con el Equipo de control de sólidos

Se debe de considerar que el 43% de los problemas se asocian a la falla de la herramienta MWD como se observa en la Tabla 3.16.

En el Grupo 2 los tiempos no productivos representan el 1% del tiempo total; aspecto asociado a problemas con la tubería de revestimiento y el equipo del taladro.

Se concluye que al principio las causas de tiempos no productivos eran altos, sin embargo, con el tiempo y su control adecuado, se han reducido en un 75%.

3.4 Pozos Tipo “J Modificado”

Los pozos seleccionados Tipo “J Modificado” del Grupo 1 y 2, geográficamente se localizan en el Centro del Bloque 61. En la Tabla 3.17 los pozos seleccionados.

Tabla 3.17. Pozos Seleccionados Tipo “J Modificado”.

| Pozos Tipo "J Modificado" | | | | |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Grupo / Zona | Centro | | | |
| Grupo 1 | ECC-002M | ECC-003M | ECC-004M | ECC-018M |
| Grupo 2 | ECC-022M | ECC-023M | ECC-026M | ECC-030M |

Elaborado por: Corrales, 2019

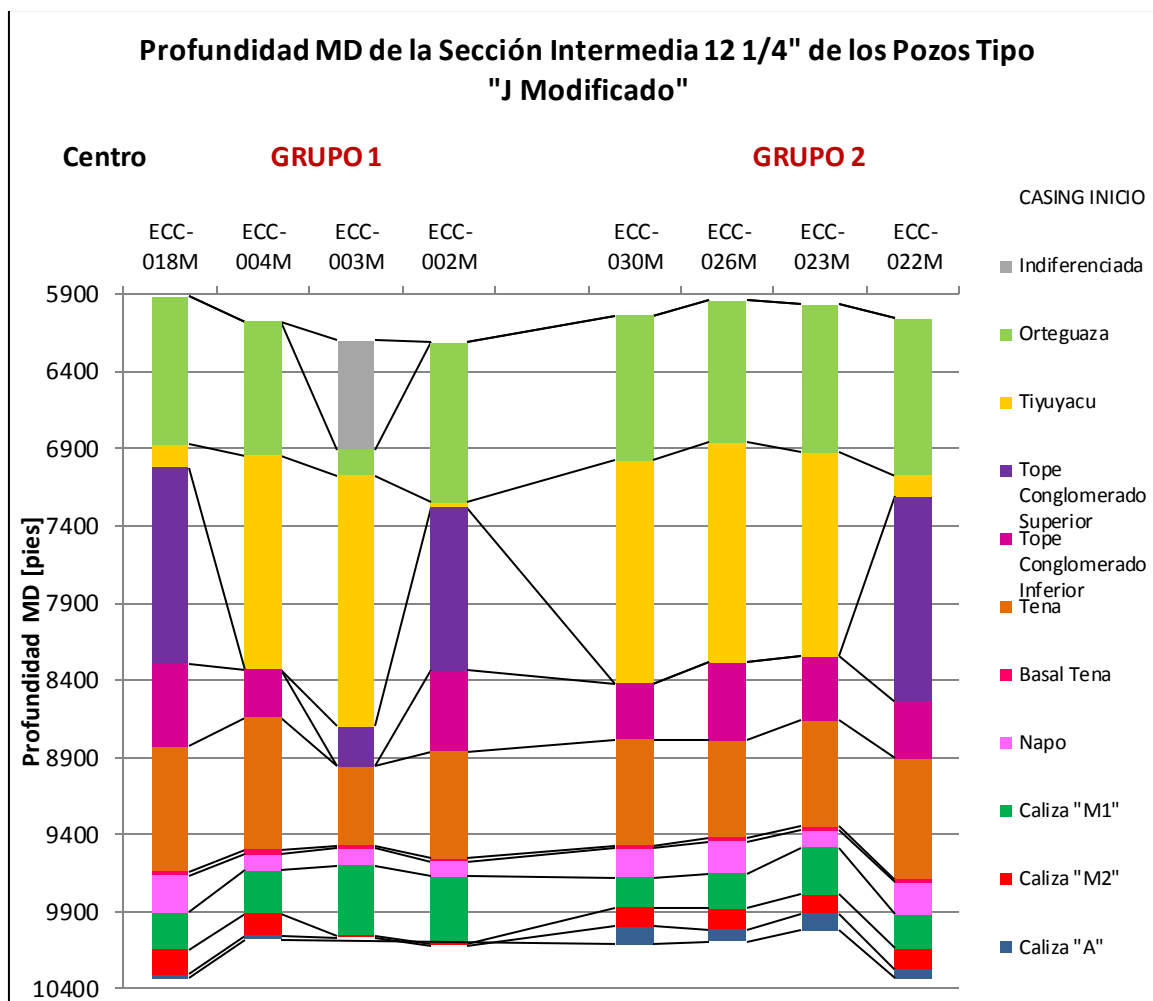
A continuación el análisis comparativo y su interpretación considerando los aspectos mencionados en la introducción:

3.4.1 Análisis e interpretación Litológica

3.4.1.1 Profundidad MD

Para el análisis de la interpretación litológica se elaboró la Gráfica 3.21 comparando la profundidad MD y la litología atravesada durante la perforación de la sección de 12 1/4”; es decir, el inicio de la sección hasta la profundidad de asentamiento del casing de 9 5/8”. Los pozos están ordenados en sentido geográfico y separados por grupos para una mejor visualización.

Los datos del Anexo IX están representados en la Gráfica 3.21 indicando la profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4” en los Pozos Tipo “J Modificado”. Cabe mencionar que los pozos están ubicados en sentido geográfico Central del Bloque 61.



Gráfica 3.21. Profundidad MD de la Sección Intermedia 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado"

Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 las tendencias de las líneas al inicio de la sección de 12 1/4" son irregulares; es decir, la sección inicia 1000 [pies] antes de entrar a Orteguaza o 100 [pies] dentro de Orteguaza. De manera similar para finalizar la sección, está llega hasta la Caliza "M2" o la Caliza "A". En algunos de los pozos desaparece el Conglomerado Superior o Inferior. La distancia perforada en la sección de 12 1/4" se encuentra entre 3800 - 4500 [pies].

En el Grupo 2 las tendencias de las líneas son más uniformes; la sección de 12 1/4" inicia máximo 50 [pies] dentro de Orteguaza y finaliza con 120 [pies] dentro de la Caliza "A". Durante la perforación de la sección 12 1/4" no se atraviesa por el Conglomerado Superior. En la mayoría de los pozos desaparece el Conglomerado Superior. La distancia perforada en la sección de 12 1/4" se encuentra entre 4000 [pies].

3.4.2 Análisis e interpretación de Fluidos de perforación

Para el análisis e interpretación de los fluidos de perforación se preparó una base de datos, ver Tabla 3.18, con los Parámetros del Fluido de Perforación en la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "J Modificado".

Posteriormente se elaboraron gráficas comparativas de las propiedades del fluido de perforación.

Tabla 3.18. Parámetros de Fluidos de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "J Modificado"

| Grupo | Pozo | Peso del lodo ρ [lbs/gal] | Viscosidad Plástica VP [cp] | Punto Cedente YP [lbs/100ft ²] | Geles [lbs/100 ft ²] | | pH |
|-------|----------|--------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|----------|------|
| | | | | | min | max | |
| 1 | ECC-018M | 9,5 - 10,8 | 10 - 15 | 21 - 25 | 6_8_10 | 11_16_21 | 10 |
| | ECC-004M | 9,9 - 10,6 | 11 - 17 | 18 - 23 | 5_7_12 | 7_15_25 | 10,4 |
| | ECC-003M | 9,5 - 10,8 | 3 - 17 | 11 - 32 | 4_6_8 | 11_25_34 | 10,6 |
| | ECC-002M | 9,5 - 11 | 15 - 29 | 21 - 37 | 6_8_10 | 10_31_43 | 9,4 |
| 2 | ECC-030M | 9,6 - 10,6 | 8 - 26 | 14 - 29 | 4_5_6 | 6_14_19 | 9,7 |
| | ECC-026M | 10 - 10,5 | 10 - 24 | 10 - 36 | 6_9_16 | 6_9_16 | 9,4 |
| | ECC-023M | 9,5 - 10,9 | 8 - 23 | 12 - 25 | 3_4_5 | 6_8_14 | 9,4 |
| | ECC-022M | 10 - 10,8 | 8 - 24 | 12 - 26 | 5_6_8 | 6_10_15 | 9,7 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

3.4.2.1 Densidad

En el Bloque 61 no se observa un patrón de densidades de lodo, es necesario realizar el análisis de geomecánica de cada pozo y establecer la curva de densidades con las curvas de presión de poro y gradiente de fractura para no invadir la formación ni fracturarla.

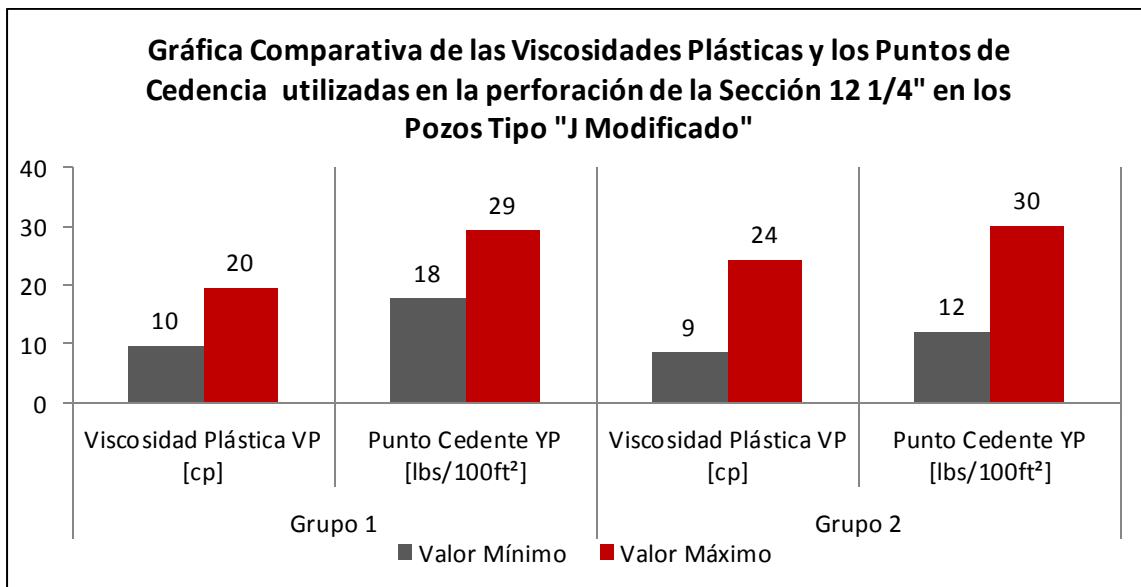
En la Tabla 3.18 se comparan las densidades utilizadas en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado". En ambos grupos se atraviesa las formaciones

Orteguaza, Tiyuyacu Tena y Napo en donde se observa que las densidades son similares.

En la Sección Intermedia de 12 ¼" se perfora inicialmente Orteguaza con una densidad promedio de 9,7 [pg], finalizando en la Caliza "A" con 10,8 [pg] y para asentar casing de 9 5/8" se usa una densidad de 11 [pg].

3.4.2.2 Viscosidad Plástica y Punto Cedente

En la Gráfica 3.22 se comparan los valores mínimos y máximos de las viscosidades plásticas y los puntos de cedencia en los lodos de la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado".



Gráfica 3.22. Comparación de las Viscosidades Plásticas y los Puntos de Cedencia utilizadas en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

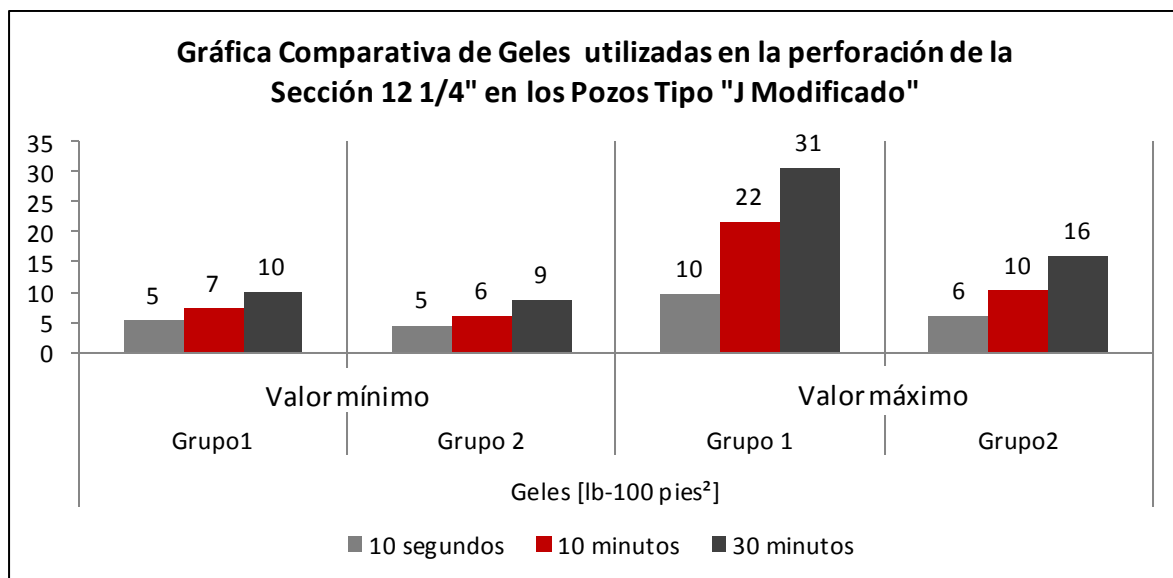
En ambos grupos las viscosidades plásticas son bajas con altos valores de puntos de cedencia, permitiendo una limpieza efectiva del agujero con una alta tasa de penetración. Se observan altos puntos de cedencia por el uso de carbonato de calcio como material de sello para estabilizar las arcillas y evitar problemas de pega de tubería.

