



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PROBLEMÁTICA PARA EL CONTROL DE
LA VERTICALIDAD EN LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN DE LA
FORMACIÓN CARAPITA, CAMPO OROCUAL**

REALIZADO POR:

MARCOS AURELIO RIVAS PÉREZ

Trabajo Especial De Grado Presentado Como Requisito Parcial Para Optar Al

Título De:

INGENIERO DE PETRÓLEO

MATURÍN, FEBRERO 2006



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

**ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PROBLEMÁTICA PARA EL CONTROL DE
LA VERTICALIDAD EN LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN DE LA
FORMACIÓN CARAPITA, CAMPO OROCUAL**

MARCOS AURELIO RIVAS PÉREZ
C.I. 14.339.679

REVISADO POR:

ING. JOSÉ ORTIZ
Asesor Industrial

ING. JUAN F. PERAZA
Asesor Académico

ING. OMAIRA SALAZAR
Co-asesor Académico

MATURÍN, FEBRERO 2006

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 44° del Reglamento de Trabajo de Grado: “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién lo participará al Consejo Universitario”.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

**ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PROBLEMÁTICA PARA EL CONTROL DE
LA VERTICALIDAD EN LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN DE LA
FORMACIÓN CARAPITA, CAMPO OROCUAL**

MARCOS AURELIO RIVAS PÉREZ
C.I. 14.339.679

APROBADO POR:

ING. JOSÉ CHAPARRO
Jurado Principal

ING. MIGUEL NARANJO
Jurado Principal

ING. JUAN F. PERAZA
Asesor Académico

ING. OMAIRA SALAZAR
Co-asesor Académico

MATURÍN, FEBRERO 2006

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, el creador y guía, por permitir que yo existiera y tomará este camino.

A mí querida Virgen del Valle, La Patrona del Oriente.

A mis padres, quienes con su invaluable esfuerzo, amor, dedicación, apoyo, comprensión, responsabilidad y sacrificio, hicieron posible la culminación de este logro. **¡Que Dios los Bendiga!**

A mi hermano Jesús Leonardo y a mi hermana Francelys Del valle, por su cariño y apoyo. **¡Sigán adelante!**

A mí hermanita Marjelys Daniela, espero que te sirva de ejemplo y estímulo, tú que apenas estas en la escuela. **Te Quiero!**

A todos los integrantes de la Familia Rivas y a los de la Familia Pérez, a ustedes que siempre me apoyaron.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de Oriente**, la casa más alta del Oriente del país, y al cúmulo de docentes que la conforman; por haberme brindado la oportunidad de formarme e instruirme como futuro profesional de la república.

A **Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima**, específicamente las sedes de Maturín (ESEM) y Punta de Mata (ESUE), por permitirme realizar las Pasantías de Trabajo de Grado, en sus instalaciones y compartir esta experiencia con su personal.

Al **Ing. José Ortiz**, no tengo palabras para agradecerle la oportunidad, la confianza, la paciencia, la colaboración y el apoyo brindado. Espero no haberlo defraudado. Mi amigo y asesor industrial. **Muchísimas Gracias.**

A la Profesora **Ing. Omaira Salazar**, usted que tras la partida del profesor Carmelo Cabrera a otro lugar de trabajo, tomó toda la responsabilidad y dedicación para desarrollar y revisar todos los detalles del presente trabajo. Le agradezco de todo corazón su paciencia, confianza, consejos y apoyo. **¡Qué Dios La Bendiga!**

Al Profesor **Ing. Carmelo Cabrera**, mi primer asesor académico. Fue usted, la brújula que orientó la elaboración de este Trabajo de Grado y quién me dio valiosísimos consejos. **Muchas Gracias.**

Al Profesor **Ing. Juan Francisco Peraza**, finalmente asesor académico, por identificarse e integrarse a este trabajo. **Muchas gracias.**

A los Ing. Geólogos, **Nanhil Bernabé** (de la naciente: Gerencia de Tecnología de Información) y **Nelson Mata** (Gerencia de Yacimientos, Orocal Profundo). **Muchísimas gracias muchachos.**

Al Personal que labora en Archivos de Pozos, **Sra. Leidys Millán, Sr. Antonio Sifontes** y al amigo **Alexander**, un millón de gracias por permitir que cada día que estuve en el semi-sótano del ESEM, fuesen los más amenos y alegres, a pesar de estar revisando las carpetas, informes y registros de los pozos.

A dos personas que se han encargado de levantarme el animo y la moral; y que siempre estuvieron pendiente de cómo iba la Pasantía de Trabajo de Grado: a ti, **Guillermo Patines** y a usted mi amigo, **Ing. Ciro Fermín**.

A la Asociación de Rodeo de la Universidad de Oriente, **Aso.R.U.D.O.**, en especial a **Patricia García, Julio Martínez, Anaís Fuentes, Rafael Ríos, Edwin Moreno, Héctor Quezada, Edgar Carvajal, Miguel Velásquez, Yull Pérez, Argenis Vargas, Fanny Vegas, Oscar Renaud y Juan Centeno**.

A **Yuluitza Tineo**, por ser mi mejor compañera de estudios y amiga, me diste tu apoyo incondicional y siempre creíste en mí.

A mis amigos de clases, estudios y de vida social, **Eleazar Rondón, Roswelt Arreaza, David Camacho, Jonys Gómez, César Mota y Octavio Cancino**, Este triunfo también es de ustedes.

A mis compañeras y compañeros de clases: **Belimar Hurtado, Jacqueline Palma, Yaribel Roca, María García, Yusmari Bozo, Roxana Rujano, Mariber Carreño, Yannina Malavé, Evelyn Torres, Rosangela Sotillet, Desireé López, Solymar Moreno, Carmen García, Tatiana Fernández, Wilfredo Ramírez, William Rivera, Ronald Torres, Iskian Cegarra, Julio Rodríguez y Rafael de la Cruz**.

A **todas aquellas personas**, que de una u otra manera aportaron su granito de arena

INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE GENERAL	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento Del Problema.....	3
1.2 Objetivos De La Investigación.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Justificación De La Investigación.....	5
1.4 Factibilidad De La Investigación.....	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes Del Problema.....	7
2.2 Aspectos Geológicos E Históricos.....	8
2.2.1 Geología Histórica De La Cuenca Oriental.....	8
2.2.2 Tectónica De La Cuenca Oriental.....	10
2.2.3 Historia Del Norte De Monagas.....	10
2.2.4 Téctono-Estratigrafía Del Norte De Monagas.....	11
2.2.5 Ubicación Geográfica Del Campo Orocual.....	13
2.2.6 Historia Del Campo Orocual.....	13
2.2.7 El Campo Orocual.....	14
2.2.8 Estructura Local Del Campo Orocual.....	15
2.2.9 Estratigrafía Del Campo Orocual.....	16
2.3 Fundamentos Teóricos.....	18
2.3.1 Tipos De Perforaciones Que Se Implementan En La Construcción De Pozos.....	18
2.3.2 tipos De Pozos.....	19
2.3.2.1 Pozos Direccionales _[14]	19
2.3.2.2 Pozos Inclinaos _[5]	20
2.3.2.3 pozos Verticales _[14]	21
2.3.3 Ensamblajes De Fondo De Pozo (Botton Hole Assembly, Bha) _[5]	21
2.3.3.1 clasificación De Ensamblajes De Fondo _[5]	21
2.3.3.2 Componentes Usados Generalmente En Los Ensamblajes De Fondo De Pozos Verticales Y Secciones Verticales De Los Pozos Direccionales.....	24

2.3.4 Técnicas Utilizadas Para Controlar Verticalidad	29
2.3.4.1 Ensamblaje De Fondo Pendular (Ensamblaje Pendular)	29
2.3.4.2 Ensamblaje De Fondo Empacado (Ensamblaje Empacado)	31
2.3.4.3 Ensamblaje De Péndulo Empacado _[12]	33
2.3.4.4 Pesos Reducidos Sobre La Mecha _[12]	33
2.3.5 Herramientas Para Medir Dirección E Inclinación	34
2.3.5.1 Péndulo Invertido (Totco) _[5]	34
2.3.5.2 Toma Sencilla (Single-Shot) Y Tomas Múltiples (Multi-Shot) _[5]	35
2.3.5.3 Orientación Giroscópica De Toma Sencilla (Gyro) _[5]	36
2.3.5.4 Medidas De Fondo De Pozo Durante La Perforación _[5]	37
2.3.6 Factores Influyentes En La Trayectoria Del Hoyo	37
2.3.6.1 Peso Sobre La Mecha (Psm) _[5]	37
2.3.6.2 Tipo De Mecha Y Parámetros De Perforación (Psm Y Rpm) _[3]	38
2.3.6.3 Cantidad De Estabilizadores _[12]	38
2.3.6.4 Apoyo De Pared Y Longitud De Contacto De Los Estabilizadores _[12]	39
2.3.6.5 Firmeza Y Abrasión De Las Formaciones _[12]	40
2.3.6.6 Interacción Bha-Roca	40
2.4 Definición De Términos Básicos	43
CAPÍTULO III	47
MARCO METODOLÓGICO	47
3.1 Tipo De Investigación	47
3.2 Diseño De La Investigación	47
3.3 Población Y Muestra	48
3.4 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos	49
3.4.1 Revisión Bibliográfica	49
3.4.2 Entrevistas	52
3.5 Procedimiento Metodológico	52
3.5.1 Etapa I: Recopilación De La Información Geológica Y La Tecnológica Involucrada En Las Operaciones De Perforación	52
3.5.1.1 Características Geológicas	53
3.5.1.2 Tecnología Involucrada En Las Operaciones De Perforación	54
3.5.2 Etapa Ii: Revisión De Los Diseños E Historia De Construcción De Los Pozos	54
3.5.3 Etapa Iii: Descripción De Las Condiciones Que Ocasionan La Pérdida De Trayectoria	55
3.5.4 Etapa Iv: Realización De Un Análisis Técnico Basado En El Diagnóstico De Los Pozos	55
3.6 Recursos	56
3.6.1 Materiales	56
3.6.2 Humanos	56
3.6.3 Financieros	57