3.4.2.3 Geles

En la Gráfica 3.23 se comparó los valores promedio de esfuerzo de gel tomados a intervalos de 10 segundos, 10 minutos y 30 minutos obtenidos en el viscosímetro de Fann V-G durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "S".

En el Grupo 1 se tienen altos valores de Geles que representan un mayor trabajo de transporte de gases y cortes de perforación hacia la superficie.

En el Grupo 2 se tienen valores ligeramente bajos de geles debido a que no se presentan gran cantidad de sólidos que se deben mantener en suspensión como en el Grupo 1.

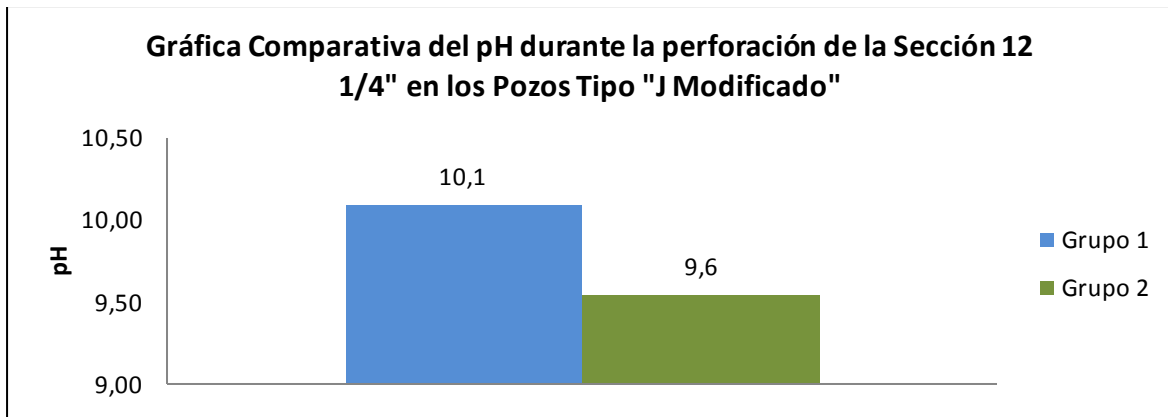


Gráfica 3.23. Comparación de los Geles utilizados en la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.4.2.4 pH

En la Gráfica 3.24 se comparan los valores promedio de pH obtenidos durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado".

En ambos grupos los pH del fluido de perforación son similares y se mantienen en un promedio de 9,8 el cual es constantemente vigilado para mantener suficiente alcalinidad y reducir la corrosión en la tubería. El pH debe estar en un rango óptimo de 9,6 a 10.



Gráfica 3.24. Comparación de los pH durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.4.3 Análisis e interpretación Ensamblaje de Fondo

Para el análisis e interpretación de BHA y parámetros de perforación se elaboró una base de datos, Tabla 3.19, que muestra los parámetros durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado".

La configuración de los BHAs se observa en el Anexo X.

En el Grupo 1 se empleó de 3 a 4 BHAs para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4", compuestos por motores de fondo de tres modelos: Ultra XL, Ultra AD y Autotrak.

El objetivo del primer BHA es perforar manteniendo tangente hasta el tope de Tena. El uso de 6 tubos de Drill Collar de 6 1/4" en el ensamblaje cumplió con la transmisión eficiente de peso sobre la broca y la eliminación de colgamientos en el ensamblaje.

El objetivo del segundo BHA es perforar manteniendo tangente hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8". Sin embargo en la mayoría de los pozos el BHA no cumplió con su objetivo y se tuvo que realizar cambio de BHA por: baja ROP, alto torque, problemas en los conglomerados, bajar herramientas LWD/MWD o cambio de BHA por cumplir 40 horas de perforación.

En el Grupo 2 se utilizó en su mayoría un BHA para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4", compuestos por motor de fondo: A962M7848GT y A962GT.

A pesar de que el BHA cumplió con su objetivo de perforar desde Orteguaza hasta la Caliza "A", en algunos pozos se presentó desgaste severo de las aletas de las camisas

del motor por efecto de la abrasividad del Conglomerado Inferior, se recomendó el uso de Rotary Steerable System.

En los pozos del Grupo 2 se usó 1200 [gpm] para la limpieza del pozo, se repasó 2 veces cada parada perforada para recuperar en superficie mayor cantidad de recortes y se adicionó un viaje de limpieza ayudando a remover los recortes que la hidráulica y la reología no puedan sacar a superficie.

Tabla 3.19. Parámetros de Perforación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado”

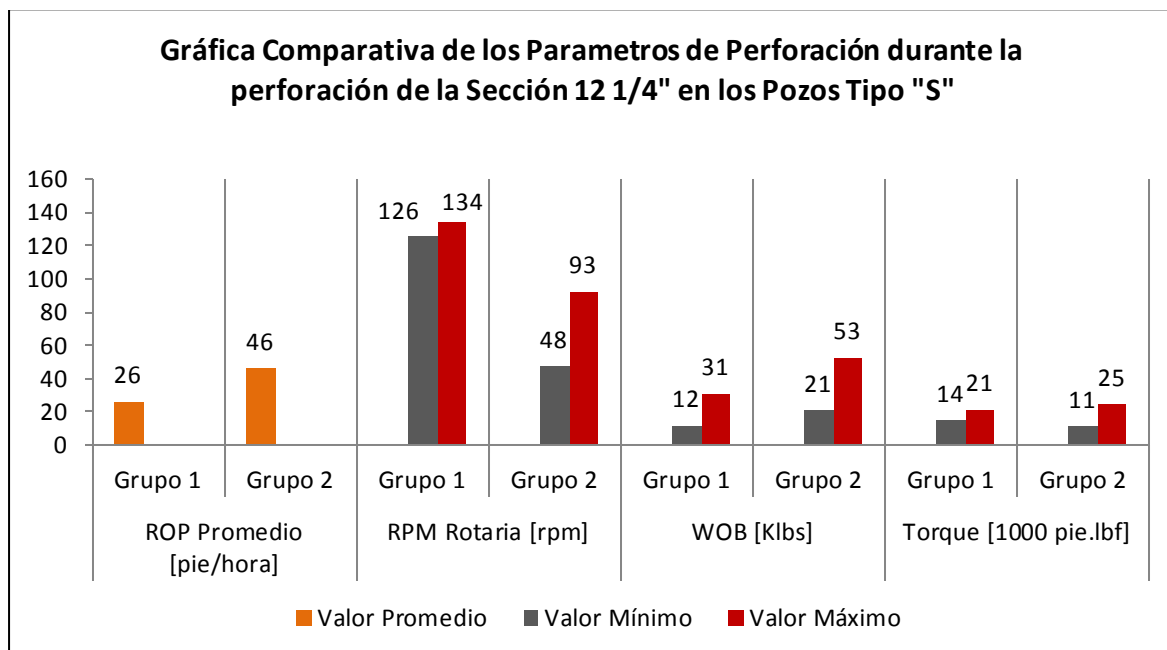
| Grupo | Pozo | # BHA utilizados | Tipo de Drive | Modelo | ROP Promedio [pie/hora] | RPM Rotaria [rpm] | WOB [Klbs] | Presión [psi] | Caudal [gpm] | Torque [1000 pie.lbf] |
|-------|----------|------------------|---------------|--------------|-------------------------|-------------------|------------|---------------|--------------|-----------------------|
| 1 | ECC-018M | 5 | Motor | Ultra XL | 35 | 70 | 5 - 38 | 3900 | 700 | 10 - 15 |
| | | | Motor | Ultra XL | 19 | 70 | 26 - 31 | 3500 | 600 | 8 - 15 |
| | | | Motor | Ultra XL | 27 | 75 | 18 - 23 | 3400 | 600 | 13 - 18 |
| | | | Motor | Autotrak | 15 | 150 | 40 - 60 | 3800 | 820 | 13 - 16 |
| | | | Motor | Ultra XL | 38 | 70 | 8 - 35 | 3700 | 700 | 7 - 14 |
| | ECC-004M | 3 | Motor | Ultra XL | 35 | 180 | 5 - 25 | 3140 | 763 | 5 - 25 |
| | | | Motor | Ultra XL | 16 | 250 | 10 - 25 | 3600 | 800 | 26 - 30 |
| | | | Motor | Ultra XL | 21 | 260 | 5 - 15 | 3700 | 820 | 22 - 26 |
| | ECC-003M | 4 | Motor | Autotrak | 35 | 130 | 20 - 25 | 3400 | 870 | 18 - 22 |
| | | | Motor | Autotrak | 32 | 110 | 10 - 25 | 3800 | 890 | 18 - 20 |
| | | | Motor | Ultra XL | 30 | 160 | 5 - 25 | 2250 | 550 | 15 - 16 |
| | | | Motor | Ultra AD | 12 | 230 | 15 - 50 | 3800 | 750 | 15 - 16 |
| | ECC-002M | 3 | Motor | Baker Inteq | 37 | 40 - 80 | 2 - 35 | 3800 | 880 | 15 - 28 |
| Motor | | | Baker Inteq | 29 | 40 - 85 | 2 - 20 | 3800 | 880 | 16 - 30 | |
| Motor | | | Baker Inteq | 11 | 60 - 85 | 5 - 30 | 3750 | 750 | 16 - 28 | |
| 2 | ECC-030M | 1 | Motor | A962M 7848GT | 52 | 40 - 100 | 2 - 50 | 1000 - 3900 | 650 - 1200 | 11 - 25 |
| | ECC-026M | 1 | Motor | A962M 7848GT | 53 | 40 - 100 | 20 - 45 | 1700 - 4000 | 900 - 1200 | 19 - 23 |
| | ECC-023M | 1 | Motor | A962M 7848GT | 35 | 50 - 100 | 20 - 60 | 1300 - 4000 | 850 - 1200 | 6 - 32 |
| | ECC-022M | 1 | Motor | A962GT | 43 | 60 - 70 | 40 - 55 | 3600 | 1000 - 1200 | 9 - 18 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

3.4.4 Análisis e interpretación de Parámetros de Perforación

Para el análisis e interpretación de parámetros de perforación se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.19, que muestra los parámetros utilizados en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado".



Gráfica 3.25. Comparación de los ROP Promedio durante la perforación de la Sección 12 1/4" en los Pozos Tipo "J Modificado"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En la Gráfica 3.25 se comparó los valores promedios de ROP, RPM, WOB y Torque obtenidos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" en los Pozos Tipo "J HD". El galonaje se observa en la Tabla 3.19.

Grupo 1, las prácticas realizadas en los pozos Tipo "J Modificado" son: repasar dos veces cada parada perforada, control de RPM en las operaciones de molienda del cemento y zapata, control de parámetros en los Conglomerados Superior e Inferior y Basal Tena, realizar viajes a superficie cada 40 horas, aprovechar la zona de arcilla para aplicar máximos parámetros de ROP, en los conglomerados si se tiene vibraciones dejar caer WOB y levantar sarta, sin embargo se trabajó con limitaciones de WOB con la finalidad mantener dirección e inclinación. Los parámetros utilizados son (600 – 850 GPM), (12 – 31 WOB), (70 - 135 RPM) y (22 – 26 ROP).

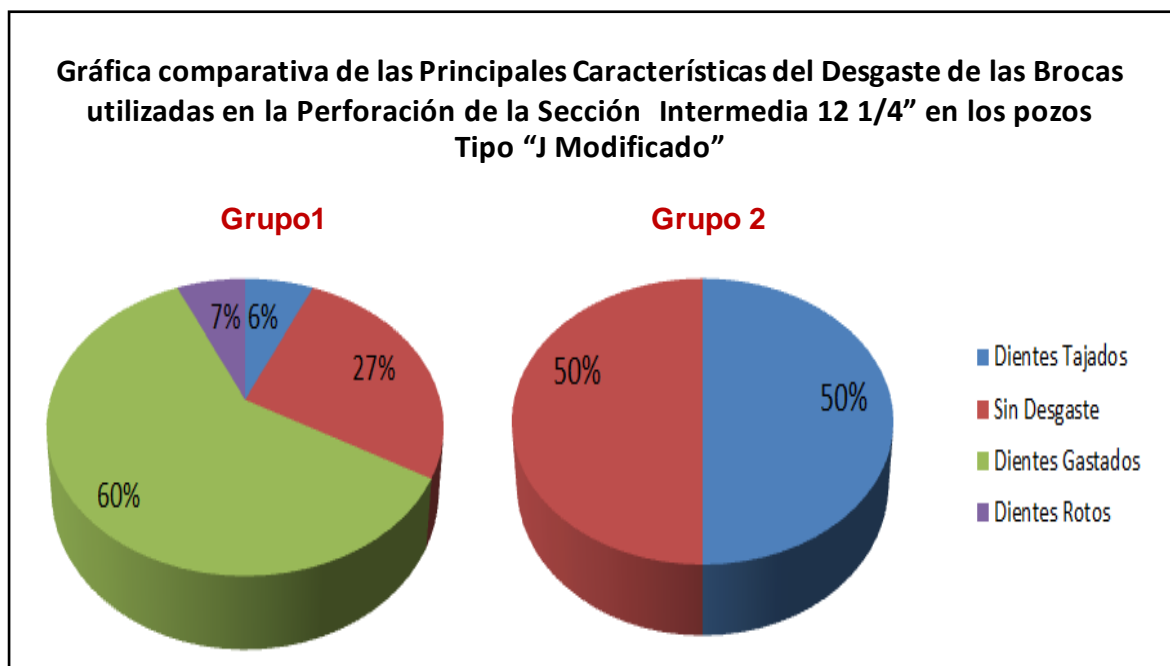
Grupo 2, las prácticas realizadas en los pozos Tipo “J HD” son: repasar dos veces cada parada perforada con el fin de reducir los problemas durante el viaje a superficie, control de parámetros en los Conglomerados Superior e Inferior y Basal Tena, realizar viajes cortos a la zapata anterior de 13 3/8”.