CAPÍTULO IV	58
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
4.1 Recopilación De La Información Geológica Y La Tecnológica Involucrada En Las Operaciones De Perforación.....	58
4.1.1 Recopilación De La Información Geológica.....	58
4.1.1.1 Ubicación De Los Pozos En Orocal Profundo	58
4.1.1.2 Estratigrafía De La Formación Carapita	60
4.1.1.3 Marcadores Litológicos De Carapita, Carapita Superior Y Carapita Inferior	61
4.1.1.4 Secciones Estratigráficas De Los Pozos	61
4.1.1.5 Secciones Estructurales De Los Pozos.....	63
4.1.2 Recopilación De La Información Tecnológica Involucrada En Las Operaciones De Perforación	64
4.2 Revisión De Los Diseños E Historia De Construcción De Los Pozos En Estudio	65
4.2.1 Comparación De Los Diseños Y La Historia De Construcción De Los Pozos	67
4.2.1.2 Pozos Orc-26, Orc-27, Orc-29 Y Orc-30	67
4.2.1.3 Pozos Orc-25 Y Orc-32.....	72
4.3 Descripción De Las Condiciones Que Ocasionaron La Pérdida De Control De La Trayectoria Espacial.....	77
4.3.1 Pérdida De La Trayectoria Especial.....	77
4.3.1.1 Pozo Orc-18	77
4.3.1.2 Pozo Orc-25	79
4.3.1.3 Pozo Orc-32	80
4.3.2 Tendencias Presentadas En Los Pozos.....	81
4.3.2.1 Pozos Orc-18 Y Orc-25.....	81
4.3.2.2 Pozo Orc-32	83
4.4 Análisis Técnico Basado En El Diagnóstico De Los Pozos	84
4.4.1 Hoyo De 17 ½ Pulgadas.....	84
4.4.1.1 Diagnóstico Del Comportamiento De La Inclinación En Los Pozos..	84
4.4.1.2 Comparación Y Análisis De Las Diversas Tendencias	86
4.4.2 Hoyo De 12 ¼ Pulgadas.....	90
4.4.2.1 Diagnóstico Del Comportamiento La Inclinación En Los Pozos	90
4.4.2.2 Comparación Y Análisis De Las Diversas Tendencias	93
4.4.3 Hoyos De 8 3/8 Y 8 1/2 Pulgadas	96
4.4.3.1 Diagnóstico Del Comportamiento La Inclinación Observada En Los Pozos	96
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación geográfica del Campo Orocual.....	13
Figura 2.2 Visual del Campo Orocual mostrando a la Formación San Juan	16
Figura 2.3. Columna estratigráfica generalizada del Campo Orocual	17
Figura 2.4. Ensamblaje de fondo para aumentar ángulo.....	22
Figura 2.5. Ensamblaje de fondo para mantener ángulo.....	23
Figura 2.6. Ensamblaje para disminuir ángulo.....	23
Figura 2.7. Mechass tricónicas	25
Figura 2.8. Mechass de cortadores fijos	25
Figura 2.9. Supervisión de los estabilizadores antes de bajarlos al pozo.....	27
Figura 2.10. Efecto del peso sobre la mecha.....	30
Figura 2.11. Totco	34
Figura 2.12. Instrumentos de medición de inclinación y dirección	36
Figura 2.13. Puntos de estabilización.....	39
Figura 2.14. Mecanismo de falla para una roca isotrópica y una roca anisotrópica ...	42
Figura 2.15. Tendencias de desviación según las formaciones.....	43
Figura 3.1. Programas computacionales utilizados.....	49
Figura 3.2. Barra de herramientas de OpenWorks Landmark	51
Figura 4.1. Ubicación Relativa de los Pozos en Orocual Profundo	59
Figura 4.2. Sección Estratigráfica SO-NE	62
Figura 4.3. Sección Estratigráfica NO-SE	62
Figura 4.4. Sección Estructural SO-NE	63
Figura 4.5. Sección Estructural NO-SE	63
Figura 4.6. Gráfico de Profundidad vs.....	78
Figura 4.7. Gráfico de Profundidad vs.....	78
Figura 4.8. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (pozo ORC-32).....	80
Figura 4.9. Gráfico de Profundidad vs.....	85
Figura 4.10. Gráfico de Profundidad vs.....	85
Figura 4.11. Gráfico de Profundidad vs.....	86

Figura 4.12. Gráfico de Profundidad vs.....	86
Figura 4.13. Gráfico de Profundidad vs.....	86
Figura 4.14. Gráfico de Profundidad vs.....	86
Figura 4.15. Gráfico de Profundidad vs.....	91
Figura 4.16. Gráfico de Profundidad vs.....	91
Figura 4.17. Gráfico de Profundidad vs.....	91
Figura 4.18. Gráfico de Profundidad vs.....	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1. Profundidades Perforadas y de Inicio de Perforación Direccional	67
Tabla 4.2. Resumen de BHA, programados en los pozos ORC-26 y ORC-27	68
Tabla 4.3. Resumen de BHA, utilizados en los pozos ORC-26 y ORC-27	68
Tabla 4.4. Resumen de BHA, programados en el pozo ORC-29.....	69
Tabla 4.5. Resumen de BHA, utilizados en el Pozo ORC-29.....	69
Tabla 4.6. Resumen de BHA, programados en el pozo ORC-30.....	69
Tabla 4.7. Resumen de BHA, utilizados en el pozo ORC-30.....	70
Tabla 4.8. Resumen de Mechas, PSM y RPM; programadas en los pozos direccionales.....	70
Tabla 4.9. Resumen de Mechas, PSM y RPM; utilizadas en los pozos direccionales	70
Tabla 4.10. Resumen de Registros de Desviación	71
Tabla 4.11. Resumen de Registros de Desviación	72
Tabla 4.12. Resumen de BHA Programados en los Pozos ORC-25 y ORC-32	73
Tabla 4.13. Resumen de BHA Utilizados en los Pozos ORC-25 y ORC-32	73
Tabla 4.13. Resumen de BHA Utilizados en los.....	73
Tabla 4.14. Resumen de Mechas, PSM y RPM Programadas en los Pozos Verticales	75
Tabla 4.15. Resumen de Mechas, PSM y RPM Utilizadas en los Pozos Verticales...	75
Tabla 4.16. Resumen de Registros de Desviación Programados en los Pozos Verticales	76
Tabla 4.17. Resumen de Registros de Desviación Utilizados en los Pozos Verticales	76
Tabla 4.18. Resumen de parámetros estudiados, hoyo de 17 ½ pulgadas	87
Tabla 4.18. Resumen de parámetros estudiados	87
Tabla 4.19. Resumen de parámetros estudiados, hoyo de 12 ¼ pulgadas	94
Tabla 4.20. Resumen de parámetros estudiados, hoyos de 8 3/8 y 8 1/2 pulgadas.....	96



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA
RESUMEN**

**ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PROBLEMÁTICA PARA EL CONTROL DE
LA VERTICALIDAD EN LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN DE LA
FORMACIÓN CARAPITA, CAMPO OROCUAL**

Autor:
Marcos Aurelio Rivas
Fecha: Febrero de 2006

Asesores:
Industrial: Ing. José Ortiz
Académicos: Ing. Juan F. Peraza
Ing. Omaira Salazar

En el Campo Orocual, a nivel de la Formación Carapita, se han presentado problemas en las operaciones de perforación como el atascamiento de la tubería por geometría, modificación de la trayectoria espacial planificada, apertura de reentradas, aumento de costos, entre otros, como consecuencia de la pérdida del control de la verticalidad en algunos pozos; razones por las cuales surge la necesidad de buscar mejorar la efectividad en el control operativo del proceso de perforación. Es por ello, que se decide realizar un análisis técnico de las circunstancias que propician la pérdida de la verticalidad, durante la construcción de los pozos. La presente investigación, se basó en conocer las condiciones geológicas del área, los equipos y métodos involucrados en la construcción de los pozos, la creación de una base de datos considerando ensamblajes de fondo, tipos de mechas, parámetros de perforación y surveys de los pozos. Así mismo, se describieron las situaciones que promovieron desviaciones y se efectuaron discusiones de las tendencias observadas; y finalmente, se realizó un análisis técnico, donde se obtuvieron entre los resultados más importantes, que el ensamblaje de fondo que proporcionó el mejor control de la verticalidad fue el pendular, con distribución de estabilizadores a 60 y 90 pies. Al aumentar el peso sobre la mecha y mantener o disminuir la velocidad de rotación, simultáneamente, se propicia la pérdida del control de la verticalidad.

INTRODUCCIÓN

A medida que se mejoran los conocimientos geológicos del Campo Orocuál, se hace necesario un aumento en la perforación de pozos para lograr la extracción de petróleo y gas de los yacimientos, con el fin de desarrollar la red de explotación de dicho Campo. Para ello, se realizan trabajos de construcción de pozos horizontales, direccionales, verticales y multilaterales.

El Campo Orocuál ha sido dividido estratégicamente en: Orocuál Somero y Orocuál Profundo. El primero comprende las formaciones Mesa y Las Piedras, mientras que, el segundo comprende las formaciones Carapita, Areo, Los Jabillos, Caratas, Vidoño, San Juan y San Antonio. A nivel de la Formación Carapita, se han presentado problemas en las operaciones de perforación de pozos verticales y en la fase vertical de los pozos direccionales, relacionados con la desviación del hoyo y complicaciones en el proceso, lo que se refleja en tiempo adicional en maniobras e inversión de capital, generando grandes pérdidas para la empresa.

La trayectoria de un pozo se establece para mantener el pozo dentro de los límites del área de operación asignada y no invadir zonas ajenas; cerciorarse de que el pozo penetre un horizonte productor específico en una trampa estratigráfica, arenisca lenticular o un bloque fallado; o satisfacer los requisitos legales de los organismos reglamentarios (Ministerio de Energía y Petróleo), reglamento del campo, entre otros.

Por lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de mejorar los índices técnicos y económicos de la perforación de pozos verticales en el Campo Orocuál. Mediante la elaboración de éste análisis se busca efectividad en el control operativo del proceso de perforación de los pozos y por consiguiente, tomar las decisiones más

eficientes y rentables, fundamentalmente para lograr menor tiempo en la perforación e inversión de capital, factores decisivos para el logro de los objetivos planteados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde inicios del siglo pasado, la explotación petrolera se ha convertido en la principal fuente de ingreso de divisas para la economía nacional, debido a las grandes reservas petrolíferas detectadas en el subsuelo venezolano y a su comercialización. Nuestro país cuenta con cuatro grandes cuencas petrolíferas, las cuales son: la Cuenca de Maracaibo, la Cuenca de Falcón, la Cuenca Barinas-Apure y la Cuenca Oriental; en esta última se encuentra ubicado el Distrito Norte, PDVSA Oriente, el cual está conformado por varios campos petrolíferos. En este distrito, se encuentra el Campo Orocuai, localizado al Nor-Oeste del Estado Monagas, a 20 Km de la ciudad de Maturín y con una extensión de aproximadamente 270 Km². El Campo Orocuai comprende varias formaciones productoras, dentro de las cuales se encuentra la Formación Carapita, con pozos completados a una profundidad promedio de 11.800 pies y producción de crudos de gravedades que fluctúan entre 38 y 44 °API.

La Formación Carapita está constituida por una sección lutítica con poco desarrollo de areniscas. Las actividades de perforación se ejecutan a medida que se desarrolla la prospección geológica, existiendo en la zona complejidades geológicas que dividen estructuralmente al Campo Orocuai. En los últimos años, se ha incrementado la perforación de pozos verticales y direccionales para facilitar la extracción del petróleo y gas; y satisfacer las exigencias de la red de explotación del campo.

Durante las operaciones de perforación de la Formación Carapita se han presentado problemas asociados con la desviación del hoyo y complicaciones en el proceso, lo que se refleja en tiempo adicional en maniobras e inversión de capital, al

no lograr mantener control sobre la verticalidad, dirección e inclinación, del pozo. Esta situación incide en la trayectoria espacial, aumento en la intensidad de variación de ángulo y la dirección magnética, generando problemas operacionales como: arrastres o apoyos cuando se realizan los viajes; pérdida del objetivo geológico, lo que puede ocasionar la pérdida del hoyo, y como consecuencia el abandono de esa sección perforada; dificultad en la bajada de la tubería de revestimiento, entre otros. Todos estos eventos inciden directamente en el tiempo de perforación del pozo, alterando la planificación del proyecto e incrementando los costos del mismo.