Los parámetros utilizados son (800 – 1200 GPM), (20 – 53 WOB), (50 - 100 RPM) y (25 – 46 ROP).

3.4.5 Análisis e interpretación de Brocas

Para el análisis e interpretación de brocas se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.20, que muestra la descripción de las brocas utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” en los Pozos Tipo “J Modificado”.

La Gráfica 3.26 presenta porcentualmente las principales características del desgaste de las brocas empleadas en la perforación.



Gráfica 3.26. Comparación de los Desgastes en las brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 1/4” entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo “J Modificado”

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Tabla 3.20. Descripción de brocas utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado”

| Grupo | Pozo | Broca / Código IADC | Nombre de la Broca | TFA | HSI | Elemento de desviación | Evaluación del desgaste de la broca |
|----------|----------|---------------------|--------------------|------|----------|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | ECC-018M | PDC S323 | TD605SX | 1,5 | 1,16 | Motor | 0-2-CT-G-X-I-WT-BHA |
| | | PDC M323 | QD605FX | 1,26 | 0,95 | Motor | 0-0-NO-A-X-I-NO-BHA |
| | | PDC M323 | QD605FX | 1,37 | 0,51 | Motor | 0-1-WT-S-X-I-CT-BHA |
| | | PDC M323 | QD606X | 1,55 | 0,74 | Motor | 0-0-NO-A-X-I-NO-BHA |
| | | PDC M323 | QD605FX | 1,48 | 0,68 | Motor | 0-0-NO-A-X-I-NO-TD |
| | ECC-004M | PDC M323 | HCD605X | 0,91 | 2,22 | Motor | 0-1-WT-S-X-I-BT-BHA |
| | | PDC M323 | QD605FX | 0,99 | 2,18 | Motor | 0-1-WT-S-X-I-NO-BHA |
| | | PDC M323 | QD605FX | 1,05 | 1,87 | Motor | 1-1-WT-A-X-I-CT-TD |
| | ECC-003M | PDC M323 | DP605X | 0,91 | 2,96 | Motor | 0-0-NO-A-X-I-NO-BHA |
| | | PDC M323 | DP605X | 0,91 | 3,24 | Motor | 1-1-WT-A-X-I-CT-BHA |
| | | PDC M323 | QD605FX | 1,14 | 1,27 | Motor | 1-1-T-A-X-I-CT-BHA |
| | | PDC M323 | MXL35CGDX | 1,32 | 1,04 | Motor | 4-2-BT-A-N-I-HC-TD |
| | ECC-002M | PDC M323 | HCD605X | 0,91 | 2,67 | Motor | 0-1-WT-S-X-I-NO-BHA |
| | | PDC M323 | QD605FX | 1,05 | 1,29 | Motor | 0-1-WT-S-X-I-NO-BHA |
| | | PDC M323 | VM-20DX | 1,33 | 1,06 | Motor | 0-1-WT-S-E-I-NO-TD |
| | 2 | ECC-030M | PDC M223 | Z519 | 1,2 | 0,7/4,9 | Motor |
| ECC-026M | | PDC M223 | Z519 | 1,2 | 1,9/3,8 | Motor | 1-1-CT-S/G-X-I-NO-TD |
| ECC-023M | | PDC M223 | Z519 | 1,2 | 0,4/5,1 | Motor | 1-2-BT-A-X-I-CT-TD |
| ECC-022M | | PDC M223 | Z519 | 1,2 | 2,34/1,1 | Motor | 1-2-CT-S-X-I-WT-TD |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 se usó brocas PDC con código IADC M 323: con cuerpo de matriz conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm] y S 323: con cuerpo de acero conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm].

Para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” se utilizó diferentes brocas para perforar desde Orteguzza hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8”.

Como se observa en la Gráfica 3.26, las principales características del desgaste de las brocas son dientes rotos, dientes tajados, dientes gastados ubicados en la mayor parte del cuerpo. Para precautelar la vida útil de la broca se controla parámetros para atravesar las formaciones de Tiyuyacu y Basal Tena y se reduce las RPM en zonas de calizas.

En el Grupo 2 se usó brocas PDC con código IADC M 223: con cuerpo de matriz conformado de 6 – 7 aletas de 19 [mm]. Para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” se utilizó una sola broca para perforar desde Orteguzza hasta el punto de asentamiento del casing de 9 5/8”.

Como se observa en la Gráfica 3.26, las principales características del desgaste de las brocas son dientes tajados, sin embargo en el 50% de las brocas no se observó desgaste alguno.

3.4.6 Análisis e interpretación de Corrida de Casing de 9 5/8”

Para el análisis e interpretación de la corrida del casing de 9 5/8” se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.21, mostrando las características de las tuberías de revestimiento utilizadas en la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4” en los Pozos Tipo “J Modificado”. Como se menciona anteriormente los puntos de asentamiento se definen con el análisis de geomecánica de cada pozo. En ambos grupos se realizaron simulaciones en software para diseñar una sarta de revestimiento el cual resista los esfuerzos de colapso, estallido y tensión.

En el Grupo 1 se utilizó de 1 a 2 casing de 9 5/8” con libraje y grado diferente. El primero va desde superficie hasta aproximadamente 8500 [pies] con un libraje de 47 [libras/pies] y la segunda llega hasta el punto de asentamiento con una libraje de 53,5 [libras/pies].

En el Grupo 2 se utilizó dos casings de 9 5/8” con libraje y grado diferente. El primero va desde superficie hasta aproximadamente 8500 [pies] con un libraje de 47 [libras/pies] y la segunda llega hasta el punto de asentamiento con un libraje de 53,5 [libras/pies].

Tabla 3.21. Características de las Tuberías de Revestimiento utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado”

| Grupo | Pozos | Número de Juntas | Profundidad MD [pies] | Libraje [lbs/pie] | Grado | Conexión |
|-------|----------|------------------|-----------------------|-------------------|-------|----------|
| 1 | ECC-018M | 276 | 10333 | 47 | N-80 | BTC |
| | ECC-004M | 161 | 6784 | 47 | N-80 | BTC |
| | | 78 | 10080 | 53,5 | P-110 | BTC |
| | ECC-003M | 252 | 10065 | 47 | C-95 | BTC |
| | ECC-002M | 205 | 8665 | 53,5 | N-80 | BTC |
| 31 | | 10120 | 47 | P-110 | BTC | |
| 2 | ECC-030M | 159 | 7425 | 47 | L-80 | BTC |
| | | 53 | 9919 | 53,5 | L-80 | BTC |
| | | 4 | 10100 | 53,5 | N-80 | BTC |
| | ECC-026M | 178 | 7625 | 47 | N-80 | BTC |
| | | 52 | 10084 | 53,5 | N-80 | BTC |
| | ECC-023M | 166 | 7637 | 47 | N-80 | BTC |
| | | 51 | 10012 | 53,5 | N-80 | BTC |
| | ECC-022M | 187 | 7957 | 47 | N-80 | BTC |
| | | 58 | 10325 | 53,5 | L-80 | BTC |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

3.4.7 Análisis e interpretación de la Cementación

Para el análisis e interpretación de las operaciones de cementación, se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.22, que muestra los parámetros utilizados en la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado”.

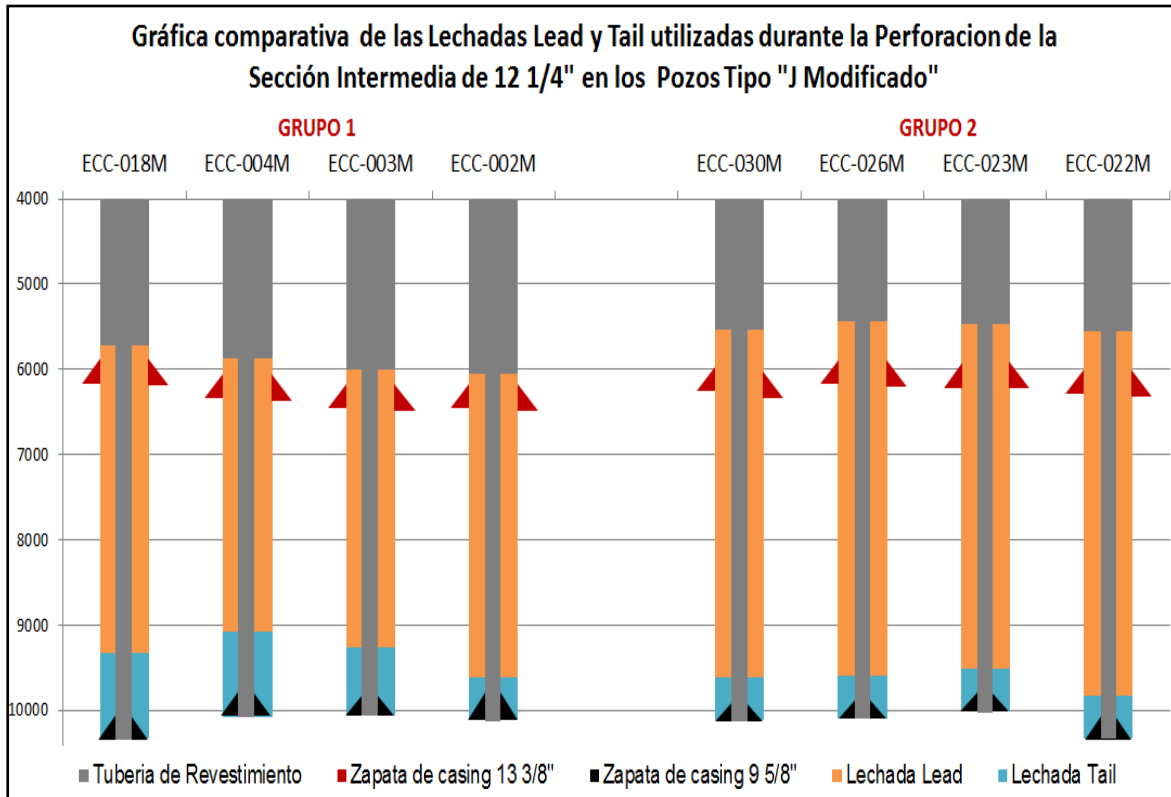
Tabla 3.22. Descripción de los Parámetros de Cementación utilizados en la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado”

| Grupo | Pozos | Número de Centralizadores | Tipo de Cemento | Exceso [%] | Lechada Lead | | Lechada Tail | |
|-------|----------|---------------------------|-----------------|------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|
| | | | | | Densidad [lpg] | Tope de Lechada [pies] | Densidad [lpg] | Tope de Lechada [pies] |
| 1 | ECC-018M | 18 | G | 15 | 14,5 | 5715 | 16,5 | 9333 |
| | ECC-004M | 16 | G | 15 | 14,5 | 5874 | 16,5 | 9080 |
| | | 20 | G | 15 | 13,5 | 6000 | 15,8 | 9265 |
| | ECC-002M | 11 | G | 20 | 13,5 | 6056 | 16,5 | 9620 |
| 2 | ECC-030M | 2 | G | 50 | 13,5 | 5538 | 15,8 | 9610 |
| | ECC-026M | 2 | G | 50 | 13,5 | 5437 | 15,8 | 9592 |
| | ECC-023M | 2 | G | 50 | 13,5 | 5463 | 15,8 | 9520 |
| | ECC-022M | 2 | G | 50 | 13,5 | 5555 | 15,8 | 9835 |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

La Gráfica 3.27 representa las lechadas Lead y Tail utilizadas durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" en los Pozos Tipo "J Modificado".



Gráfica 3.27. Comparación de las Lechadas Lead y Tail utilizadas en la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J Modificado"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 se utilizó cemento Tipo G con un exceso aproximado de 15 a 20 % para la cementación del casing de 9 5/8", para mantener la estabilidad del casing se usó aproximadamente 15 centralizadores. Se bombeó dos lechadas de cemento. La lechada Lead de 14,5 [lpg] que llega 500 [pies] sobre el casing de 13 3/8" y una lechada Tail de 16,5 [lpg] que cubre 500 [pies] por encima del casing de 9 5/8".

En el Grupo 2 se utilizó cemento Tipo G y con un exceso del 50 % para la cementación del casing de 9 5/8", para mantener la estabilidad del casing se usó aproximadamente 2 centralizadores. Se bombearon dos lechadas de cemento. La lechada Lead de 13,5 [lpg] la cual llega 200 [pies] sobre el casing de 13 3/8" y una lechada Tail de 15,8 [lpg] cubre 500 [pies] por encima del casing de 9 5/8".

En ambos casos las operaciones de cementación fueron sin pérdidas de circulación y no se reportaron retornos de fluido a superficie.

3.4.8 Análisis e interpretación de Análisis de tiempos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró una base de datos, ver Tabla 3.23, que muestra los pies perforados, tiempos de perforación, tiempos planos, tiempos productivos y no productivos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los pozos Tipo “J Modificado”.

Tabla 3.23. Base de tiempos durante la Perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los Pozos Tipo “J Modificado”

| Grupo | Pozos | Número de BHA utilizados | Pies perforados | Tiempo Perforación [días] | Tiempos Planos [días] | Tiempo Productivo [días] | Tiempo No Productivo [días] | Tiempo Total Sección [días] |
|-------|----------|--------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | ECC-018M | 5 | 4420 | 7,1 | 8,6 | 15,1 | 0,6 | 15,7 |
| | ECC-004M | 3 | 4013 | 7,1 | 7,1 | 11,4 | 2,9 | 14,3 |
| | ECC-003M | 4 | 3865 | 6,0 | 8,8 | 13,7 | 1,1 | 14,3 |
| | ECC-002M | 3 | 3910 | 6,2 | 5,8 | 11,5 | 0,4 | 12,0 |
| 2 | ECC-030M | 1 | 4072 | 3,0 | 3,9 | 6,9 | 0,0 | 6,9 |
| | ECC-026M | 1 | 4155 | 3,3 | 3,6 | 6,8 | 0,0 | 6,9 |
| | ECC-023M | 1 | 4057 | 5,0 | 3,3 | 8,2 | 0,0 | 8,3 |
| | ECC-022M | 1 | 4280 | 4,5 | 4,4 | 8,1 | 0,8 | 8,9 |

Fuente: Schlumberger, 2016

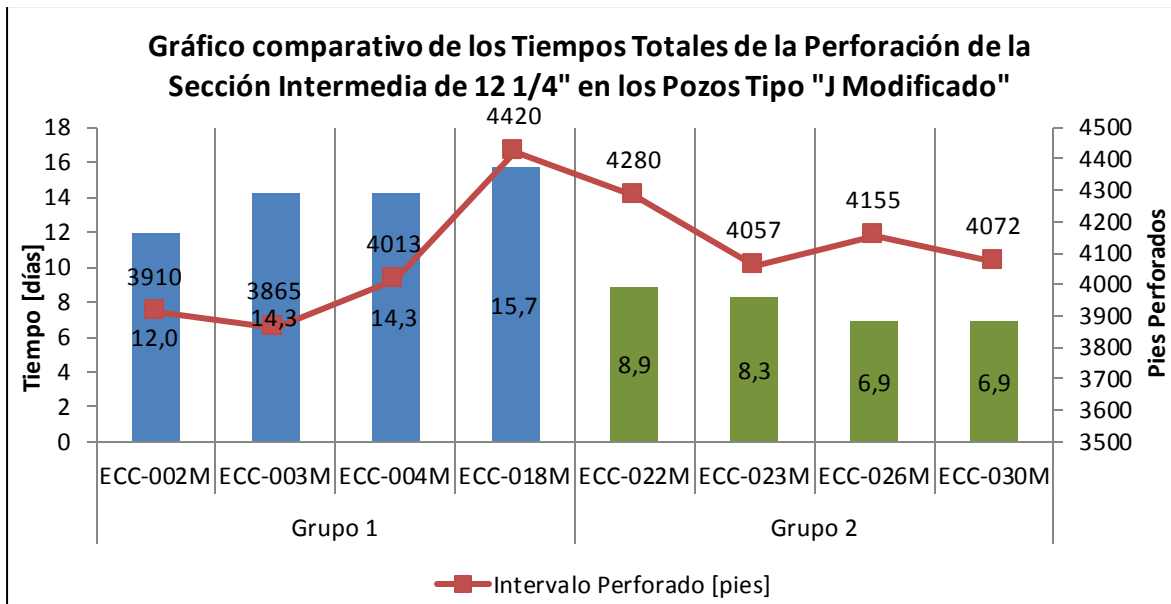
Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 el tiempo promedio para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” es de aproximadamente 14 días. Como se observa en la Gráfica 3.34, los pies perforados no son directamente proporcional al tiempo; por ejemplo en el pozo ECC-022M se perfora 4280 [pies] en 8,9 [días], sin embargo en el pozo ECC-018M se perfora 4420 [pies] en 15,7 [días], indicando problemas operacionales que han retrasado la perforación de la Sección Intermedia.

Se concluye que el tiempo de los pozos no se incrementa a medida que aumenta los pies perforados en la Sección Intermedia de 12 ¼”.

En el Grupo 2 el tiempo promedio para la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” es de 8 días. Como se observa en la Gráfica 3.34, los tiempos totales de perforación entre el Grupo 1 y el Grupo 2 se reducen drásticamente, dando un porcentaje promedio de tiempos reducidos del 50% o aproximadamente 6 días.

En la Gráfica 3.28 se presenta los tiempos totales y pies perforados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” en los pozos Tipo “J Modificado”.



Gráfica 3.28. Comparación de los Tiempos Totales de la Perforación y Pies Perforados en la Sección Intermedia de 12 ¼" de los Pozos Tipo "J Modificado"
Fuente: Schlumberger, 2016
Elaborado por: Corrales, 2019

3.4.8.1 Tiempo de Perforación y Tiempos Planos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró la Gráfica 3.29, que representa los tiempos de perforación y tiempos planos de los pozos seleccionados Tipo "J Modificado" del Bloque 61.

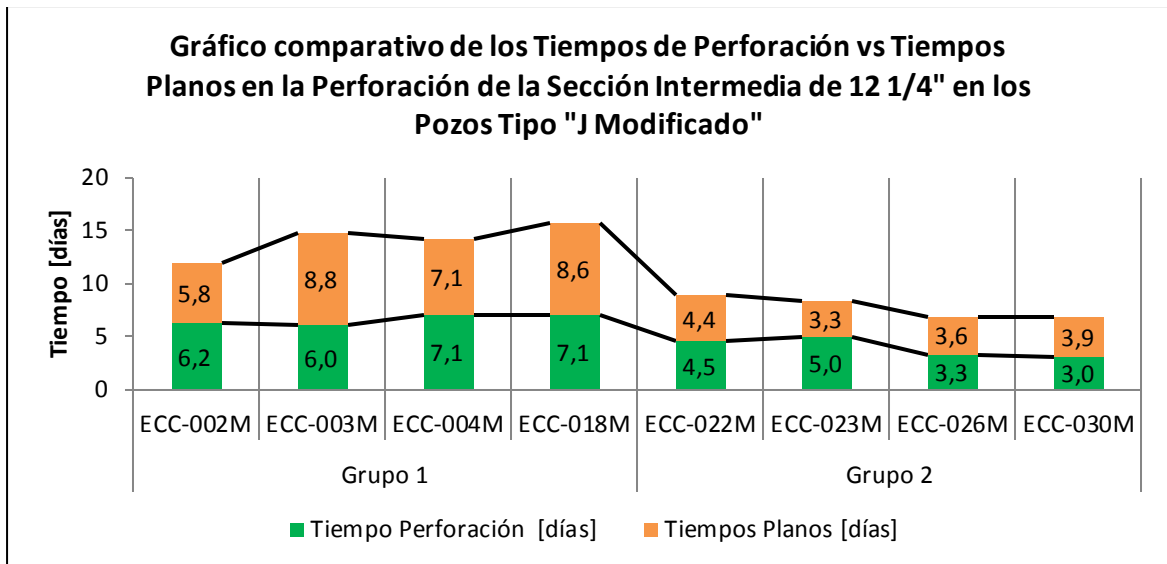
Como se observa en la Gráfica 3.29, las barras verdes representan los tiempos de Perforación y las barras tomates los tiempos planos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼".

En el Grupo 1 el tiempo promedio de perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" es de 6,6 [días] y los tiempos planos son de 7,2 [días]. Mientras que en el Grupo 2 el tiempo promedio de perforación es de 4 [días] y los tiempos planos son 3,8 [días].

Se concluye que los tiempos de perforación y tiempos planos son más altos en el Grupo 1, y se evidencia una disminución de tiempos en el Grupo 2.

Los tiempos de perforación del grupo 2 se reducen en un 40%, representando 2,7 días.

Los tiempos planos del grupo 2 se reducen en un 50 %, representando 3,8 días.



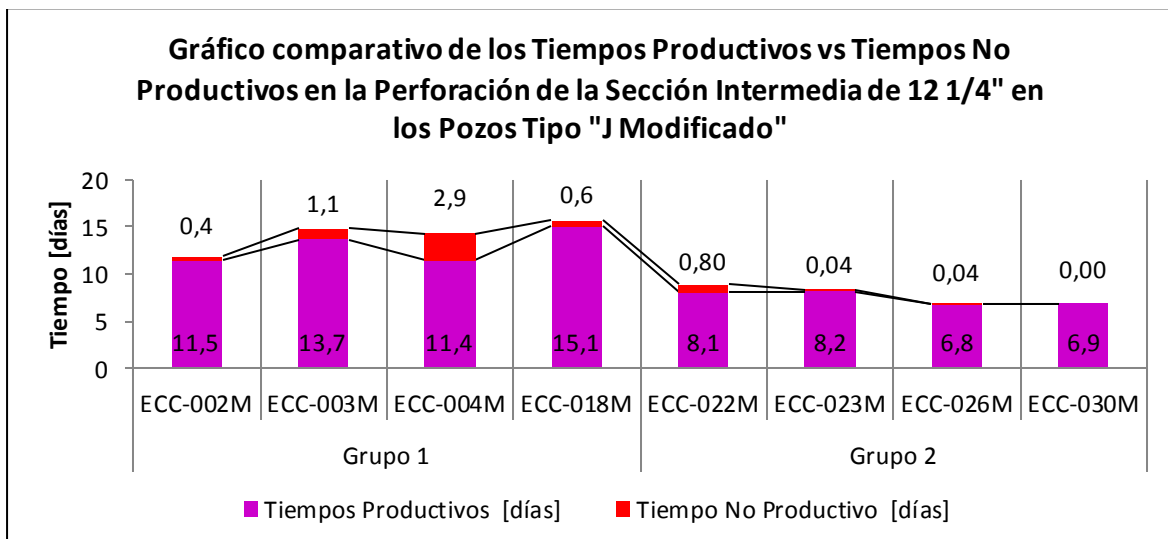
Gráfica 3.29. Comparación de los tiempos de perforación y tiempos planos durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J Modificado"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

3.4.8.2 Tiempos Productivos y No Productivos

Para el análisis e interpretación de tiempos se elaboró la Gráfica 3.30 que representa los tiempos de perforación y tiempos planos de los pozos seleccionados Tipo "J Modificado" del Bloque 61.



Gráfica 3.30. Comparación de los tiempos productivos y no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼" entre en Grupo 1 y 2 en los Pozos Tipo "J Modificado"

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

Como se observa en la Gráfica 3.30, las barras moradas representan los tiempos productivos y las barras rojas los tiempos no productivos de la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”; los que están detallados en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24. Base de datos de las causas de Tiempos No Productivos registrados en los pozos tipo “J Modificado”

| Grupo | Causas de NPT | Falla de MWD | Reparación del equipo | Problemas de puntos apretados | Viaje no planificado | Problemas con el equipo de control de sólidos | Problemas de embolamiento de la broca | Derrumbe |
|-------|---------------|--------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|---|---------------------------------------|----------|
| | Pozo | | | | | | | |
| 1 | ECC-002M | X | X | | | | | |
| | ECC-003M | | X | | X | X | X | |
| | ECC-004M | X | | | X | X | | |
| | ECC-018M | | X | X | X | | | X |
| 2 | ECC-022M | | X | | | | | |
| | ECC-023M | | X | | | | | |
| | ECC-026M | | X | | | | | |
| | ECC-030M | | | | | | | |

Fuente: Schlumberger, 2016

Elaborado por: Corrales, 2019

En el Grupo 1 los tiempos no productivos representan los problemas operacionales durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼”. El porcentaje de tiempos no productivos es del 10% del tiempo total. Entre los tiempos no productivos observados durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 ¼” se mencionan los siguientes:

- Falla en la herramienta MWD.
- Reparación del equipo.
- Problemas de puntos apretados.
- Viaje no planificado.
- Problemas de embolamiento de la broca.
- Problemas con el Equipo de control de sólidos.
- Derrumbes

Se debe de considerar que el 56% de los problemas se asocian a la reparación de equipos y viajes no planificados, como se observa en la Tabla 3.24. En el Grupo 2 los tiempos no productivos representan el 3% del tiempo total; aspecto asociado a reparación de equipo por parte del taladro.

Se concluye que al principio las causas de tiempos no productivos eran altos, sin embargo, con el tiempo y su control adecuado, se han reducido en un 82%.