Por lo anterior, la Gerencia de Perforación del Distrito Norte, PDVSA Oriente, consciente de la problemática presentada y en la búsqueda de mejorar los índices técnicos y económicos de la perforación, se ha visto en la necesidad de realizar un análisis técnico de las condiciones que propician la pérdida del control de verticalidad, durante la construcción de pozos en el Campo Orocual, que permita tomar decisiones más eficientes y rentables. Mediante el análisis se busca efectividad en el control operativo del proceso de perforación de los pozos y por consiguiente, una significativa disminución del tiempo y problemas operacionales, factores decisivos para el logro de los objetivos planteados.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Analizar técnicamente la problemática para el control de la verticalidad en las operaciones de perforación de la Formación Carapita, Campo Orocual.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ↳ Recopilar información geológica del campo, así como, la tecnológica involucrada en las operaciones de perforación.
- ↳ Revisar los diseños e historia de construcción de los pozos.
- ↳ Efectuar una descripción de las condiciones que ocasionan la pérdida de control de trayectoria espacial.
- ↳ Realizar un análisis técnico basado en el diagnóstico de los pozos.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Durante las operaciones de perforación en la Formación Carapita del Campo Orocuál Profundo, en los pozos verticales y en la fase vertical (ángulo de inclinación menor a 5°) de los pozos direccionales se han presentado problemas operacionales y complicación en los trabajos, como por ejemplo: atascamiento de la tubería por geometría, taponamiento, aperturas de reentradas, apoyos, arrastres, pérdida del objetivo geológico, entre otros, como consecuencia de la pérdida del control de la verticalidad en algunos pozos.

Por lo antes expuesto, surgió la necesidad de mejorar los índices técnicos y económicos de la perforación de pozos en dicho campo. Mediante la elaboración de éste análisis se busca efectividad en el control operativo del proceso de perforación de los pozos y por consiguiente, tomar las decisiones más eficientes y rentables, fundamentalmente para lograr menor tiempo en la perforación e inversión de capital, factores decisivos para el logro de los objetivos planteados.

1.4 FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para alcanzar y realizar los objetivos propuestos en este Trabajo de Grado, se contó con el asesoramiento y la colaboración de un cúmulo de Ingenieros de Perforación, Geólogos, entre otros, pertenecientes a Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), Distrito Norte, Gerencia de Perforación. Adicionalmente, se dispuso del asesoramiento y la colaboración de profesores pertenecientes a la Escuela de Ingeniería de Petróleo, de la Universidad de Oriente (UDO), Núcleo Monagas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Son pocas las publicaciones y trabajos de los cuales se tiene conocimiento, acerca del control de la verticalidad en las operaciones de perforación. A continuación se citan ciertos comentarios, postulados y un trabajo técnico referente al tema:

Arthur Lubinski (1953), “Perforación de Pozos Verticales, quizás sería mejor utilizar el título Perforación de Desviación Controlada, debido a que en muchos años de experiencia indican que es prácticamente imposible perforar un pozo perfectamente vertical. Nadie sabe exactamente porqué los pozos se desvían, pero se han presentado varias teorías lógicas. Se ha confirmado que la mecha trepa buzamiento arriba en las formaciones laminares con buzamiento de hasta 40 grados. Otro factor que debe tenerse en cuenta es la tendencia de la sarta a doblarse. Si no se aplica peso sobre la mecha, la única fuerza que actúa sobre ella es la que corresponde al peso de la porción de la sarta comprendida entre la mecha y un punto de contacto. Esta fuerza tiende a llevar el pozo a la vertical”.[12]

Arthur Lubinski y Henry Woods (AÑOS 50), Colaboraron en el examen matemático de las fuerzas ejercidas sobre la mecha, cuando se perforan pozos desviados de la vertical, formulando la “Teoría del Péndulo”. Para hacer sus cálculos partieron de tres suposiciones básicas:

- ↳ La mecha es como una junta de rótula y esfera; libre para girar, pero restringida lateralmente por las paredes del hoyo. La mecha es como una junta de rótula y esfera; libre para girar, pero restringida lateralmente por las paredes del hoyo.
- ↳ Los portamechas se recuestan contra el lado bajo del pozo y permanecen estables en esta posición.
- ↳ La mecha perfora en la dirección en que recibe el empuje y no necesariamente en la tendencia de la misma.[5,12]

César Caraballo (1994), presentó un trabajo técnico, titulado: Perforación Vertical en Zonas de Alto Buzamiento, en el marco del IX Congreso Latinoamericano de Perforación (COLAPER), en representación de las empresas LAGOVEN, S.A. y PDVSA. En este trabajo técnico se estudió la inclinación en los pozos del Campo Furrial Norte (FN-1, FN-2, FN-3, FN-4X, FN-5 y FN-6) de LAGOVEN, S.A. y el pozo cercano MRC-1E de CORPOVEN, S.A., durante la perforación de la Formación Carapita, la cual fluctuó entre 3° y $12\frac{3}{4}^\circ$ siempre en dirección SE.

El investigador concluyó que en el Campo Furrial Norte, la Formación Carapita presenta alta tendencia a incrementar el ángulo de inclinación del pozo, debido al buzamiento de más de 20° en dirección NO de la formación.[3]

2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS E HISTÓRICOS

2.2.1 Geología Histórica de la Cuenca Oriental

Durante el Maestrichtinse, en la Cuenca Oriental se inicia una retirada general de los mares Cretácicos del borde sur de la Cuenca, que pone al descubierto extensas áreas del flanco norte del Cratón de Guayana, la erosión de esta zona produce abundantes sedimentos clásticos, típicos del centro norte de Monagas en la

Formación San Juan. Simultáneamente, continúan hacia el NO ambientes más profundos en los que se deposita la sección lutítica de la base de la Formación Vidoño, la cual trasgrede de la frontera del Paleoceno y continúa depositándose, pasando a la facie arenosa y

calcárea de la Formación Caratas en el Eoceno Medio.

Después del levantamiento del Eoceno-Medio, la sedimentación del ciclo transgresivo del Terciario Superior en el frente de las montañas de la Serranía del Interior de Anzoátegui y Monagas, está marcada por la secuencia arenosa de la Formación Los Jabillos, que representa la unidad basal de este ciclo. Al continuar el ciclo transgresivo, se acumulan los sedimentos lutíticos de la Formación Areo de edad Oligoceno-Medio y a finales del Oligoceno prevalecen condiciones parálicas con la acumulación del intervalo arenoso lignítico de la Formación Naricual, en la subcuenca de Maturín, donde se desarrolla sobre una facie más marina, pasando al intervalo lutítico de la Formación Carapita. Cabe destacar, que durante el Oligoceno-Mioceno, se producen cambios en la formación de la cuenca y la distribución de los sedimentos.

Durante el Mioceno Superior en el flanco norte de la cuenca, se produjeron levantamientos y erosiones lo cual afectó la Formación Carapita, depositándose la sedimentación marina marginal de la Formación La Pica. Durante el Mioceno-Plioceno se desarrollaron extensos ambientes fluvio deltaicos, los cuales están representados en el norte de la misma por sedimentos arcillosos y limolíticos de fase fluviales de baja energía denominados Formación Las piedras. El episodio final del ciclo está representado por la secuencia continental de la Formación Mesa, la cual cubre extensas masas fisiográficas en la parte oriental del este venezolano.

2.2.2 Tectónica de la Cuenca Oriental

En el flanco norte de la Cuenca Oriental se han identificado cuatro (4) fases tectónicas principales asociadas a las deformaciones sufridas por los estratos del Cretáceo hasta el Reciente.

↳ Durante la primera fase, pre-Cretácica, predomina un estilo de tectónica

extensional, esta fase también se conoce como fase de “rifting”, cuya expresión más clara acontece en el graben de Espino, donde se ha datado el Jurásico.

↳ La segunda fase conocida como fase de margen pasivo, durante la cual se depositó la secuencia Cretácica-Eoceno Medio, comprende las formaciones que van desde Barranquín hasta Caratas.

↳ La tercera fase más compleja, durante la cual ocurre la deformación de la cuenca de antepaís y comprende desde el Oligoceno Inferior al Mioceno Medio a Superior, está caracterizada por el intenso plegamiento y fallamiento, como respuesta a los esfuerzos compresionales de dirección aproximada NNO-SSE.

↳ La cuarta fase, donde ocurre la formación de la Cuenca de Molasa, está representada por un estilo estructural más sencillo, constituido por un monoclinal que buza hacia el SSE, con depósitos continentales y próximo-costeros del Terciario Superior y Reciente.

2.2.3 Historia del Norte de Monagas

El Norte de Monagas, conocido anteriormente como Área Mayor de Jusepín, comprende los campos de Orocuál, Jusepín, Muri, Mulata, El Tejero, Santa Bárbara, Travieso, Mata Grande, El Furrial, Tácata, Piritál, entre otros; en la parte norte del

Edo. Monagas. El Norte de Monagas se consideró de gran interés para la búsqueda de hidrocarburos desde el inicio de las actividades exploratorias en Venezuela a comienzo del siglo pasado, debido a la existencia de numerosos menes en la región, lo cual orientó la búsqueda de yacimientos poco profundos del Terciario Tardío, cerca del piedemonte de la Serranía del Interior.

Esta actividad trajo el descubrimiento de los Campos de Quiriquire (1928), Orocuál (1933), Jusepín (1938) y Manresa (1954). La evaluación de objetivos profundos se inició en la década de los 50, de tal manera que a fines de 1970 se habían perforado 30 pozos exploratorios a más de 10000 pies de profundidad, y sólo 7 de ellos habían penetrado a más de 13000 pies. Como resultado solo se obtuvieron descubrimientos de poca magnitud en horizontes profundos del Eoceno y del Cretáceo Tardío en los Campos de Quiriquire y Orocuál.

La información sísmica obtenida antes y durante los años 50, no presentó suficiente resolución para zonas más profundas que la discordancia pre-La Pica, lo que dificultó la definición de nuevas zonas de interés exploratorio para la época. En 1978 se efectuó en el área un levantamiento sísmico regional de 716 kilómetros de líneas con el método Vibraseis, mediante el cual se definieron nuevos prospectos, entre los cuales se destacó la estructura de El Furrial. En 1986 se realizaron descubrimientos de gran importancia, con el pozo ORS-52 en objetivos profundos del Campo Orocuál y con el pozo FUL-1 descubridor del Campo El Furrial.

2.2.4 Tectono-Estratigrafía del Norte de Monagas

La estructura del área se caracteriza por una serie de pliegues y corrimientos principalmente de vergencia sur que involucran toda la secuencia sedimentaria y conforman el frente de deformación de la Serranía del Interior. La evolución tectónica del Norte de Monagas puede subdividirse en tres etapas:

- ↳ Emplazamiento del prisma de acreción de La Formación Carapita: este evento ocurre durante el Mioceno Medio-Tardío con estructuras observables en la sísmica tipo corrimientos, imbricaciones y la formación de cuencas tipo “Piggy Back”, las cuales son sincrónicas con el emplazamiento del prisma. Estas cuencas permiten establecer la edad del emplazamiento.
- ↳ Emplazamiento de los sedimentos competentes pertenecientes al margen pasivo del Cretácico-Eoceno: luego del emplazamiento del prisma de acreción, se emplazan las unidades más competentes pertenecientes a sedimentos del margen pasivo de edad Cretácico-Eoceno. Según diversos autores esta deformación está asociada a varios niveles de despegue Intra-Cretácico y se caracteriza por corrimientos y pliegues asociados que conforman los grandes campos del Norte de Monagas.
- ↳ Neotectónica y Diaparismo: son deformaciones menores ocurridas post emplazamiento de las unidades alóctonas asociadas a la dinámica de las arcillas y al levantamiento generalizado de la Serranía del Interior. Este fenómeno es particularmente importante (Hoyo de Orocuál) en el área de Orocuál.

En cuanto a la estratigrafía del Norte de Monagas, ésta se caracteriza por una secuencia sedimentaria de unos 30000 pies de espesor, que se extiende desde el Cretáceo Inferior hasta el Reciente. La secuencia estratigráfica presente en el Norte de Monagas está constituida por las Formaciones Mesa, Las Piedras, La Pica, Carapita, Naricual, Areo, Los Jabillos, Caratas, Vidoño, San Juan y la Formación San Antonio, siendo las Formaciones Naricual y San Juan los objetivos más importantes para la detección de yacimientos.