3.5 Resultados del Análisis Comparativo

Mediante el análisis comparativo previo de las prácticas, procesos y tecnologías utilizadas durante la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4" se obtuvieron los siguientes resultados, ver Tabla 3.25:

Tabla 3.25. Resultados Obtenidos

| Objetivo | Conclusiones |
|---|--|
| Determinar que prácticas operacionales se han optimizado con el tiempo y han reducido tiempos de perforación | La eliminación de varias prácticas operacionales dio resultados favorables mejorando los tiempos de perforación en la sección intermedia de 12 1/4". |
| | - Repasar dos veces cada parada perforada. |
| | - Control de RPM en las operaciones de molienda del cemento y zapata. |
| | - Viajes a superficie cada 40 horas o cada 2000 pies perforados. |
| | - Realizar viajes de calibración. |
| | - Incrementar las RPM para disminuir vibraciones, en vez de utilizar herramientas anti vibraciones. |
| | - No revisar que el equipo del taladro se encuentre en buenas condiciones, como por ejemplo el equipo de control de sólidos. |
| | - Reducción de tiempos de circulación. - Viajes cortos previos a la bajada de casing. |
| Definir las aplicaciones técnicas que han sido mejorando con el tiempo | La constante innovación tecnológica ha permitido convertir la perforación en una operación más eficiente, reduciendo tiempos y problemas en la perforación de la sección intermedia de 12 1/4". |
| | - La adición de material gelificante presentó un excelente desempeño al soportar los cortes y los sólidos en suspensión cuando paró la circulación, evitando problemas de depositación de sólidos alrededor del ensamblaje de fondo y de la broca. |
| | - La implementación y mejora continua de la broca Z519 contribuyó al uso de 1 a 2 BHAs para la perforación de la sección intermedia de 12 1/4", sin embargo el 80 % de los pozos se perforó con un solo BHA. La broca presenta una gran resistencia al impacto cuando se perfora conglomerados, el cortador de respaldo central provee un mayor rango de ROP y el material de diamante impregnado mejora la resistencia al desgaste, permitiendo perforar la sección usando un solo BHA. |
| | - El número viajes por cambio de BHA solía ser alto, pero algunos de ellos han sido controlados y erradicados. Hoy en día las principales causas de viajes por cambio de BHA son: precautelar la vida útil de las brocas, baja tasa de penetración y problemas de apoyo o restricciones. |

Tabla 3.25. Continuación

| | <p>- El Rotary Steerable System al tener un rango mayor de trabajo en RPM, ha ayudado a tener un mayor control direccional en Napo. Se recomienda su uso debido al mayor control direccional para llevar la trayectoria del pozo según lo planificado.</p> <p>- En los pozos tipo S el uso del estabilizador de 11 3/4" o 12" fue muy útil al momento de mantener verticalidad.</p> <p>- Se utilizó cemento tipo G con un exceso del 50 % para la cementación del casing de 9 5/8". No hubo pérdidas de circulación y no se reportaron retornos de fluido a superficie. Se utiliza 2 tipos de lechada: lechada Lead de 13,5 [lpg] llega 200 [pies] sobre el casing de 13 3/8" y la lechada Tail de 15,8 [lpg].</p> | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|----------------|---------------------|----------|----|-------------------------|-------------|----|---|---------------------|----|-------------------------|
| <p>Determinar el porcentaje de tiempo que se ha reducido, mediante nuevas prácticas operacionales</p> | <p>- En la siguiente tabla se indica los porcentajes de tiempos reducidos, mediante la implementación de nuevas prácticas y tecnologías mencionadas anteriormente para la perforación de la Sección Intermedia de 12 1/4".</p> <table border="1" data-bbox="568 904 1118 1077"> <thead> <tr> <th>Perfil</th> <th>Tiempos</th> <th>Tiempos Totales [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo "S"</td> <td></td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Tipo "J HD"</td> <td></td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>Tipo "J Modificado"</td> <td></td> <td>42</td> </tr> </tbody> </table> | Perfil | Tiempos | Tiempos Totales [%] | Tipo "S" | | 41 | Tipo "J HD" | | 34 | Tipo "J Modificado" | | 42 |
| Perfil | Tiempos | Tiempos Totales [%] | | | | | | | | | | | |
| Tipo "S" | | 41 | | | | | | | | | | | |
| Tipo "J HD" | | 34 | | | | | | | | | | | |
| Tipo "J Modificado" | | 42 | | | | | | | | | | | |
| <p>Definir los problemas que han disminuido con la mejora de parámetros y herramientas</p> | <p>- En la siguiente tabla se indica los porcentajes de problemas reducidos y los problemas más frecuentes que se presentan hoy en día, considerando que el 75% está asociado a reparación del equipo.</p> <table border="1" data-bbox="427 1274 1370 1512"> <thead> <tr> <th>Perfil Direccional</th> <th>Porcentaje [%]</th> <th>Problema</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo "S"</td> <td>67</td> <td>- Reparación del equipo</td> </tr> <tr> <td>Tipo "J HD"</td> <td>75</td> <td>- Problemas revestidor, liner, cabeza del pozo - Reparación del equipo</td> </tr> <tr> <td>Tipo "J Modificado"</td> <td>82</td> <td>- Reparación del equipo</td> </tr> </tbody> </table> | Perfil Direccional | Porcentaje [%] | Problema | Tipo "S" | 67 | - Reparación del equipo | Tipo "J HD" | 75 | - Problemas revestidor, liner, cabeza del pozo - Reparación del equipo | Tipo "J Modificado" | 82 | - Reparación del equipo |
| Perfil Direccional | Porcentaje [%] | Problema | | | | | | | | | | | |
| Tipo "S" | 67 | - Reparación del equipo | | | | | | | | | | | |
| Tipo "J HD" | 75 | - Problemas revestidor, liner, cabeza del pozo - Reparación del equipo | | | | | | | | | | | |
| Tipo "J Modificado" | 82 | - Reparación del equipo | | | | | | | | | | | |

Elaborado por: Corrales, 2019

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La Sección Intermedia de 12 ¼” es la sección que presenta mayores inconvenientes durante la perforación por: viajes complicados, mala limpieza del hueco, intercalación de diferentes litologías, presencia de conglomerados y dificultades direccionales. Todas estas características la convirtieron en un desafío durante la perforación hasta el día de hoy. Aun así en los pozos del Grupo 2 la constante innovación tecnológica ha permitido convertir la perforación en una operación más eficiente es decir se ha reducido tiempos, problemas y por ende costos operacionales.
- Los pozos ECC-001S y ECN-010H se encuentran cerca de pozos reinyectores de agua de formación hacia la formación “Tiyuyacu” donde su componente principal es la arcilla, la cual tiende a hidratarse e hincharse durante la perforación. Esto causa presiones altas creando una inestabilidad en el agujero y dando como resultado la presencia de derrumbes o reventones. Por esta razón es importante realizar el análisis de pozos vecinos y diseñar la curva de lodos para mitigar este efecto y prevenir los problemas operacionales.
- En los pozos del Grupo 1, se usó más de tres configuraciones de BHA para la perforación de la sección intermedia de 12 ¼”. Mientras que en el Grupo 2 gracias a la implementación de nueva tecnología, como la broca Z519 que presenta una gran resistencia al impacto cuando se perfora conglomerados, el cortador de respaldo central provee un mayor rango de ROP y el material de diamante impregnado mejora la resistencia al desgaste, permitió perforar la misma sección usando un solo BHA.
- La adición de material gelificante en los pozos del Grupo 2 presentó un excelente desempeño al soportar los cortes y los sólidos en suspensión cuando paró la

circulación, evitando problemas de depositación de sólidos alrededor del ensamblaje de fondo y de la broca.

- En los pozos del Grupo 1, el uso de motor con un bent housing de 1,5° es susceptible de generar mayor tortuosidad que el Rotary Steerable System; sin embargo, sus diámetros de construcción de hueco permiten mayor holgura durante la corrida de casing. El uso del Rotary Steerable System en los pozos del Grupo 2 fue de gran soporte al momento de tener mayor control direccional para llevar la trayectoria del pozo según lo planificado.
- Para la perforación de la sección intermedia de 12 1/4" en los pozos del Grupo 2 tipo S, J HD, J Modificado se eliminó varias prácticas operacionales como: viajes a superficie cada 40 horas de perforación o cada 2000 [pies], más de 2 viajes de reacondicionamiento y viajes por cambio de BHA, repasar dos veces cada parada perforada, viajes cortos previos a la bajada de casing; esto contribuyó a mejorar la calidad del agujero, eficiencia de las operaciones posteriores y reducción de tiempos de perforación.
- Con la implementación de nuevas prácticas en los pozos del Grupo 2 se redujó el 75 % los problemas operacionales. No obstante el problema que se mantiene hasta el día de hoy está asociado a la reparación de equipos del taladro.
- Los tiempos de perforación en la sección intermedia de 12 1/4" se redujó en un 45% en el Grupo 2, con la optimización de prácticas operacionales y el desarrollo tecnológico.
- En el Grupo 2, los tiempos planos se redujeron en un 41% habiendo un ahorro de tiempo de 3 días.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo a los equipos del taladro de perforación, para prevenir problemas de: baja incorporación de sólidos, bajo rendimiento de las desarenadoras, problemas con el top drive y manguerote;

como se observó en los pozos tipo S (Grupo 1 ECC-001S, ECC-002S, ECC-004S, ECC-003S, ECC-007S, ECS-004S, Grupo 2 ECC-014S, ECC-020S, ECS-009S); pozos tipo J HD (Grupo 1 ECC-002H, Grupo 2 ECC-017H) y pozos tipo J Modificado (Grupo 1 ECC-002M, ECC-003M, ECC-004M, ECC-018M, Grupo 2 ECC-022M, ECC-23M, ECC-026M).

- Se recomienda mantener la concentración del lubricante al 3 %, mejora la inhibición de las arcillas, garantiza el sello de los conglomerados y evita problemas de hueco apretado como se observó en el pozo tipo S (Grupo 1 ECC-001S).
- Se recomienda usar material de puenteo con carbonato de calcio y trabajar con galonaje de 900 GPM en zonas de conglomerados para prevenir puntos apretados durante los viajes de calibración; como se observó en los pozos Tipo S (Grupo 1 ECC-001S, ECC-002S, ECC-004S, ECS-004S; Grupo 2 ECC-016S, ECS-009S) pozos tipo J HD (ECN-003C)
- Para evitar problemas en futuras campañas de perforación, se recomienda el uso de material de sello en Orteguaza para prevenir las pérdidas de fluido durante los viajes de tubería a superficie como se evidenció en los pozos tipo S (Grupo 1 ECC-016S, ECC-018S, ECC-021S); pozos tipo J HD (ECN-017C) y pozos tipo J Modificado (ECC-026M, ECC-022M)
- Se recomienda realizar viaje de calibración luego de atravesar el conglomerado inferior para calibrar y garantizar la corrida de casing y tener un viaje con menos problemas como se realizó en los pozos tipo S del Grupo 2
- Se recomienda continuar con el análisis de lecciones aprendidas de los pozos vecinos observadas en los Grupo 1 y 2. Es un factor primordial para prevenir posibles problemas y optimizar el desarrollo de las futuras campañas de perforación.
- Se recomienda continuar con el control de parámetros antes de atravesar los Conglomerados Superior e Inferior para precautelar la vida útil de las brocas, como se realizó en los pozos del Grupo 1 y 2 tipos S, J HD, J Modificado.

- Manejar un porcentaje de sólidos de perforación menor al 12%, con la finalidad de prevenir pegas de tubería o gelificación del lodo, como se observó en el pozo tipo J HD (ECN-003C).
- Se recomienda continuar con el análisis de geomecánica para establecer la curva de densidades y no invadir la formación ni fracturarla.
- Para futuras campañas de perforación se recomienda que la ubicación de los estabilizadores en el BHA con motores de fondo o con RSS debería evaluarse en referencia a la calidad del hoyo, volumen de cemento, dificultades durante los viajes, con la finalidad no solo de optimizar los días de perforación sino también los tiempos no productivos.
- Se recomienda atravesar los puntos apretados en zonas de calizas con rotación debido a la tendencia de formar escalones en el agujero durante la perforación de los pozos tipo J HD y J Modificado.
- Se recomienda trabajar con bajo WOB en los conglomerados para evitar alto torque el cual provoca el paro de la sarta de perforación, como se observó en el pozo tipo JHD (ECC-002C).
- En los pozos del Grupo 1 tipo J HD y J Modificado se evidenció bajo avance en el área de Tena con posibles tendencias de embolamiento debido al constante trabajo direccional. Por esa razón se recomienda bombear en forma continua píldoras dispersas, seguidas de píldoras viscosas para la limpieza de hoyo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baby P., Rivadeneira M., Barragán R, (2014). La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo.
- Baker Hughes, (2003). Sistema de Clasificación IADC para barrenas PDC y Tricónicas. Recuperado de: https://www.academia.edu/8600774/Clasificacion_IADC_Triconicas_y_PDC.
- El Telégrafo. (2015). El bloque 61 se beneficia con un alianza público-privada. Recuperado de: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/el-bloque-61-se-beneficia-con-una-alianza-publico-privada>.
- Felczak, E., Torre, A. (2012). Lo mejor de ambos mundos: Un sistema rotativo direccional híbrido. Recuperado de: https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish11/win11/04_hybrid.pdf
- Glosario de Schlumberger. (2018). Recuperado de: <https://www.glossary.oilfield.slb.com/es.aspx>.
- Halliburton. (2014). Drill Bits & Services. Recuperado de: Servidor de Halliburton.
- Hardman P. (2015). Flat Time Activities Form Catalyst for Performance Optimization. Recuperado de: <https://www.scribd.com/document/311428297/flat-time-rig-pdf>.
- Hawker D., Vogt K., Robinson A. (2001). Datalog Manual de Perforación: Procedimientos y Operaciones en el pozo.
- Magnus F. (2014). Cementación de Pozos Petroleros. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/magnusgabrielhuertafernandez/cementacion-de-pozos-petroleros>.
- Moncayo S. (2014). Estudio de factibilidad para la perforación de pozos direccionales con trayectoria no convencional en el Campo Shushufindi. Ecuador – Quito.
- Naranjo B. (2012). Análisis de las propiedades mecánicas de los elastómeros de los motores de fondo durante las operaciones de perforación en la sección 12 1/4" y en los períodos de almacenamiento. Ecuador – Quito.
- Palacios W. y Mandujano L. (2016). Diseño de Revestimiento y Cementación de Pozos en el Oriente Ecuatoriano. Ecuador – Quito.
- Panez C. (2010). Análisis de métodos para la predicción de presión de poros aplicado a la estabilidad de pozos de perforación petrolera. Lima – Perú.

- PDVSA, (2002). Fluidos de Perforación.
- Ramírez D. (2014). Estudio de Optimización de Prácticas Operacionales en la Perforación de pozos del Oriente Ecuatoriano para la reducción de tiempo no productivos y de tiempo invisible ILT. La Libertad – Ecuador.
- Salazar C. y Álvarez, F. (2014). Determinación de los parámetros óptimos de perforación en el Campo Sacha. Ecuador – Quito.
- Santos O. (2015). Estudio de los problemas operacionales durante la perforación de los pozos direccionales en la plataforma Drago Norte 2. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9143/1/CD-6097.pdf>
- Schlumberger, (2004). Introducción al Equipo de Perforación. Recuperado de: https://www.academia.edu/6455135/Schlumberger_Introduccion_al_equipo_de_perforacion.
- Schlumberger, (2011). Introducción a los fluidos de perforación. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/jesusjesusurrea/introduccion-a-los-fluidos-de-perforacion>
- Schlumberger, (2014). Diseño de la Sarta de Perforación. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/grupocetepicetepi/diseo-de-sarta-de-perforacion-cetepi>.
- Schlumberger, (2015). Bases de Diseño Shaya Bloque 61. Recuperado de: Servidor de Schlumberger.
- Schlumberger. (2016). Reportes Finales de Perforación del Bloque 61. Recuperado de: Servidor de Schlumberger.
- Schlumberger, (2017a). Directional Drilling Techniques. Recuperado de: Servidor de Schlumberger.
- Schlumberger, (2017b). Fundamentos de Diseño de Revestidores. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/MagnusMG/19-fundamentos-para-diseo-de-los-revestidores>.
- Secretaría de Hidrocarburos. (2017). Mapa de Bloques Petroleros del Ecuador. Recuperado de: <http://www.secretariahidrocarburos.gob.ec/mapa-de-bloques-petroleros/>.
- Ulterra, (2018). Bottom Hole Assembly. Recuperado de: <https://ulterra.com/downhole-tools/bottom-hole-assembly-101/>.
- Weatherford, (2017). Directional Drilling I.
- Zapata I. (2011) Evaluación de tiempos productivos e improductivos en las operaciones de los taladros o cabrias de RA/RC de la empresa San Antonio Internacional Durante los años 2009 – 2010. Puerto la Cruz.

ANEXOS

ANEXO I | CLASIFICACIÓN DE LAS BROCAS POR SU DESGASTE

| Estructura de Corte | | | | Condición Rodamiento | Calibre | Observaciones | |
|---------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|---------------|---|---|
| Hilera Int. | Hilera Ext. | Principal Característica de Desgaste | Ubicación del Desgaste Principal | | | Otra Característica de Desgaste | Razón/ Motivo |
| 0-8 escala lineal | | BC: cono roto | Rodamientos: | Número | I: en calibre | Los mismos códigos de las principales características de desafilado | BHA: cambio BHA DMF: falla motor de fondo DSF: falla sarta de perforación DST: prueba de tubo abierto LOG: correr registros CD: acondicionar lodo CP: punto de corazón DP: tapón FM: cambio de formación HP: problemas de hueco HR: horas en la broca PP: presión de bomba PR: rata de penetración TD: profundidad total o punto de revestimiento TQ: torque TW: soltamiento WC: condiciones de clima |
| 0 sin desgaste:25 % | | BT: dientes rotos | N:nariz | Rodamientos | | | |
| 4 - 50% | | CC: como agrietado | M:fila media | sellados: | Bajo | | |
| 6 - 75% | | CR: núcleo gastado | H:fila talón | 0 - 8 | calibre | | |
| 8 - 100% | | ER: erosión | A: todas filas | 0: como nueva | medido al | | |
| | | JD: daño chatarra | | 8:sin vida útil | 16 avo de | | |
| | | LC: cono perdido | Cortadores | Rodamientos | pulgada mas | | |
| | | LT: dientes perdidos | Fijos: | Sellados: | cercano | | |
| | | PB: broca perforada | C: cono | E:efectivo | | | |
| | | PN: boquilla tapada | N: nariz | F:falla | | | |
| | | RG: calibre excavado | T: surco medio | X:no se usan | | | |
| | | RO: anillo suelto | S: hombro | rodamientos | | | |
| | | SD: daño falda | G: externo | | | | |
| | | WO: lavado | A: todas áreas | | | | |
| | | WT: dientes gastados | | | | | |

**ANEXO II BASE DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE TIEMPOS DE
LOS POZOS TIPO “S”**

| Grupo | Zonas | Pozos | Tipo | Sección Vertical | Año | Profundidad Inicial Sección MD | Profundidad Final Sección MD | Tiempo Total Sección | Tiempo Perforación | Tiempos Planos | Tiempos Productivos | Tiempo No Productivo |
|-------|----------|----------|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Centro | ECC-001S | S | 1018 | 2013 | 5843 | 9635 | 9,2 | 4,7 | 4,4 | 8,8 | 0,4 |
| | Centro | ECC-002S | S | 1403 | 2013 | 5707 | 9689 | 10,6 | 5,1 | 5,4 | 10,0 | 0,6 |
| | Centro | ECC-003S | S | 1879 | 2013 | 6727 | 10158 | 13,1 | 5,5 | 7,6 | 12,8 | 0,3 |
| | Sur | ECS-001S | S | 1172 | 2013 | 6108 | 10140 | 11,1 | 3,4 | 7,7 | 8,3 | 2,8 |
| | Sur | ECS-002S | S | 1711 | 2013 | 6757 | 10343 | 8,4 | 3,6 | 4,8 | 8,2 | 0,1 |
| | Centro | ECC-004S | S | 1113 | 2014 | 5022 | 9749 | 9,0 | 5,5 | 3,5 | 8,9 | 0,1 |
| | Centro | ECC-005S | S | 1509 | 2014 | 6160 | 9817 | 7,6 | 4,0 | 3,7 | 7,6 | 0,0 |
| | Centro | ECC-006S | S | 4377 | 2014 | 6264 | 10668 | 10,6 | 5,5 | 5,1 | 10,6 | 0,0 |
| | Centro | ECC-007S | S | 1812 | 2014 | 6290 | 9904 | 6,9 | 3,4 | 3,5 | 6,8 | 0,0 |
| | Norte | ECN-001S | S | 1935 | 2014 | 6033 | 9871 | 9,3 | 4,6 | 4,7 | 8,4 | 0,9 |
| | Norte | ECN-002S | S | 3010 | 2014 | 6005 | 9880 | 8,0 | 3,8 | 4,2 | 8,0 | 0,0 |
| | Sur | ECS-003S | S | 1166 | 2014 | 6622 | 10030 | 8,3 | 2,8 | 5,4 | 8,1 | 0,2 |
| | Sur | ECS-004S | S | 2300 | 2014 | 6902 | 10507 | 11,1 | 3,0 | 8,1 | 9,0 | 2,1 |
| | Centro | ECC-008S | S | 580 | 2015 | 5972 | 9631 | 6,4 | 3,5 | 2,9 | 6,4 | 0,0 |
| | Centro | ECC-009S | S | 1403 | 2015 | 6060 | 9851 | 9,1 | 3,3 | 5,8 | 9,1 | 0,0 |
| | Centro | ECC-010S | S | 1926 | 2015 | 6200 | 9984 | 6,9 | 5,7 | 1,2 | 6,9 | 0,0 |
| | Sur | ECS-005S | S | 1146 | 2015 | 6431 | 10125 | 7,6 | 3,7 | 3,9 | 7,5 | 0,1 |
| | Sur | ECS-006S | S | 646 | 2015 | 6725 | 10306 | 5,4 | 2,3 | 3,2 | 5,2 | 0,2 |
| Sur | ECS-007S | S | 646 | 2015 | 6346 | 9748 | 6,0 | 2,6 | 3,4 | 6,0 | 0,0 | |
| Sur | ECS-008S | S | 1467 | 2015 | 6519 | 9963 | 6,3 | 2,9 | 3,4 | 6,2 | 0,0 | |
| 2 | Centro | ECC-011S | S | 1982 | 2016 | 6164 | 10007 | 7,2 | 2,5 | 4,7 | 6,5 | 0,7 |
| | Centro | ECC-012S | S | 2479 | 2016 | 6410 | 10257 | 7,2 | 3,0 | 4,2 | 6,5 | 0,6 |
| | Centro | ECC-013S | S | 1591 | 2016 | 6200 | 10008 | 5,5 | 3,0 | 2,5 | 5,5 | 0,0 |
| | Norte | ECN-003S | S | 1669 | 2016 | 5774 | 9697 | 7,2 | 3,0 | 4,2 | 7,2 | 0,0 |
| | Sur | ECS-009S | S | 2299 | 2016 | 6619 | 10480 | 7,3 | 3,0 | 4,3 | 6,4 | 1,0 |
| | Sur | ECS-010S | S | 2118 | 2016 | 6570 | 10393 | 5,8 | 2,5 | 3,3 | 5,7 | 0,1 |
| | Sur | ECS-011S | S | 1388 | 2016 | 6420 | 10225 | 6,5 | 3,3 | 3,2 | 6,5 | 0,0 |
| | Centro | ECC-014S | S | 936 | 2017 | 5908 | 9645 | 6,1 | 3,0 | 3,1 | 6,1 | 0,0 |
| | Centro | ECC-015S | S | 1073 | 2017 | 5950 | 9700 | 6,9 | 2,0 | 4,9 | 6,9 | 0,0 |
| | Centro | ECC-016S | S | 975 | 2017 | 5918 | 9690 | 5,7 | 2,8 | 2,9 | 5,7 | 0,0 |
| | Centro | ECC-017S | S | 1612 | 2017 | 6147 | 10007 | 5,6 | 2,5 | 3,1 | 5,5 | 0,1 |
| | Centro | ECC-018S | S | 1230 | 2017 | 5850 | 9779 | 5,2 | 2,3 | 2,8 | 5,1 | 0,0 |
| | Centro | ECC-019S | S | 934 | 2017 | 5973 | 9675 | 6,3 | 2,5 | 3,8 | 6,3 | 0,0 |
| | Centro | ECC-020S | S | 1709 | 2017 | 6102 | 9926 | 4,9 | 2,2 | 2,7 | 4,8 | 0,1 |
| | Centro | ECC-021S | S | 1306 | 2017 | 6496 | 10188 | 6,3 | 3,4 | 2,9 | 6,3 | 0,0 |
| Norte | ECN-004S | S | 1598 | 2017 | 5775 | 9720 | 6,0 | 3,0 | 3,1 | 6,0 | 0,0 | |

**ANEXO III BASE DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE TIEMPOS DE
LOS POZOS TIPO “J HD”**

| Grupo | Zonas | Pozos | Tipo | Sección Vertical | Año | Profundidad Inicial Sección MD | Profundidad Final Sección MD | Tiempo Total Sección | Tiempo Perforación | Tiempos Planos | Tiempos Productivos | Tiempo No Productivo |
|--------|----------|----------|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Norte | ECN-001H | JHD | 4556 | 2014 | 6065 | 9860 | 14,3 | 6,4 | 7,9 | 11,8 | 2,5 |
| | Norte | ECN-002H | JHD | 4456 | 2014 | 5582 | 10564 | 11,7 | 6,3 | 5,4 | 11,6 | 0,1 |
| | Norte | ECN-003H | JHD | 4223 | 2014 | 6058 | 10525 | 11,8 | 5,0 | 6,7 | 11,0 | 0,8 |
| | Norte | ECN-004H | JHD | 4062 | 2014 | 6052 | 10276 | 11,0 | 4,5 | 6,5 | 10,7 | 0,3 |
| | Norte | ECN-005H | JHD | 5715 | 2014 | 6358 | 10960 | 14,0 | 5,8 | 8,2 | 13,0 | 0,0 |
| | Centro | ECC-001H | JHD | 4032 | 2013 | 6292 | 10438 | 11,0 | 5,0 | 6,0 | 9,3 | 1,7 |
| | Centro | ECC-002H | JHD | 6126 | 2013 | 6448 | 11436 | 14,1 | 7,6 | 6,5 | 13,5 | 0,6 |
| | Centro | ECC-003H | JHD | 4931 | 2013 | 6260 | 10925 | 12,8 | 7,4 | 5,4 | 12,8 | 0,0 |
| | Centro | ECC-004H | JHD | 4302 | 2013 | 4988 | 10575 | 13,0 | 7,0 | 6,0 | 13,0 | 0,0 |
| | Centro | ECC-005H | JHD | 4055 | 2014 | 6325 | 10470 | 9,0 | 3,5 | 5,5 | 9,0 | 0,0 |
| | Centro | ECC-006H | JHD | 6518 | 2014 | 6428 | 11615 | 14,5 | 7,0 | 7,5 | 13,3 | 1,3 |
| | Centro | ECC-007H | JHD | 6158 | 2014 | 6535 | 11510 | 13,9 | 8,6 | 5,3 | 13,9 | 0,0 |
| | Centro | ECC-008H | JHD | 4177 | 2015 | 6260 | 10555 | 14,0 | 7,0 | 7,0 | 13,7 | 0,3 |
| | Centro | ECC-009H | JHD | 4878 | 2015 | 6385 | 10720 | 8,0 | 5,0 | 4,5 | 9,5 | 0,0 |
| | Centro | ECC-010H | JHD | 5990 | 2015 | 6604 | 10902 | 10,6 | 5,0 | 5,6 | 10,6 | 0,0 |
| Centro | ECC-011H | JHD | 4963 | 2015 | 6304 | 10938 | 10,9 | 5,5 | 4,9 | 10,4 | 0,5 | |
| 2 | Norte | ECN-006H | JHD | 4164 | 2016 | 6142 | 10570 | 10,6 | 4,5 | 6,1 | 9,8 | 0,8 |
| | Norte | ECN-007H | JHD | 4343 | 2016 | 6172 | 10722 | 9,3 | 3,9 | 5,4 | 9,2 | 0,1 |
| | Norte | ECN-008H | JHD | 4834 | 2016 | 6240 | 10955 | 12,3 | 4,5 | 7,8 | 12,3 | 0,0 |
| | Norte | ECN-009H | JHD | 4649 | 2016 | 6040 | 10668 | 9,3 | 5,5 | 3,8 | 8,9 | 0,4 |
| | Norte | ECN-010H | JHD | 4470 | 2016 | 5955 | 10525 | 8,3 | 4,3 | 4,0 | 8,1 | 0,3 |
| | Norte | ECN-011H | JHD | 5605 | 2016 | 6165 | 11052 | 10,6 | 4,5 | 6,1 | 10,6 | 0,0 |
| | Norte | ECN-012H | JHD | 4655 | 2017 | 6100 | 10664 | 7,9 | 3,7 | 4,2 | 7,9 | 0,0 |
| | Centro | ECC-013H | JHD | 5060 | 2016 | 6327 | 11060 | 13,9 | 7,0 | 6,9 | 11,5 | 2,4 |
| | Centro | ECC-014H | JHD | 4424 | 2016 | 6320 | 10760 | 6,9 | 3,0 | 3,9 | 6,4 | 0,5 |
| | Centro | ECC-015H | JHD | 5572 | 2016 | 6665 | 11398 | 9,8 | 4,0 | 5,8 | 9,8 | 0,0 |
| | Centro | ECC-016H | JHD | 4369 | 2016 | 6467 | 10700 | 10,3 | 3,5 | 6,8 | 8,5 | 1,8 |
| | Centro | ECC-017H | JHD | 4091 | 2017 | 6184 | 10570 | 7,5 | 4,0 | 3,5 | 7,5 | 0,1 |
| | Centro | ECC-018H | JHD | 4348 | 2017 | 6200 | 10660 | 7,3 | 4,0 | 3,3 | 7,1 | 0,2 |
| | Centro | ECC-019H | JHD | 4534 | 2017 | 6400 | 10778 | 8,5 | 3,3 | 5,2 | 7,4 | 1,2 |
| | Centro | ECC-020H | JHD | 4374 | 2017 | 6300 | 10715 | 9,4 | 3,9 | 5,5 | 9,0 | 0,4 |
| Centro | ECC-021H | JHD | 4004 | 2017 | 6171 | 10650 | 8,5 | 4,0 | 4,5 | 8,5 | 0,0 | |
| Sur | ECS-001H | JHD | 5330 | 2016 | 6966 | 11460 | 10,5 | 4,8 | 5,7 | 4,8 | 5,7 | |