2.2.5 Ubicación Geográfica del Campo Orocual

El Campo Orocual está ubicado en el Municipio Piar del Estado Monagas, aproximadamente a 23 kilómetros al Nor-Oeste de la ciudad de Maturín, al Nor-Oeste de la Escama de Cotoperí y del Campo Jusepín (Figura 2.1). Encontrándose limitado al Norte con la Serranía del Interior, al Sur con el Campo Furrial, al Este con la localidad de Caripito y el Campo Tropical; y al Oeste con el Campo Jusepín. Geológicamente, se encuentra situado en el flanco Norte de la subcuenca de Maturín, en la sub-provincia septentrional de la Cuenca Oriental de Venezuela.

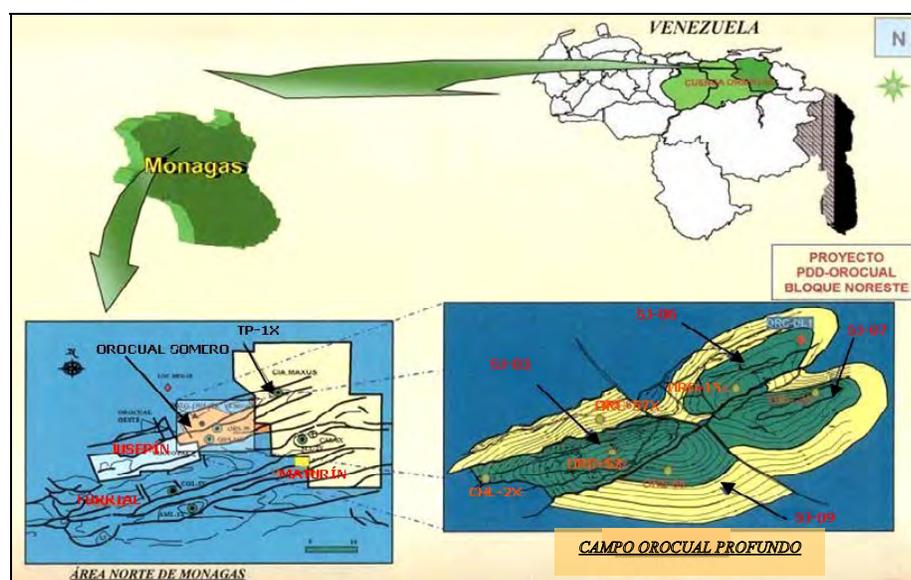


Figura 2.1. Ubicación geográfica del Campo Orocual

Fuente: Estudio Geológico Previo de la Localización ORC-DL1, PDVSA (Archivos de Pozos)

2.2.6 Historia del Campo Orocual

En 1912, la Compañía Caribbean Petroleum (Shell), tomó concesiones en el área de Orocual (Concesión Shell), alrededor de las afloraciones de crudo o menes. Dicha

empresa perforó dos pozos para probar esta área. El primer pozo, Molestia-1, fue perforado en 1918, alcanzó una profundidad de 309 pies donde hubo un reventón por calentamiento. El segundo pozo, Molestia-2, fue perforado muy cerca del primero y alcanzó una profundidad de 3240 pies, obteniéndose unas muestras de petróleo pesado y bitumen. Como este tipo de petróleo fue considerado no comercial para la época, los pozos fueron abandonados. Para esa misma época, la compañía Creole inicio operaciones de exploración en otra área de Orocual, que recibió el nombre de la Concesión Creole.

En 1932, el pozo ORS-1 fue perforado al Nor-Oeste del área de Orocual por la concesionaria Shell, penetró los sedimentos Mesa - Las Piedras y llegó hasta la Formación Carapita. La Formación Las Piedras resultó mucho más delgada de lo que se esperaba, debido a que las arenas inferiores fueron acunándose hasta desaparecer, este pozo fue abandonado como pozo seco. En Junio de 1933, la concesionaria Creole con la perforación del pozo ORC-2 al nivel de la Formación Las Piedras descubre a Orocual Somero. Para el año 1958, con la perforación del pozo ORC-15 al nivel de la Formación San Juan la Creole descubre a Orocual Profundo.

2.2.7 El Campo Orocual

El Campo Orocual se ha sido dividido estratégicamente en dos secciones: Orocual Somero, que comprende las Formaciones Mesa – Las Piedras; y Orocual Profundo, que comprende las Formaciones Carapita, Areo, Los Jabillos, Caratas, Vidoño, San Juan y San Antonio. Orocual Somero cuenta con pozos completados en la Formación Las Piedras a una profundidad promedio de 4500 pies y producción de crudos entre 9 y 29 °API; y Orocual Profundo por su parte, cuenta con pozos completados en las Formaciones Carapita, Caratas y San Juan a una profundidad promedio de 11800 pies, 13150 pies y 13500 pies respectivamente, con producción de crudo mediano, liviano y condensado con una °API que fluctúa entre 23 y 46.

2.2.8 Estructura Local del Campo Orocual

La secuencia pre-Mioceno Superior constituye una estructura anticlinal asimétrica, que se ubica entre los corrimientos de Masacua y Pirital. La interpretación estructural producto de la información sísmica 3D confirma la presencia de esta estructura. Asociadas a un corrimiento principal, se identifican un conjunto de fallas inversas que producen un intenso fracturamiento de la zona interlimbal del anticlinal asimétrico de Orocual. Las estructuras que caracterizan a los yacimientos pertenecientes a la Formación San Juan en el Campo Orocual, se formaron durante un proceso compresivo, en el cual los esfuerzos tectónicos principales tienen una dirección preferencial NW-SE, debido a lo cual las fallas inversas principales que caracterizan la estructura del campo presentan una dirección preferencial NE-SW.

La estructura del Campo de Orocual es un anticlinal producto de un corrimiento de vergencia sur llamado Corrimiento Principal de Orocual. La estructura tiene su continuación hacia el Este, hasta el Campo Tropical en el área de MAXUS_YFP, luego de cruzar una depresión que los separa la cual tiene forma de silla estructural producto de una trampa lateral en profundidad.

El anticlinal tiene rumbo NE-SW y está conformado por dos altos estructurales (Figura 2.1). Al Oeste, el de mayor relieve conforma el yacimiento San Juan 03, al Este se encuentra el alto estructural del yacimiento San Juan 06. En la parte Sur del Corrimiento Principal de Orocual se localizan los yacimientos San Juan 07 y 09, constituidos por un anticlinal asociado a un cabalgamiento de vergencia norte formando una estructura tipo “Fish Tail”. Este tipo de estructura implica una repetición de sección por debajo del Corrimiento Principal de Orocual. Este modelo estructural fue reconocido por primera vez por Joan Flinch (1997).

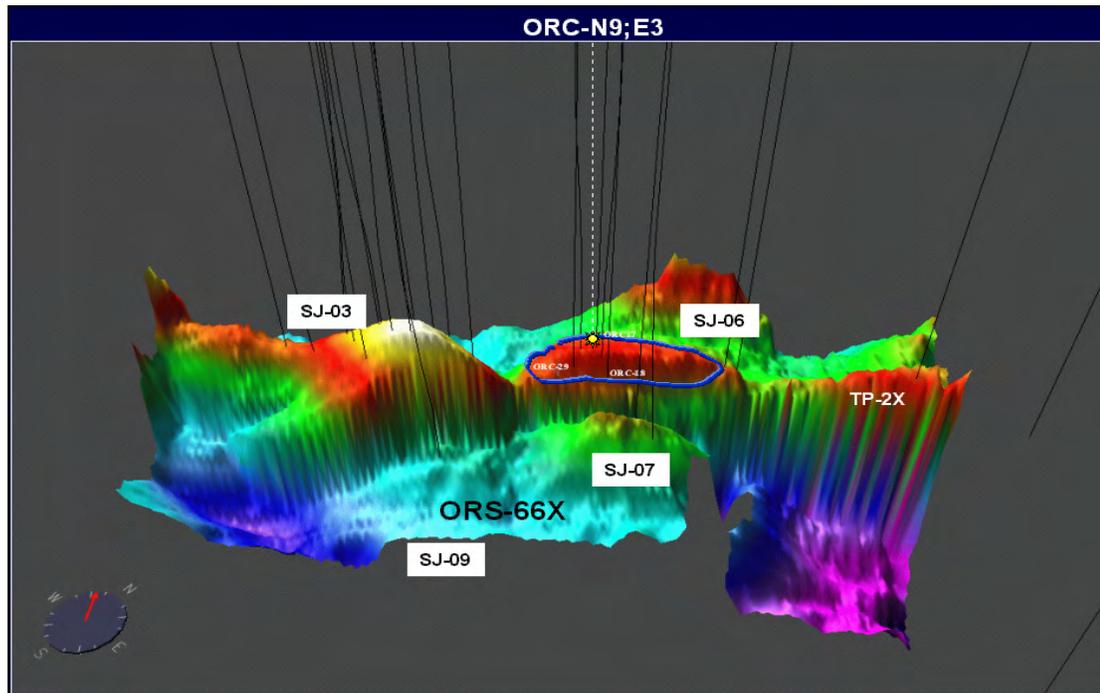


Figura 2.2 Visual del Campo Orocual mostrando a la Formación San Juan
Fuente: Revisión del Estudio Geológico Previo Localización N6; E11, PDVSA (SIMDE)

2.2.9 Estratigrafía del Campo Orocual

La columna estratigráfica que caracteriza al Campo Orocual (Figura 2.3), está constituida por rocas que van desde el Cretáceo hasta el Reciente. Las rocas que componen la sección Cretácea correspondiente a la Formación San Juan se caracterizan litológicamente por ser, principalmente, areniscas cuarzosas masivas con pequeñas interestratificaciones de lutitas grises oscuras. La Formación Vidoño de edad Paleoceno, suprayacente a la Formación San Juan está caracterizada litológicamente por lutitas glauconíticas y en la parte basal se presenta una caliza de color crema a marrón claro.

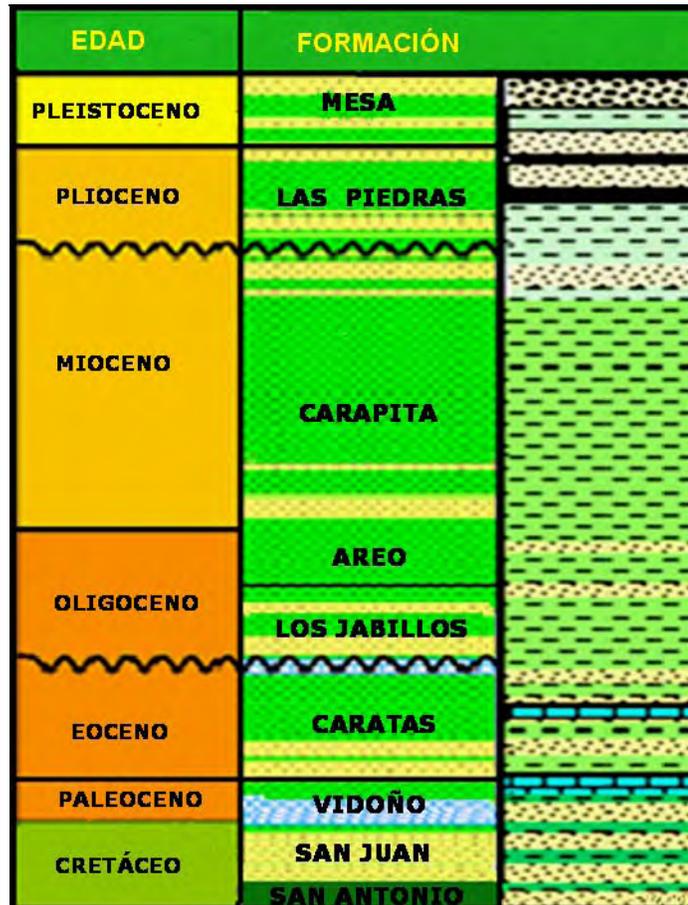


Figura 2.3. Columna estratigráfica generalizada del Campo Orocual

Fuente: Modificado de: Revisión del Estudio Geológico Previo
Localización N6; E11, PDVSA (SIMDE)

Suprayacente a la Formación Vidoño se encuentra la Formación Caratas de edad Eoceno, está caracterizada principalmente por presentar una caliza de color beige a gris oscura en el tope denominada miembro Tinajitas de la Formación Caratas, a esta caliza le sigue una secuencia casi monótona de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso mal seleccionado, subangulares a subredondeados en ocasiones con cemento siliceo, matriz arcillosa y ocasionalmente inclusiones de glauconita, interestratificadas con lutitas grises oscuro y limolitas grises.