**ANEXO IV BASE DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE TIEMPOS DE
LOS POZOS TIPO “J MODIFICADO”**

| Grupo | Zonas | Pozos | Tipo | Sección Vertical | Año | Profundidad Inicial Sección MD | Profundidad Final Sección MD | Tiempo Total Sección | Tiempo Perforación | Tiempos Planos | Tiempos Productivos | Tiempo No Productivo |
|--------|----------|----------|-------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Centro | ECC-001M | J MOD | 3391 | 2013 | 6210 | 10120 | 12,0 | 6,2 | 5,8 | 11,5 | 0,4 |
| | Centro | ECC-002M | J MOD | 3376 | 2013 | 6200 | 10065 | 14,8 | 6,0 | 8,8 | 13,7 | 1,1 |
| | Centro | ECC-003M | J MOD | 2657 | 2013 | 6074 | 10080 | 14,3 | 7,1 | 7,1 | 11,4 | 2,9 |
| | Centro | ECC-004M | J MOD | 2555 | 2013 | 5872 | 9577 | 14,3 | 6,6 | 7,7 | 11,7 | 2,5 |
| | Centro | ECC-005M | J MOD | 2843 | 2013 | 5922 | 10010 | 10,7 | 5,3 | 5,4 | 10,4 | 0,3 |
| | Centro | ECC-006M | J MOD | 2613 | 2013 | 5729 | 9884 | 13,3 | 6,6 | 6,7 | 12,0 | 1,3 |
| | Centro | ECC-007M | J MOD | 2910 | 2013 | 5965 | 10039 | 10,5 | 4,1 | 6,4 | 9,5 | 1,1 |
| | Centro | ECC-008M | J MOD | 3058 | 2013 | 5902 | 10125 | 13,6 | 5,5 | 8,1 | 10,3 | 3,3 |
| | Centro | ECC-009M | J MOD | 3451 | 2013 | 5915 | 10333 | 15,7 | 7,1 | 8,6 | 15,1 | 0,6 |
| | Centro | ECC-010M | J MOD | 2730 | 2013 | 5874 | 9710 | 11,9 | 5,9 | 6,0 | 10,9 | 0,9 |
| | Centro | ECC-011M | J MOD | 2578 | 2014 | 4730 | 9948 | 7,2 | 5,1 | 2,1 | 6,9 | 0,3 |
| | Centro | ECC-012M | J MOD | 2815 | 2014 | 5870 | 10045 | 10,5 | 3,5 | 7,0 | 10,2 | 0,3 |
| | Centro | ECC-013M | J MOD | 3838 | 2014 | 6400 | 10485 | 10,6 | 5,0 | 5,6 | 9,7 | 0,9 |
| | Norte | ECN-001M | J MOD | 3441 | 2014 | 6088 | 10124 | 10,4 | 5,3 | 5,1 | 9,3 | 1,1 |
| | Norte | ECN-002M | J MOD | 3010 | 2014 | 5912 | 9727 | 10,4 | 5,8 | 4,6 | 10,4 | 0,0 |
| | Centro | ECC-014M | J MOD | 2490 | 2015 | 6075 | 9665 | 9,4 | 5,1 | 4,3 | 8,1 | 1,3 |
| | Centro | ECC-015M | J MOD | 3173 | 2015 | 6132 | 10054 | 9,5 | 4,0 | 5,5 | 9,5 | 0,0 |
| | Centro | ECC-016M | J MOD | 3523 | 2015 | 6156 | 10255 | 8,9 | 4,4 | 4,5 | 8,9 | 0,0 |
| | Centro | ECC-017M | J MOD | 2302 | 2015 | 5964 | 9500 | 4,9 | 2,5 | 2,4 | 4,9 | 0,0 |
| | Centro | ECC-018M | J MOD | 3730 | 2015 | 6310 | 10370 | 7,5 | 4,3 | 3,2 | 7,5 | 0,0 |
| | Centro | ECC-019M | J MOD | 2276 | 2015 | 6140 | 9850 | 6,5 | 3,0 | 3,5 | 6,5 | 0,0 |
| | Centro | ECC-020M | J MOD | 2631 | 2015 | 5946 | 9614 | 7,1 | 4,5 | 2,6 | 7,1 | 0,0 |
| Centro | ECC-021M | J MOD | 3425 | 2015 | 6713 | 10442 | 7,5 | 3,5 | 4,0 | 7,4 | 0,1 | |
| Sur | ECS-001M | J MOD | 2110 | 2015 | 6719 | 10255 | 7,3 | 4,0 | 3,3 | 6,3 | 1,0 | |
| Sur | ECS-002M | J MOD | 2401 | 2015 | 6788 | 10286 | 6,5 | 3,5 | 3,0 | 6,5 | 0,0 | |
| Sur | ECS-003M | J MOD | 3692 | 2015 | 5588 | 10667 | 8,5 | 3,9 | 4,6 | 8,4 | 0,1 | |
| 2 | Centro | ECC-022M | J MOD | 2802 | 2016 | 5973 | 9970 | 5,5 | 3,0 | 2,5 | 5,5 | 0,0 |
| | Centro | ECC-023M | J MOD | 3492 | 2016 | 6240 | 10432 | 6,6 | 3,0 | 3,6 | 6,6 | 0,0 |
| | Norte | ECN-003M | J MOD | 2969 | 2016 | 5770 | 10000 | 8,0 | 3,3 | 4,7 | 7,0 | 1,0 |
| | Centro | ECC-024M | J MOD | 2808 | 2016 | 5963 | 10020 | 8,3 | 5,0 | 3,3 | 8,2 | 0,0 |
| | Centro | ECC-025M | J MOD | 2859 | 2016 | 5937 | 10092 | 6,9 | 3,3 | 3,6 | 6,8 | 0,0 |
| | Centro | ECC-026M | J MOD | 3235 | 2016 | 6020 | 10180 | 6,6 | 3,0 | 3,6 | 6,6 | 0,0 |
| | Centro | ECC-027M | J MOD | 3216 | 2016 | 6147 | 10260 | 8,1 | 3,8 | 4,3 | 7,5 | 0,7 |
| | Centro | ECC-028M | J MOD | 2238 | 2016 | 5770 | 9970 | 9,4 | 4,5 | 4,9 | 9,4 | 0,0 |
| | Sur | ECS-004M | J MOD | 2794 | 2016 | 6490 | 10400 | 6,3 | 3,0 | 3,3 | 6,2 | 0,1 |
| | Sur | ECS-005M | J MOD | 2151 | 2016 | 6520 | 10368 | 6,0 | 3,0 | 3,0 | 5,7 | 0,3 |
| | Centro | ECC-029M | J MOD | 3423 | 2017 | 6055 | 10335 | 8,9 | 4,5 | 4,4 | 8,1 | 0,8 |
| | Centro | ECC-030M | J MOD | 3117 | 2017 | 6038 | 10110 | 6,9 | 3,0 | 3,9 | 6,9 | 0,0 |
| | Centro | ECC-031M | J MOD | 3741 | 2017 | 6080 | 10400 | 8,8 | 5,2 | 3,6 | 8,8 | 0,0 |
| | Centro | ECC-032M | J MOD | 2335 | 2017 | 5860 | 9952 | 6,0 | 3,1 | 2,9 | 5,9 | 0,1 |
| | Centro | ECC-033M | J MOD | 3632 | 2017 | 6123 | 10373 | 7,6 | 3,5 | 4,1 | 7,5 | 0,1 |
| | Centro | ECC-034M | J MOD | 3675 | 2017 | 6271 | 10542 | 7,7 | 3,5 | 4,2 | 7,7 | 0,0 |
| | Norte | ECN-004M | J MOD | 2400 | 2017 | 5820 | 10016 | 9,6 | 4,3 | 5,3 | 9,2 | 0,4 |

**ANEXO V DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS POZOS
TIPO “S”**

| Grupo y Pozo Formación | Grupo 1 | | | | | | Grupo 2 | | | | | |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | ECC-001S | ECC-002S | ECC-004S | ECC-007S | ECC-003S | ECS-004S | ECC-014S | ECC-016S | ECC-018S | ECC-020S | ECC-021S | ECS-009S |
| Orteguaza | 5810 | 6018 | 5828 | 6195 | 6736 | 6775 | 5883 | 5895 | 5824 | 6037 | 6466 | 6602 |
| Tiyuyacu | 6742 | 6908 | 6749 | 6921 | 7507 | 7704 | 6788 | 6794 | 6760 | 6987 | 7280 | 7625 |
| Tope Conglomerado Superior | 6942 | 7100 | 6822 | 7205 | 7675 | | | | | | | |
| Tope Conglomerado Inferior | 8060 | 8226 | 7979 | 8332 | 8721 | 8968 | 8098 | 8110 | 8101 | 8329 | 8525 | 8878 |
| Tena | 8430 | 8628 | 8413 | 8612 | 9006 | 9331 | 8417 | 8414 | 8405 | 8643 | 8854 | 9216 |
| Basal Tena | 9086 | 9265 | 9134 | 9354 | 9777 | 10008 | 9027 | 9071 | 9131 | 9312 | 9553 | 9868 |
| Napo | 9097 | 9279 | 9158 | 9380 | 9796 | 10023 | 9069 | 9112 | 9154 | 9326 | 9560 | 9883 |
| Caliza "M1" | 9306 | 9460 | 9342 | 9500 | 9916 | 10149 | 9168 | 9249 | 9347 | 9514 | 9715 | 10022 |
| Caliza "M2" | 9500 | 9654 | 9573 | 9767 | 10157 | 10362 | 9439 | 9463 | 9568 | 9716 | 9933 | 10239 |
| Caliza "A" | 9616 | 9795 | 9699 | 9840 | 10273 | 10471 | 9541 | 9565 | 9704 | 9832 | 10039 | 10352 |
| Arenisca "U" Superior | 9760 | 9930 | 9823 | 10032 | 10440 | 10647 | 9722 | 9751 | 9826 | 9968 | 10225 | 10524 |
| Arenisca "U" Inferior | 9848 | 9974 | 9857 | 10132 | 10510 | 10718 | 9787 | 9822 | 9884 | 10037 | 10278 | 10588 |
| Caliza "B" | 9963 | 10138 | 10035 | 10251 | 10640 | 10876 | 9937 | 9970 | 10041 | 10204 | 10444 | 10742 |
| Arenisca "T" Superior | 9972 | 10158 | 10051 | 10268 | 10660 | 10885 | 9949 | 9986 | 10057 | 10218 | 10461 | 10757 |
| Arenisca "T" Inferior | 10064 | 10251 | 10154 | 10352 | 10757 | 10973 | 10060 | 10101 | 10149 | 10331 | 10543 | 10845 |
| Caliza "C" | 10228 | 10414 | 10300 | 10526 | 10947 | 11153 | 10242 | 10263 | 10305 | 10454 | 10720 | 11022 |
| Hollín Superior | 10238 | 10430 | 10308 | 10541 | 10970 | 11165 | 10265 | 10285 | 10311 | 10462 | 10737 | 11033 |
| Hollín Inferior | 10305 | 10477 | 10360 | 10590 | 11040 | 11201 | 10299 | 10335 | 10359 | 10491 | 10777 | 11076 |
| TD | 10455 | 10626 | 10500 | 10780 | 11170 | 11350 | 10545 | 10540 | 10590 | 10770 | 10973 | 11310 |

**ANEXO VI BHA UTILIZADOS EN LA PERFORACIÓN DE LA
SECCIÓN INTERMEDIA DE 12 ¼” EN LOS POZOS TIPO “S”**

GRUPO 1

| ECC-003S | | | | | | ECS-004S | | | | | | | | |
|--|---|-----------------|--|---|-----------------|--|---|-----------------|--|---|-----------------|--|---|-----------------|
| 1 | | | 2 | | | 3 | | | 1 | | | 2 | | |
| Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] |
| | Cross Over | 4 | | Sub - X/O | 4 | | Sub - X/O | 4 | | Sub - X/O | 4 | | Sub - X/O | 4 |
| | Drill Collar | 31 | | | | | | | | | | | | |
| | Estabilizador | 4 | | Drill Collar | 91 | | Drill Collar | 91 | | Drill collar x 2 | 60 | | Drill collar x 2 | 60 |
| | Drill Collar | 31 | | | | | | | | Sub - filter | 5 | | Sub - filter | 5 |
| | Bit Sub GT 1 | 4 | | | | | | | | MWD | 39 | | MWD | 39 |
| | | 1 | | Sub filter | 5 | | Sub filter | 5 | | Estabilizador | 7 | | Estabilizador | 7 |
| | | | | MWD | 5 | | MWD | 5 | | Motor / Ultra XL / Bent Housing: 0,8° | 36 | | Motor Ultra XL / Bent Housing: 0° | 36 |
| | | | | NM Drill Collar | 29 | | NM Drill Collar | 29 | | MSI251LMHSB | 0,9 | | MSI519LMHSB | 0,9 |
| | | | | Estabilizador | 4 | | Estabilizador | 4 | | | | | | |
| | | | | Motor / Xtreme / Bent Housing: 1° | 28,83 | | Motor / Xtreme / Bent Housing: 1° | 29 | | | | | | |
| | | | | DP605SX | 1,4 | | DP605SX | 1,4 | | | | | | |
| Longitud Total BHA [ft] | 1077 | | Longitud Total BHA [ft] | 1172 | | Longitud Total BHA [ft] | 1172 | | Longitud Total BHA [ft] | 1017 | | Longitud Total BHA [ft] | 1017 | |
| Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | | Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | | Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | | Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | | Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | |
| Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 74 | | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 168 | | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 168 | | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 153 | | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 153 | |
| PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 421 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 134 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 134 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 203 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 203 |
| | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 495 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 302 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 302 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 356 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 356 |
| | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 559 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 322 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 322 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 387 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 387 |

**ANEXO VII DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS POZOS
TIPO “J HD”**

| Grupo y Pozo Formación | Grupo1 | | | Grupo 2 | | |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | ECN-003C | ECC-002C | ECC-004C | ECN-010C | ECC-015C | ECC-017C |
| Orteguaza | 6065 | 6357 | 6096 | 5908 | 6628 | 6134 |
| Tiyuyacu | 6999 | 7543 | 7130 | 6943 | 7791 | 7213 |
| Tope Conglomerado Superior | 7318 | 7724 | 7250 | 7191 | | 7358 |
| Tope Conglomerado Inferior | 8642 | 9007 | 8540 | 8405 | 9376 | 8715 |
| Tena | 9033 | 9910 | 9099 | 8991 | 9704 | 9093 |
| Basal Tena | 9811 | 10680 | 9888 | 9792 | 10661 | 9869 |
| Napo | 9823 | 10716 | 9919 | 9805 | 10678 | 9888 |
| Caliza "M1" | 10097 | 10973 | 10137 | 10149 | 10882 | 10129 |
| Caliza "M2" | 10327 | 11314 | 10383 | 10351 | 11120 | 10362 |
| Caliza "A" | 10452 | 11414 | 10540 | 10477 | 11266 | 10497 |
| Arenisca "U" Superior | 10562 | 11555 | 10675 | 10590 | 11471 | 10635 |
| Arenisca "U" Inferior | 10562 | 11596 | 10705 | 10673 | 11548 | 10701 |
| Caliza "B" | 10797 | 11768 | 10904 | 10849 | 11709 | 10890 |
| Arenisca "T" Superior | 10807 | 11798 | 10914 | 10862 | 11725 | 10909 |
| Arenisca "T" Inferior | 10921 | 11884 | 11006 | 10956 | 11819 | 11007 |
| Caliza "C" | 11104 | 12067 | 11168 | 11139 | 11998 | 11183 |
| Hollín Superior | 11119 | 12071 | 11178 | 11146 | 12022 | 11207 |
| Hollín Inferior | | 12152 | 11222 | 11187 | 12072 | 11239 |
| TD | 11280 | 12397 | 11357 | 11390 | 12270 | 11440 |

**ANEXO VIII BHA UTILIZADOS EN LA PERFORACIÓN DE LA
SECCIÓN INTERMEDIA DE 12 ¼” EN LOS POZOS TIPO “J HD”**

| GRUPO 2 | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|-----------------|----------|---------------------------|-----------------|---------|-----------------------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|---------|--|-----------------|
| ECN-010H | | | ECC-017H | | | | | | ECC-015H | | | | | |
| 1 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | |
| Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] |
| | Crossover | 3 | | Crossover | 3 | | Crossover | 3 | | Crossover | 1 | | Crossover | 1 |
| | 8" Drill Collar | 61 | | 2 x 8" Drill Collar | 61 | | 2 x 8" Drill Collar | 61 | | 2 x 8" Drill Collar | 62 | | 2 x 8" Drill Collar | 62 |
| | Downhole Filter | 8 | | Downhole Filter | 7 | | Downhole Filter | 7 | | Downhole Filter | 7 | | Downhole Filter | 7 |
| | Monel | 35 | | Monel | 25 | | Monel | 25 | | Monel | 26 | | Monel | 26 |
| | Telescope 825 HF | 28 | | Telescope | 28 | | Telescope | 28 | | Telescope 825 HF | 28 | | Telescope 825 HF | 28 |
| | 8" Pony Collar | 9 | | Pony Monel | 11 | | Pony Monel | 11 | | 8.25" Pony Collar | 9 | | 8.25" Pony Collar | 9 |
| | 11 3/4" Stabilizer | 6 | | Float Sub | 2 | | String Stabilizer 12" | 5 | | Stabilizer 11 3/4" | 5 | | Stabilizer 11 3/4" | 5 |
| | 8" Pony Collar | 7 | | String Stabilizer 11 3/4" | 6 | | Top Sub/w Float Valve | 4 | | Float Sub | 2 | | Float Sub | 2 |
| | Motor / A962M7848GT / Bent Housing: 1.5° | 34 | | RSS / PD 900 X6 | 14 | | Motor/ A962M / Bent Housing: 1.5° | 30 | | RSS / PD 900 X6 | 14 | | Motor / A962M3460XP / Bent Housing: 1.5° | 34 |
| | Z519 | 1.0 | | Z519 | 1.0 | | MSI519HSBPXX | 1.0 | | Z519 | 1.0 | | MSI519LMHSBPXX | 0.9 |

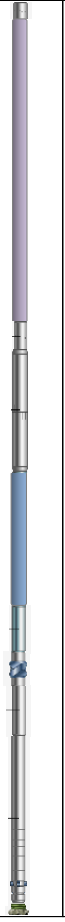
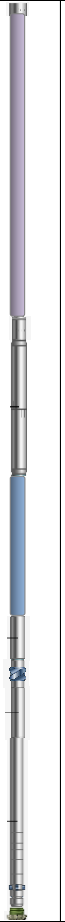
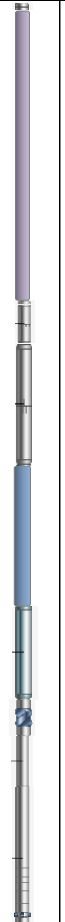
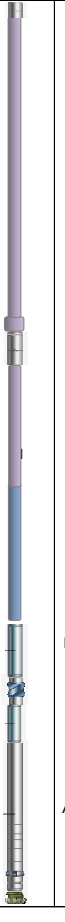
| Longitud Total [ft] | | 1393 | Longitud Total [ft] | | 1445 | Longitud Total [ft] | | 1463 | Longitud Total [ft] | | 1376 | Longitud Total [ft] | | 1182 |
|--|---|-------|--|---|-------|--|---|-------|--|---|-------|--|---|-------|
| Peso Máximo Broca [Klbs] | | 40000 | Peso Máximo Broca [Klbs] | | 40000 | Peso Máximo Broca [Klbs] | | 40000 | Peso Máximo Broca [Klbs] | | 40000 | Peso Máximo Broca [Klbs] | | 40000 |
| Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | | 191 | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | | 158 | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | | 176 | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | | 154 | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | | 175 |
| PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 122 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 206 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 124 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 224 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 144 |
| | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 313 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 363 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 300 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 379 | | Punto Neutro [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 319 |
| | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 331 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 394 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 318 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 412 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud desde broca hasta drill collar [ft] | 341 |

**ANEXO IX DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS POZOS
TIPO “J MODIFICADO”**

| Grupo y Pozo Formaciones | Grupo1 | | | | Grupo 2 | | | |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | ECC-001S | ECC-002S | ECC-004S | ECC-007S | ECC-003S | ECS-004S | ECC-014S | ECC-016S |
| Orteguaza | | 6902 | 5960 | 5862 | 6032 | 5928 | 5890 | 6004 |
| Tiyuyacu | 7250 | 7073 | 6945 | 6872 | 7072 | 6924 | 6858 | 6976 |
| Tope Conglomerado Superior | 7280 | 8700 | | 7020 | 7210 | | | |
| Tope Conglomerado Inferior | 8338 | | 8331 | 8290 | 8537 | 8247 | 8288 | 8421 |
| Tena | 8865 | 8961 | 8640 | 8827 | 8910 | 8664 | 8792 | 8782 |
| Basal Tena | 9552 | 9468 | 9496 | 9642 | 9691 | 9345 | 9421 | 9471 |
| Napo | 9574 | 9492 | 9529 | 9664 | 9709 | 9373 | 9444 | 9493 |
| Caliza "M1" | 9675 | 9602 | 9631 | 9908 | 9917 | 9482 | 9655 | 9677 |
| Caliza "M2" | 10105 | 10055 | 9909 | 10145 | 10141 | 9790 | 9880 | 9872 |
| Caliza "A" | 10159 | 10132 | 10056 | 10307 | 10274 | 9909 | 10017 | 9993 |
| Arenisca "U" Superior | 10379 | 10290 | 10229 | 10426 | 10415 | 10092 | 10142 | 10223 |
| Arenisca "U" Inferior | 10430 | 10372 | 10281 | 10464 | 10476 | 10184 | 10213 | 10294 |
| Caliza "B" | 10573 | 10521 | 10554 | 10651 | 10637 | 10327 | 10388 | 10402 |
| Arenisca "T" Superior | 10609 | 10533 | 10464 | 10666 | 10650 | 10348 | 10408 | 10416 |
| Arenisca "T" Inferior | 10707 | 10742 | 10565 | 10753 | 10749 | 10444 | 10493 | 10500 |
| Caliza "C" | 10878 | 10850 | 10737 | | 10933 | 10610 | | 10668 |
| Hollín Superior | 10898 | 10860 | 10760 | 10921 | 10957 | 10627 | 10651 | 10680 |
| Hollín Inferior | 10941 | 10910 | 10799 | 10992 | 10993 | 10679 | 10707 | 10730 |
| TD | | 11070 | | 11155 | 11202 | 10900 | 10930 | 10900 |

**ANEXO X BHA UTILIZADOS EN LA PERFORACIÓN DE LA
SECCIÓN INTERMEDIA DE 12 ¼” EN LOS POZOS TIPO “J
MODIFICADO”**

GRUPO 2

| ECC-030M | | | ECC-026M | | | ECC-023M | | | ECC-022M | | |
|--|--|-----------------|--|--|-----------------|--|--|-----------------|--|--|-----------------|
| 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | |
| Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] | Esquema | Descripción | Longitud [pies] |
|  | Crossover | 3 |  | Crossover | 2 |  | Crossover | 1 |  | Crossover | 3 |
| | 2 x 8" Drill Collar | 62 | | 2 x 8" Drill Collar | 61 | | 2 x 8" Drill Collar | 60 | | Drill Collar | 61 |
| | Downhole Filter | 5 | | Downhole Filter | 5 | | Downhole Filter Sub | 8 | | Downhole Filter Monel | 7 |
| | Monel | 25 | | Monel | 28 | | Monel | 25 | | Telescope | 24 |
| | Telescope 825 HF | 27 | | MWD Telescope 825 HF | 28 | | MWD Telescope 825 HF | 28 | | Pony Monel | 27 |
| | 8.25" Pony Collar | 9 | | Pony Monel | 9 | | ARC-8 | 19 | | Estabilizador 11 3/4" | 8 |
| | 11 3/4" Estabilizador | 7 | | 11 3/4" Estabilizador | 6 | | 11 3/4" Estabilizador | 7 | | Pony Collar | 9 |
| | 8.25" Pony Collar | 10 | | Pony Monel | 10 | | Pony Monel | 11 | | Motor / A962m3460XP / Bent Housing: 1,5° | 36 |
| | Motor / A1926023M / Bent Housing: 1,5° | 36 | | Motor / A962M7848GT / Bent Housing: 1,5° | 36 | | Motor / A962M7848GT / Bent Housing: 1,5° | 31 | | Z519 | 0,87 |
| | Z519 | 0,9 | | Z519 | 1,1 | | Z519 | 1,0 | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---------------------|---|--------------|---|---|------------|
| Longitud Total BHA[ft] | 1209 | Longitud Total BHA[ft] | 1203 | Longitud Total BHA[ft] | 1223 | Longitud Total BHA[ft] | 838 | |
| Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | Peso Máximo Broca [Klbs] | 40000 | |
| Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 184,9 | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 186,1 | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 191,3 | Longitud hasta el Drill Collar Superior [ft] | 182,0 | |
| PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 119 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 104 | PUNTO NEUTRO | Ubicación en el HWDP sobre la cabeza del Drill Collar [ft] | 100 |
| | Punto Neutro [ft] + Longitud (broca - drill collar) [ft] | 304 | | Punto Neutro [ft] + Longitud (broca - drill collar) [ft] | 290 | | Punto Neutro [ft] + Longitud (broca - drill collar) [ft] | 282 |
| | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud (broca - drill collar) [ft] | 321 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud (broca - drill collar) [ft] | 306 | | Punto Neutro con factor de seguridad (1,15) [ft] + Longitud (broca - drill collar) [ft] | 297 |