Durante el Oligoceno se depositaron los sedimentos que constituyen la Formación Los Jabillos, constituida por areniscas e intercalaciones de lutitas y

limolitas grises, y la Formación Areo, compuesta, esencialmente por una secuencia lutítica con pequeñas intercalaciones de limolitas.

Por encima de la sección de las formaciones Areo y los Jabillos se encuentra Formación Carapita de edad Oligoceno-Mioceno caracterizada litológicamente por lutitas de color gris oscuro a negras en ocasiones verdosas y calcáreas. Hacia la parte inferior de esta formación se desarrollan dos paquetes de areniscas almacenadoras de hidrocarburos, que en el Campo Orocual constituyen los yacimientos Carapita Superior y Carapita Inferior.

En contacto discordante y suprayacente a la Formación Carapita se encuentra la Formación Las Piedras, productora en el Campo Orocual y equivalente a la Formación Quiriquire, productora en el Campo Quiriquire. Esta secuencia se encuentra compuesta litológicamente por areniscas conglomeráticas ocasionalmente de granos finos, mal consolidadas con interestratificaciones de arcillas plásticas hidratables. Suprayacente a esta sección se depositó la Formación Mesa fundamentalmente arcillosa.

2.3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.3.1 Tipos de Perforaciones que se Implementan en la Construcción de Pozos

En la perforación de pozos de petróleo o gas se han alcanzado grandes progresos a través de los años. Actualmente, en las operaciones de perforación se cuenta con técnicas avanzadas y con la utilización de herramientas y taladros especiales, que han permitido desarrollar tres tipos de perforaciones: la perforación

direccional, la perforación inclinada y la perforación vertical, con las cuales se han construido pozos direccionales, inclinados y verticales, respectivamente.

El tipo de perforación a implementar va a depender de la trayectoria programada del pozo, en la cual se consideran variables como condiciones topográficas del área por perforar, costos, complejidad de las formaciones que van a ser atravesadas, área de drenaje del yacimiento, condiciones de operación, entre otros.[18]

2.3.2 Tipos de Pozos

2.3.2.1 Pozos Direccionales [14]

Son pozos con una inclinación mayor de 5° y algunas geometrías o arquitecturas deseadas. La inclinación, rumbo y desplazamiento lateral, son desviados con respecto a la vertical, de manera controlada e intencional para llegar al objetivo.

➤ **Secciones que conforman un pozo direccional[5]**

- ✓ **Sección Vertical:** es la sección del hoyo donde el ángulo de inclinación generalmente es menor de 5° o el pozo es vertical.
- ✓ **Punto de arranque o KOP:** es la profundidad del hoyo en el cual se coloca la herramienta de deflexión inicial y se comienza el desvío del mismo.
- ✓ **Sección de incremento o BUR:** es la sección del hoyo, ubicada después del arranque inicial, donde el ángulo de desvío aumenta.
- ✓ **Sección tangencial o sección de mantenimiento:** es la parte del hoyo, ubicada después de la zona de aumento de ángulo, donde el ángulo de desvío y la dirección se mantienen constantes.

- ✓ **Sección de descenso o DOR:** es la sección del hoyo, ubicada después de la sección tangencial, donde el ángulo de inclinación disminuye. Generalmente, el ángulo de inclinación en esta zona es de 0° o un poco mayor, dependiendo del tipo de perfil del pozo.

➤ **Tipos de pozos o perfiles direccionales**^[5]

- ✓ **Perfil tipo “J”:** son aquellos pozos direccionales que en su construcción posee la sección vertical, el punto de arranque; y las secciones de incremento y mantenimiento del ángulo de inclinación.
- ✓ **Perfil tipo “S”:** son aquellos pozos direccionales que poseen en su construcción la sección vertical, el punto de arranque y las secciones de incremento, tangencial y disminución del ángulo de inclinación, donde ésta última es de cero grados.
- ✓ **Perfil tipo “S” especial:** son aquellos pozos direccionales que poseen en su construcción la sección vertical, el punto de arranque, las secciones de incremento y tangencial intermedia, la sección disminución el ángulo es diferente de cero grados, e incluye otra sección tangencial la cual llega al objetivo.

2.3.2.2 Pozos Inclinados^[5]

Son pozos iniciados desde la superficie con un ángulo de desviación predeterminado y constante, para lo cual se utilizan taladros especiales inclinados. Estos taladros poseen una cabria que puede moverse de 90° de la horizontal hasta un máximo de 45° .

2.3.2.3 Pozos Verticales_[14]

Un pozo es razonable y convencionalmente vertical cuando en su trayecto no rebasa el parámetro de un cilindro imaginario, que se extiende desde la superficie hasta la profundidad total. Generalmente, se fija un ángulo de inclinación de 5° desde la superficie hasta el objetivo final del pozo.

2.3.3 Ensamblajes de Fondo de Pozo (Botton Hole Assembly, BHA)_[5]

Sección inferior de la sarta de perforación, conjunto de piezas (conectores, portamechas, amortiguadores, estabilizadores, entre otros), que afecta o no la trayectoria de la mecha y consecuentemente la del hoyo. Su constitución puede ser simple, teniendo solo la mecha y portamecha (drill collar), o puede ser complicada teniendo portamechas, tuberías de transición (heavy-weight) y las herramientas auxiliares como: los estabilizadores, el martillo, el sustituto de enlace (cross over), motor de fondo, tubería antimagnética (monel), válvula flotadora (float sub), herramienta de medición (MWD y LWD). Los ensamblajes de fondo pueden ser convencionales y direccionales. Los ensamblajes direccionales requieren el uso de motor de fondo, turbinas, LWD, MWD y otras herramientas especiales; mientras que, los ensamblajes convencionales no los requieren, éstos son más sencillos.

2.3.3.1 Clasificación de Ensamblajes de Fondo_[5]

Esta clasificación de los ensamblajes esta hecha en base a la posición de los estabilizadores, de acuerdo al ángulo de inclinación del pozo que se desee. Entre ellos tenemos:

➤ **Ensamblajes para incremento**

Utilizado para aumentar el ángulo de inclinación, la posición de estabilizadores se encuentra generalmente a 0 pies y a 60 o 90 pies de la mecha, aunque existen otras variantes en cuanto a esta posición. (Figura 2.4)

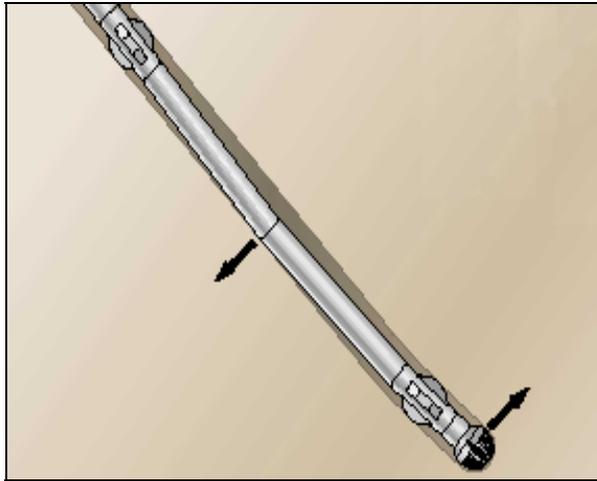


Figura 2.4. Ensamblaje de fondo para aumentar ángulo

Fuente: http://www.oilfield.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish00/sum00/p20_31.pdf

➤ **Ensamblaje para mantenimiento**

Llamado ensamblaje empacado, utilizado para mantener el ángulo de inclinación, la posición de los estabilizadores en este ensamblaje generalmente se encuentra a 0, 30, 60 o 90 pies de la mecha, aunque posee variantes. (Figura 2.5)



Figura 2.5. Ensamblaje de fondo para mantener ángulo

Fuente: modificado de: http://www.oilfield.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish00/sum00/p20_31.pdf

➤ **Ensamblajes para disminución**

Llamado ensamblaje pendular o de péndulo, utilizado para disminuir el ángulo de inclinación, los estabilizadores están ubicados generalmente a 30, 60 pies o 60, 90 pies de la mecha, al igual que los otros posee también variantes. (Figura 2.6)

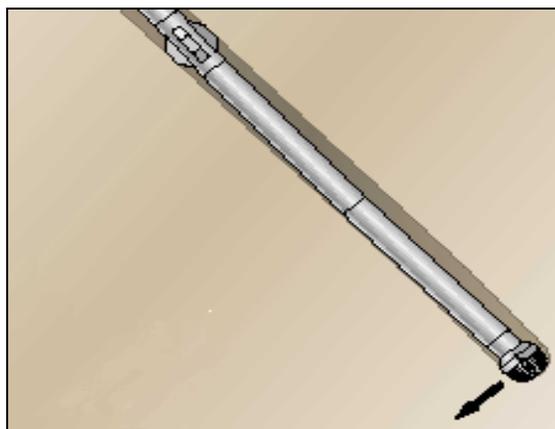


Figura 2.6. Ensamblaje para disminuir ángulo

Fuente: http://www.oilfield.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish00/sum00/p20_31.pdf

2.3.3.2 Componentes Usados Generalmente en los Ensamblajes de Fondo de Pozos Verticales y Secciones Verticales de los Pozos Direccionales

➤ **Mecha**_[8,11,18]

Herramienta metálica que se enrosca en el extremo inferior del primer portamecha (ubicado en el ensamblaje de fondo, de abajo hacia arriba), que sirve para cortar las formaciones, los estratos y las rocas durante la perforación de pozos de petróleo y gas. Las mechas incluyen elementos cortantes y de circulación (jets), estos últimos permiten que pase el fluido de perforación, cuya corriente contribuye a aumentar la tasa de penetración y a la limpieza del hoyo.

La selección de mechas se realiza en base a las características geológicas (litología, resistencia, compresión, abrasividad) y estructurales (buzamiento y dirección de los estratos). Las mechas se clasifican en tricónicas y de arrastre.

- ✓ **Mechas tricónicas o de rodillos:** estas mechas poseen tres elementos cortantes conformes móviles, que son montados de forma que engranen o intercalen y giren juntos a medida que la mecha perfora (Figura 2.7). Cada cono (elemento conforme) cuenta con una estructura cortante que fractura y tritura la formación, para lo que requieren altos pesos sobre la mecha. Integran este grupo de mechas: las de dientes de acero y las de insertos de carburo de tungsteno.
- **Mechas de Dientes de Acero o Maquinados (Milled Tooth, MT):** este tipo de mecha posee dientes moledores (Figura 2.7, izquierda), los cuales son fundidos y forjados integralmente junto a los conos, con bordes de compuestos de carburo resistentes al desgaste.



Dientes Maquinados (MT)



Insertos de Carburo de Tungsteno (TCI)

Figura 2.7. Mechas tricónicas

Fuente: Evaluación Técnico-Económica de las Mechas Utilizadas en Perforación de Pozos Profundos en la Formación San Juan del Campo Orocual, Gabriela Manssur.

- Mechas con Insertos de Carburo de Tungsteno (TCI): estas mechas poseen insertos de carburo de tungsteno (Figura 2.7, derecha), que son formados por separados y colocados a presión en agujeros perforados con precisión en la superficie de los conos.
- ✓ **Mechas de arrastre o de cortadores fijos:** estas mechas cuentan con aletas integradas que giran en conjunto, no poseen partes móviles, sino superficies cortantes para desgastar (cizallar o ranurar y pulverizar) la formación (Figura 2.8). Integran este grupo de mechas: las de diamante natural, las impregnadas de diamante, las de compacto de diamantes policristalinos, las híbridas, otras.



Diamante Natural



PDC



Impregnada

Figura 2.8. Mechas de cortadores fijos

Fuente: Factibilidad de Perforación de la Sección de 8-3/8'' con Tecnología de Mechas Tricónicas en los Campos Torunos y Borburata de Barinas, Pablo Rojas

Mechas de Compactos de Diamantes Policristalinos (PDC): la mecha PDC es un dispositivo mecánico diseñado para transmitir energía a fin de perforar, cizallando la roca, tal como los tornos cizallan el metal (Figura 2.8, centro). La perforación es rápida por lo que se requiere menos energía que las mechas que necesitan grandes cargas, que ocasionan fallas por compresión en las formaciones.

➤ **Portamechas (Drill Collars)**^[5,18]

Son elementos de acero más pesados que la tubería de perforación y se utilizan en la parte más baja del ensamblaje de fondo para darle peso a la mecha y permitir que ésta avance y se perfora un hoyo lo más vertical posible, bajo el principio del péndulo. El peso de los portamechas depende de su longitud, diámetro interno y externo; su longitud API es de 30 pies, aun cuando los hay más cortos o más largos.

Al determinar la cantidad de portamechas a utilizar, debe conocerse el diámetro de la mecha. El diámetro interno debe ser lo suficientemente grande para evitar caídas altas de presión durante la circulación del lodo.

➤ **Estabilizadores**

Son componentes que sirven para centralizar y estabilizar el ensamblaje de fondo, realizando un hoyo lo más recto posible y a su vez para controlar o modificar el ángulo de inclinación del pozo de acuerdo a lo deseado. El uso de los estabilizadores permite: proporcionar carga a la mecha, prevenir la inestabilidad del ensamblaje del portamechas, reducir al mínimo la flexión y las vibraciones que se originan dentro el revestimiento, prevenir el contacto de las tuberías con las paredes del hoyo y reducir al mínimo la diferencia de presión. En la Figura 2.9, se puede apreciar la supervisión de los estabilizadores, a cargo del personal del taladro, para verificar que se encuentren en calibre antes de subirlos a la planchada, para su posterior descenso al pozo.^[5]



Figura 2.9. Supervisión de los estabilizadores antes de bajarlos al pozo

Fuente: <http://www.bakerhughes.com/inteq/Download/General/600-014.pdf>

Existen tres tipos básicos de herramientas estabilizadoras: de aleta rotatoria, de camisa no rotatoria y escariador de rodillos cortadores. A continuación, se presentan algunas de las variaciones de estas herramientas.

- ✓ **Estabilizadores de aleta rotatoria**_[12]: estos estabilizadores pueden ser de aletas rectas o en espiral y en ambos casos las aletas pueden ser cortas o largas; además funcionan relativamente bien como ensanchadores y son durables a causa de los adelantos en el campo del metal. Los materiales usados para endurecer su superficie incluyen: carburo de tungsteno granular, carburo de tungsteno triturado y sinterizado, carburo de tungsteno sinterizado y empotrado; y compactos embutidos de carburo de tungsteno sinterizado. Los estabilizadores de aleta rotatoria se hallan en dos tipos:

- Reparables en el taller.
 - Reparables en el equipo de perforación.
- ✓ **Estabilizadores de Camisa No Rotatoria Reemplazable en el Equipo de Perforación**_[12]: el estabilizador de camisa no rotatoria es usado frecuentemente, porque es el equipo menos propenso a atascarse y de fácil lavado, debido a su configuración y geometría. Este tipo de estabilizador es más efectivo en las formaciones duras, tales como: la caliza y dolomita; puesto que, la camisa no gira, actúa como buje y por consiguiente no penetra en la pared del pozo ni la daña. No se recomienda usarlo a temperaturas de más de 250 °F (121 °C) y no sirve como escariador, porque la camisa durará poco tiempo en los pozos de paredes ásperas.
- ✓ **Escariadores de Rodillos (Rimas)**_[12]: Los escariadores de rodillo cortadores se usan para escariar y dar más estabilidad a la sarta en las formaciones duras, debido a que este estabilizador tiene elementos cortantes encajados en sus rodillos. Su área de contacto con la pared del pozo es pequeña, pero es la única herramienta disponible para escariar efectivamente la roca dura. Dondequiera que se presentan problemas de reducción de calibre en la mecha, la herramienta más cercana a la mecha debe ser un escariador de rodillos cortadores.
- **Tubería de Transición (Heavy-Weight, HW)**_[5,14]

Es un componente de peso intermedio para la sarta de perforación. Son tubos de pared gruesa unidos entre sí, por juntas extra largas. Tiene las mismas dimensiones de la tubería de perforación corriente para facilitar su manejo. Gracias a su forma y peso la tubería heavy-weight se puede mantener en compresión lo mismo que los portamechas, salvo en pozos verticales de gran diámetro. Esta tubería es flexible,

impidiendo de este modo que se rompa la sarta de tubería en zonas donde se presentan patas de perro y cambios de ángulo, debido a los efectos de torsión que se generan y afectan las conexiones entre la tubería de perforación y portamechas.

➤ **Conexión o Acople (Cross Over)^[5]**

También es llamado botella, es un acople para unir dos diámetros de tuberías distintos. Es una herramienta auxiliar.

➤ **Martillo (Jar)^[5]**

Es una herramienta que se coloca en la sarta de perforación para ser utilizada solamente en caso de un pegamento de tubería. Poseen las siguientes características: pueden permanecer en el pozo por un largo período de perforación en condiciones difíciles, se encuentran en diferentes diámetros, pueden golpear hacia arriba o abajo, se ajustan en la superficie o en el pozo, su calibración se puede modificar y pueden ser de tipos mecánicos, hidráulicos e hidromecánicos.

➤ **Tubería Antimagnética (Monel)^[5]**

Es una tubería especial utilizada para evitar las interferencias del magnetismo, en las lecturas de las herramientas de medición de inclinación y dirección magnética. Es una herramienta auxiliar y de características semejantes a los portamechas.

2.3.4 Técnicas Utilizadas para Controlar Verticalidad

2.3.4.1 Ensamblaje de Fondo Pendular (Ensamblaje Pendular)

➤ Teorías de Desviación_[5]

Considérese un pozo vertical, que tiene un ángulo de inclinación α , se asume que los portamechas de perforación se encuentran apoyados en la cara inferior del hoyo (lado bajo del pozo) y que este punto de contacto, es el punto de tangencia “T” (Figura 2.10). La fuerza con que la mecha actúa contra la formación es F_b (depreciando los efectos de rotación y fricción), la cual es aplicada en un ángulo θ respecto a la vertical. Esta fuerza F_b la descomponemos en dos: una de ellas una fuerza longitudinal (F_1), aplicada a lo largo del eje del pozo y otra lateral perpendicularmente al eje del pozo (F_2), esta fuerza F_2 puede actuar de tres maneras, descritas a continuación en tres casos:

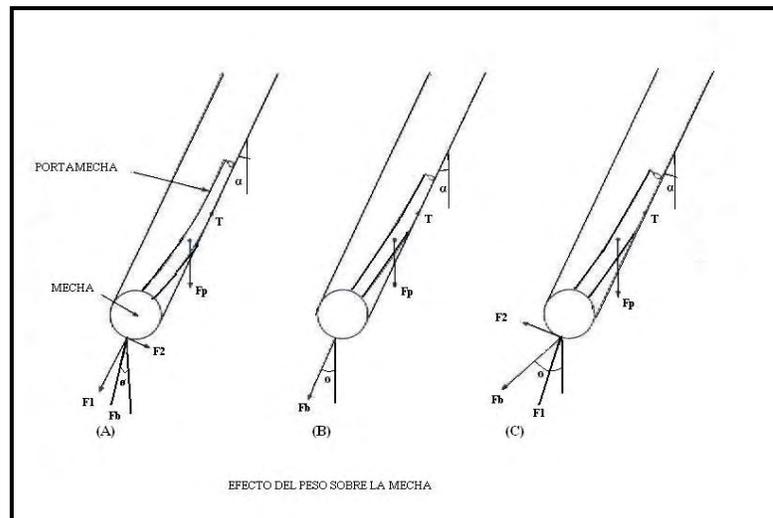


Figura 2.10. Efecto del peso sobre la mecha

Fuente: Perforación Direccional, CIED (1993)

- a). Sobre la cara inferior del hoyo, cuando la fuerza F_2 esté actuando en sentido de la cara inferior del hoyo (Figura 2.10-A), la tendencia es reducir la desviación del pozo.

- b). Nula, cuando F_2 sea nula ($\theta=\alpha$), la fuerza F_b está siendo aplicada a lo largo del eje de la tubería de perforación (Figura 2.10-B), existe una condición de estabilidad y la perforación del pozo continuará a lo largo de dicho eje, manteniendo el ángulo α de desviación.
- c). Contra la cara superior del hoyo, cuando la fuerza F_2 esté actuando en sentido de la cara superior del hoyo (Figura 2.10-C), la tendencia sería aumentar la desviación del hoyo.

En el caso de que la desviación del hoyo esté disminuyendo, caso (a), la fuerza F_2 se hará cada vez más pequeña y se llegará a una condición de equilibrio para valores pequeños de α . De igual manera, cuando la desviación esté aumentando, caso (c), se alcanzará una condición de equilibrio para valores grandes de α .

➤ Principio de Funcionamiento del Ensamblaje Pendular_[5]

El principio en el cual se basa el desempeño del Ensamblaje pendular en el fondo del pozo, es el siguiente: sea F_p el “peso de flotación” de la sección de portamechas abajo del punto de tangencia T. F_p está aplicada en el centro de gravedad de esa sección. En el caso (a), un aumento de F_p resultará en un aumento de F_2 . En el caso (c), un aumento de F_p resultará en disminución de F_2 , la cual puede hacerse negativa. De esto puede concluirse que un aumento de F_p resultará en una condición de equilibrio con pequeño valor de α . Es decir, que F_p tiene un efecto favorable y es a menudo denominado efecto pendular o fuerza pendular (teoría del péndulo, Woods y Lubinski).

2.3.4.2 Ensamblaje de Fondo Empacado (Ensamblaje Empacado)

➤ Teoría del Ensamblaje Empacado_[12]

Actualmente, la mayoría de los perforadores usan el ensamblaje empacado para contrarrestar los problemas de desviación en los pozos. El ensamblaje pendular se usa como medio correctivo para reducir el ángulo, cuando se ha alcanzado la máxima desviación permitida; y para contrarrestar la tendencia de las formaciones a incrementar la inclinación (Figura 2.6). En el ensamblaje empacado se utilizan una serie de estabilizadores para guiar la mecha en línea recta hacia delante (Figura 2.5). El objetivo es seleccionar el ensamblaje de fondo a instalarse sobre la mecha, las herramientas de contacto son apoyadas en la pared del hoyo para obtener la rigidez necesaria, para que la mecha perforo en la trayectoria programada o continúe perforando en la dirección del hoyo previamente perforado. Si se seleccionan adecuadamente los portamechas y herramientas de fondo de pozo, los cambios de ángulo serán graduales.

➤ **Diseño de un Ensamblaje Empacado**_[12]

El diseño de un ensamblaje empacado requiere conocer las tendencias a la desviación de los pozos y la perforabilidad de las formaciones en un sitio dado. Para los efectos de diseño básico se consideran pertinentes los siguientes parámetros:

✓ **Tendencia a la Desviación de los Pozos**

- Regiones de Tendencia Ligera
- Regiones de Tendencia Mediana
- Regiones de Tendencia Severa

✓ **Firmeza de las Formaciones**

- Formaciones Duras a Semi-duras: abrasivas y no abrasivas
- Formaciones Semi-duras a Blandas

2.3.4.3 Ensamblaje de Péndulo Empacado_[12]

Debido a que todos los ensamblajes de fondo empacados se doblan, no importa lo pequeña que sea la deflexión, es imposible perforar pozos perfectamente verticales. La tasa de cambio de ángulo podrá mantenerse al mínimo, pero ocasionalmente se presentarán condiciones en que es necesario reducir la desviación total del hoyo. Cuando ocurre esta situación se usa el método del péndulo.

Si se prevé que el ensamblaje de fondo empacado se requerirá nuevamente, después de disminuir el ángulo de desviación, lo indicado es usar el método del péndulo empacado. En dicho método, el “péndulo” de portamechas se sitúa debajo del ensamblaje de fondo empacado. Cuando la desviación se ha reducido a un límite aceptable, el péndulo de portamechas se retira de la sarta y se vuelve a situar el ensamblaje empacado arriba de la mecha. Sólo es necesario ampliar el tramo correspondiente a la longitud de los portamechas antes de reanudar la perforación normal.

2.3.4.4 Pesos Reducidos Sobre la Mecha_[12]

Una de las técnicas más antiguas para enderezar el pozo, es la de reducir el peso sobre la mecha y aumentar la velocidad de rotación. Al reducir el peso sobre la mecha se cambian las características de deflexión de la sarta y el pozo tiende a enderezarse. En los últimos años, se ha observado que no es siempre el mejor procedimiento, porque al disminuirse el peso sobre la mecha se sacrifica considerablemente la tasa de penetración, y aún más, frecuentemente causa patas de perro.

Por precaución, para enderezar un pozo debe reducirse gradualmente el peso sobre la mecha para que el pozo vuelva a la vertical sin cambios bruscos, facilitando así la perforación subsiguiente. La reducción del peso sobre la mecha suele

necesitarse cuando se cambia de ensamblaje empacado a ensamblaje pendular o a péndulo empacado. Para evitar que el ángulo se reduzca demasiado rápido, se instala a veces un estabilizador de un diámetro más pequeño inmediatamente encima de la mecha.

2.3.5 Herramientas para Medir Dirección e Inclinación

2.3.5.1 Péndulo Invertido (Totco)^[5]

Es uno de los más elementales y sencillos instrumentos con los que se puede detectar la desviación (Figura 2.11). Se basa en el principio del péndulo y sólo indica el grado de desviación sin mostrar el rumbo. Consta de tres partes principales: péndulo, disco y mecanismo de tiempo.

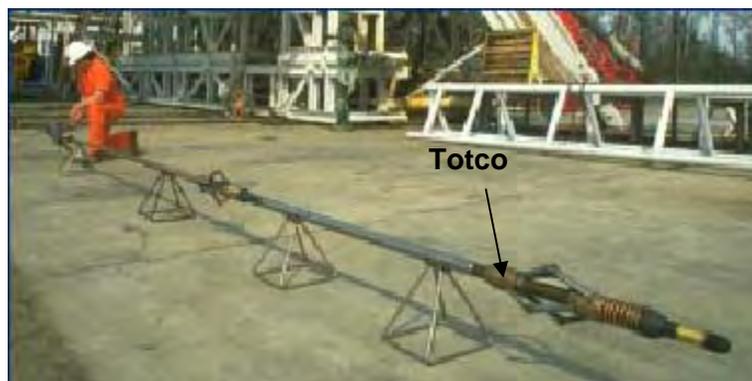


Figura 2.11. Totco

Fuente: <http://www.bakerhughes.com/inteq/Download/General/600-014.pdf>

El péndulo, en posición invertida que descansa sobre un apoyo de zafiro de tal modo que permanece en posición vertical; la punta superior está conformada por una aguja de acero. El disco, marcado con círculo concéntrico y el mecanismo de tiempo, que permite al disco descender hasta la aguja del péndulo en un tiempo determinado; el reloj es preparado de modo que el instrumento pueda llegar al lugar donde se desea

tomar la lectura antes de accionarse el mecanismo, un breve lapso de margen dará tiempo al péndulo para que esté en posición de descanso al tomar la lectura.

Generalmente, el totco se deja caer dentro de la tubería de perforación cuando la tubería está lista para sacarse del pozo, sin embargo, existen otros métodos para usarlos, dependiendo de los diferentes períodos de tiempo requeridos para llegar el instrumento al fondo del pozo, se puede utilizar guaya. El tiempo depende del método de bajar el instrumento, peso y viscosidad del fluido, profundidad y tiempo adicional para que esté estático.

2.3.5.2 Toma Sencilla (Single-Shot) y Tomas Múltiples (Multi-Shot)^[5]

La inclinación y la dirección del pozo a profundidades específicas se determinan mediante tomas sencillas (single-shot), mientras que, las tomas múltiples (multi-shot) se usan para varias lecturas individuales a intervalos predeterminados. La toma sencilla (single-shot) se usa para registrar, simultáneamente, la dirección magnética del rumbo de pozos sin entubar y su inclinación con relación a la vertical (Figura 2.12.a). Consta de tres unidades básicas: un cronómetro o sensor de movimiento, una cámara y un indicador de ángulo.

El cronómetro se usa para accionar la cámara en el momento predeterminado, pero debido a que es difícil predecir con exactitud el tiempo que transcurre durante el descenso de la herramienta, se usa además un sensor de movimiento, este último es un singular dispositivo electrónico que energiza el sistema eléctrico de la cámara a los pocos segundos de haber cesado el movimiento. La cámara se preenfoca y precarga con un disco hecho de un material especial, resistente al calor. La unidad indicadora de ángulo consta de un compás magnético y plomada. Cuando el instrumento se saca a la superficie, el disco se revela y se coloca en un lector que indica la dirección y la inclinación exactas del pozo.

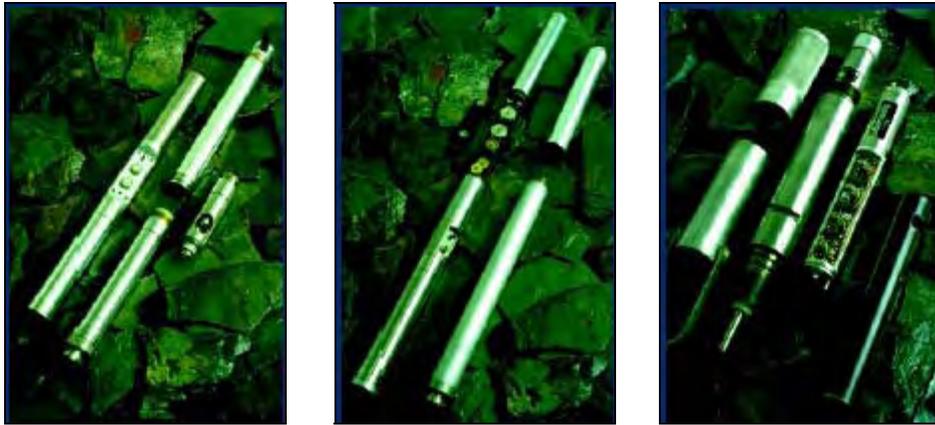


Fig. 2.12.a, Single Shot Fig. 2.12.b, Multi Shot Fig. 2.12.c, Gyro

Figura 2.12. Instrumentos de medición de inclinación y dirección

Fuente: <http://www.bakerhughes.com/inteq/Download/General/600-014.pdf>

Las tomas múltiples (multi-shot), también determinan el rumbo y la inclinación, es energizado por baterías y de accionamiento mecánico que fotografía las posiciones relativas en el compás a las profundidades predeterminadas (Figura 2.12.b).

Estos equipos de no estar protegidos dentro de una barra no magnética, tendrían una influencia magnética local causada por la misma tubería de perforación, revestidores adyacentes, estaciones eléctricas, entre otros.

2.3.5.3 Orientación Giroscópica de Toma Sencilla (Gyro)^[5]

Este método usa un instrumento normal de toma sencilla con un adaptador para acoplarlo a una unidad giroscópica, al instrumento no lo afecta el campo magnético ni la proximidad del hierro (Figura 2.12.c). La unidad giroscópica se orienta hacia un eje conocido, antes de introducirla en el pozo. La unidad del instrumento se sincroniza en la superficie con un reloj, se sitúa en un cilindro de acero y se baja a cable hasta el fondo del pozo. Una vez tomados los datos el instrumento se rescata, el disco se revela.

2.3.5.4 Medidas de Fondo de Pozo Durante la Perforación^[5]

Debido al avance que ha tenido la tecnología actual, se puede conocer parte de lo que está sucediendo abajo en la mecha. En el control direccional se tiene disponible un complejo sistema de telemetría pozo abajo, llamada Measurement While Drilling (M.W.D). Algunas compañías que fabrican estos equipos incluyen a sus servicios rayos gamma, resistividad, temperatura anular, además en superficie se obtiene la información de valores de inclinación, azimut, posición de la cara de la herramienta y los parámetros de perforación que ayudan a la eficiencia de la perforación.

2.3.6 Factores Influyentes en la Trayectoria del Hoyo

En las perforaciones de pozos verticales y la fase vertical de los pozos direccionales, son varios los factores que influyen en la dirección magnética y en la inclinación, entre los cuales se pueden citar: peso sobre la mecha, tamaño de los portamechas, tamaño del hoyo, cantidad de estabilizadores, parámetros de perforación (velocidad de rotación y peso sobre la mecha), buzamiento de los estratos, tipo de mecha, apoyo de pared y longitud de contacto de los estabilizadores, entre otros. A continuación se describen algunos de estos factores.

2.3.6.1 Peso Sobre la Mecha (PSM)^[5]

Un aumento del peso sobre la mecha, causa aumento de pandeo de la porción de los portamechas (que están en compresión), inmediatamente arriba de la mecha, lo cual acercará el primer punto de contacto (punto de tangencia T) a la mecha, disminuirá el efecto del “peso de flotación” (F_p) y por lo tanto aumentará la desviación. Para esto se considera una diferencia de diámetro (ΔD) entre el hoyo y los portamechas.

2.3.6.2 Tipo de Mecha y Parámetros de Perforación (PSM y RPM)^[3]

Las mechas tricónicas por su mecanismo puntual de calibración del hoyo (punto final de cada uno de los tres conos de la mecha), y por su mecanismo de corte de la formación (por fractura y trituración) que requiere alto PSM (30 a 40 Mlbs), tienden a desplazarse con cualquier ensamblaje de fondo de pozo, pendular o empacado, especialmente si se perfora una formación muy compacta y con alto buzamiento. Por su parte, las mechas PDC, que perforan con bajo PSM (10 a 20 Mlbs) y altas velocidades de rotación (150 a 200 RPM), muestran menos tendencia a incrementar el ángulo de inclinación en comparación con las mechas tricónicas.

Sin embargo, las mechas PDC de perfil plano a parabólico corto, sin estabilización, tienden a desplazarse, especialmente si se perforan formaciones con alto buzamiento. Las mechas PDC de perfil tipo “cola de pescado”, mostrarán la menor tendencia a incrementar el ángulo de inclinación, más aún si se usan los parámetros de perforación y estabilización adecuados.

2.3.6.3 Cantidad de Estabilizadores^[12]

Para mantener la verticalidad del hoyo es importante que los estabilizadores utilizados en los ensambles para mantenimiento de ángulo (empacado), tengan suficiente superficie de contacto con el pozo, es decir, debe existir una cantidad aceptable de estabilizadores en este tipo de ensamblajes.

Un sólo estabilizador puesto justamente encima de la mecha actúa como punto de apoyo, el resultado que se obtiene es que el ángulo aumenta, porque la fuerza lateral de los portamechas no estabilizados situados más arriba hace que la mecha se cargue hacia un lado al aplicarse peso.

Con otro punto de estabilización, a 30 pies de la mecha por ejemplo, contrarresta parte del efecto de punto de apoyo; con estos dos puntos de estabilización en el ensamblaje se estabiliza la mecha y se reduce la tendencia a la desviación. Sin embargo, no es el mejor de los ensamblajes para mantenimiento de ángulo (Figura 2.13).

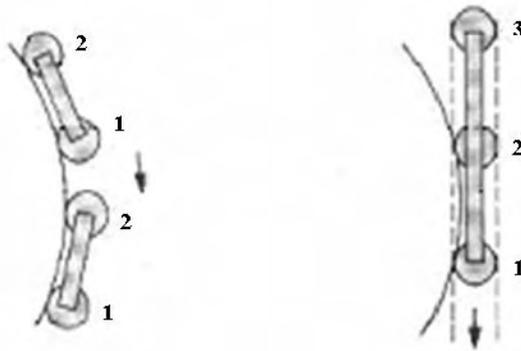


Figura 2.13. Puntos de estabilización

Fuente: Manual de Perforación Drilco. Grant, Smith Drilling & Completions

Según se indica en la Figura 2.13, con dos puntos se puede hacer contacto con y seguir una línea curva, pero si se añade un punto de contacto adicional al ensamblaje no hay forma de que los tres puntos sigan una línea curva pronunciada. Por lo tanto, para formar un eficaz ensamblaje de fondo empacado se necesitan tres o más puntos de estabilización.

2.3.6.4 Apoyo de Pared y Longitud de Contacto de los Estabilizadores^[12]

Los estabilizadores implementados en los ensamblajes de fondo empacado deben contactar adecuadamente a la pared del pozo, a fin de estabilizar la mecha y centrar los portamechas. La longitud de contacto necesaria entre el estabilizador y la pared del hoyo la determina la formación.

El área de contacto debe ser la necesaria para evitar que la herramienta se entierre en la pared del pozo. Si tal cosa ocurre, se pierde la estabilización y se desvía el pozo. Si la formación es fuerte, dura y uniforme, para asegurar la debida estabilización basta una superficie delgada de contacto. Por otro lado, si la formación es blanda y no consolidada, tal vez se necesite un estabilizador de aletas largas. El agrandamiento del hoyo en formaciones que se erosionan rápidamente tiende a reducir la alineación efectiva del ensamblaje de fondo pozo, este problema se puede disminuir controlando la velocidad anular y las propiedades de lodo.

2.3.6.5 Firmeza y Abrasión de las Formaciones^[12]

Es más fácil perforar un pozo en formaciones blandas que en formaciones duras. Específicamente, el efecto de doblamiento (pandeo) de la sarta de perforación puede ser menor cuando se perforan las formaciones blandas, mientras que, las formaciones duras exigen pesos más altos sobre la mecha. La firmeza de una formación, se establece de acuerdo a características litológicas como tránsito de onda, porosidad, densidad y compresibilidad de las rocas; y se clasifica en: blanda, medianamente blanda, medianamente dura, dura y muy dura.

También contribuye a los problemas de desviación, la abrasión de la formación, que desgasta las aletas de los estabilizadores (puntos de contacto con el hoyo) y en conjunto a la dureza de la formación obligan a utilizar parámetros de perforación elevados, tal como peso sobre la mecha y velocidad de rotación.

2.3.6.6 Interacción BHA-Roca

Para comprender el fenómeno de desviación de una sarta y como está influenciada por la interacción de la roca, se presentan a continuación algunas de las

teorías de mayor aceptación por los ingenieros e investigadores (“Informe Técnico Post-Mortem. PIC-25. Análisis de desviación, PDVSA”).

Cada formación se caracteriza por su ángulo de buzamiento y por el índice de anisotropía. Este índice no depende de las propiedades específicas de la roca, sino que es una constante empírica determinada de mediciones durante la perforación.

El mecanismo de falla de la roca es diferente según el tipo de roca que se va a perforar. En rocas uniformes, como las areniscas, se forman iguales volúmenes de astillas en cada uno de los dientes de la mecha, si perforamos con mechas tricónicas; por lo tanto, la mecha progresaría en la formación a lo largo del eje del hoyo. En rocas compuestas de formaciones laminadas, como las lutitas, grandes volúmenes de astillas se forman en un lado del diente causando un movimiento lateral de la mecha y, por lo tanto, un cambio en la dirección del hoyo. La magnitud y dirección de la fuerza resultante en una formación de astillamiento desuniforme varía con el ángulo de buzamiento.

Normalmente, en las operaciones de campo, los resultados comunes en la desviación del hoyo son: "subiendo" a lo largo de la formación para bajos buzamientos y "bajando" para altos ángulos de buzamiento de la formación. En la Figura 2.14, se ilustra el astillamiento de una formación en un diente de mecha, para formaciones isotrópicas y anisotrópicas.

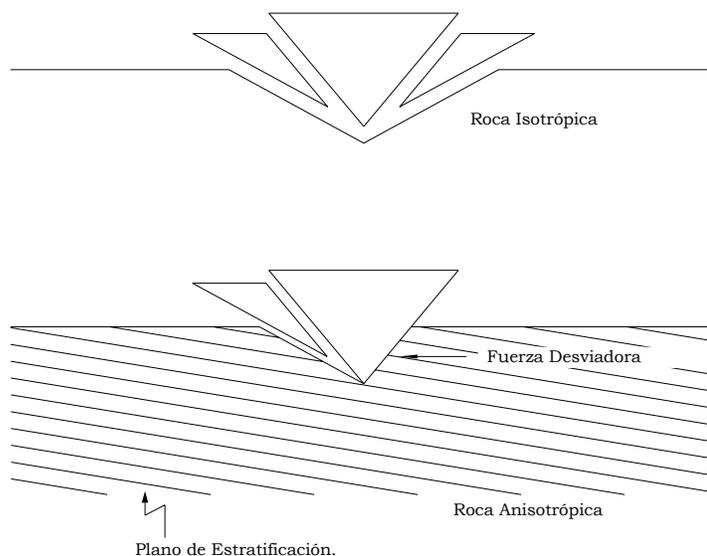
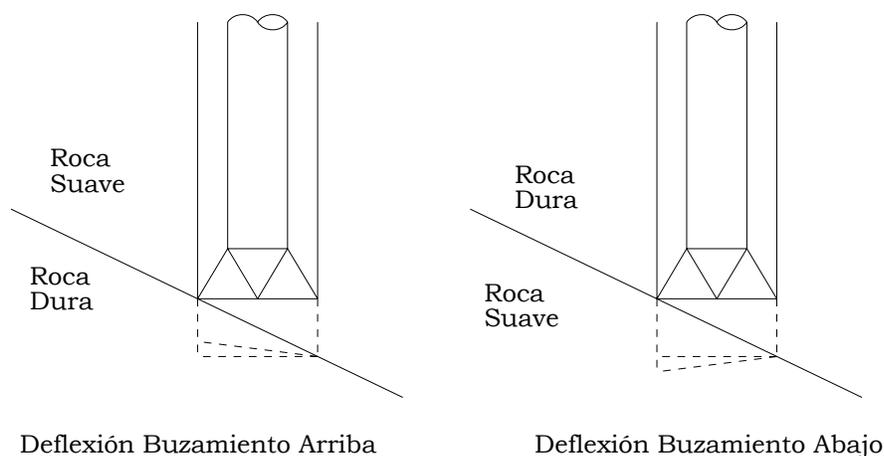


Figura 2.14. Mecanismo de falla para una roca isotrópica y una roca anisotrópica

Fuente: Informe Técnico Post-Mortem. PIC-25. Análisis de desviación, PDVSA (SIMDE)

Numerosos investigadores y experimentos de laboratorio han demostrado que la desviación del hoyo por repetido fracturamiento de las capas de la formación, tiene como dirección preferencial la perpendicular a los planos de estratificación. En otras palabras, es más fácil perforar en la dirección perpendicular que en la dirección paralela a los estratos. La predicción teórica se puede dividir en:

- ↪ Tendencia desviatoria subiendo a lo largo del buzamiento de la formación, este caso se muestra en la Figura 2.15 izquierda. La mecha perfora una formación suave y cambia a una de mayor dureza. Al entrar a la formación dura, la mecha consigue restricciones en la pared izquierda del hoyo, por lo que la tasa de perforación disminuye sensiblemente en el lado izquierdo y por el lado derecho no cambia de magnitud; por lo tanto, la tendencia desviatoria es subiendo a lo largo del buzamiento de la formación.



**Figura 2.15. Tendencias de desviación según las formaciones
atravesadas y sus buzamientos**

Fuente: Informe Técnico Post-Mortem. PIC-25. Análisis de desviación, PDVSA (SIMDE)

- ⇒ Tendencia desviatoria bajando a lo largo del buzamiento de la formación, este caso se muestra en la Figura 2.15 derecha. El análisis de desviación es equivalente al anteriormente descrito, con la diferencia de que el cambio de formación es de dura a suave y con resultados de una tendencia desviatoria bajando a lo largo del buzamiento de la formación.

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Abrasividad de la roca_[11]: por abrasividad de la roca se entiende, su capacidad de desgastar los metales y aleaciones duras (mechas y otros elementos del equipo de perforación) en el proceso de rozamiento.

Ángulo de inclinación o desviación (inclinación)_[11]: es el ángulo que forma el pozo cuando se aleja de la vertical. El valor máximo permisible durante la perforación de pozos verticales es de 5 grados.

Apoyos_[14]: se producen cuando la sarta de perforación o tubería de revestimiento entra en contacto con las paredes del hoyo, al tratar de bajar o introducir estas tuberías al pozo.

Arrastres_[14]: se producen cuando la sarta de perforación o tubería de revestimiento entra en contacto con las paredes del hoyo, al tratar de subir o sacar estas tuberías del pozo.

Azimut_[1]: el azimut de un hoyo en un punto, es la dirección del hoyo sobre el plano horizontal, medido como un ángulo en el sentido de las agujas del reloj a partir del Norte de referencia (verdadero o magnético).

Buzamiento_[9]: es el ángulo que forma la línea de máxima pendiente de una superficie geológica con el plano horizontal. Es siempre perpendicular al rumbo.

Capacidad de perforación (perforabilidad)_[11]: la perforabilidad de la roca se refiere, a la relativa facilidad con la cual se puede atravesar una matriz rocosa. Tanto la resistencia a la compresión, como la dureza y la abrasividad de la roca determinan la perforabilidad.

Desvío o reentrada (side track)_[14]: se define como el cambio de la trayectoria programada, bien sea, por problemas operacionales o por la complejidad geológica de las formaciones.

Dureza de la roca_[11]: se conoce como dureza de la roca, la resistencia que presenta la roca al rompimiento. Esta dureza se relaciona directamente con los esfuerzos compresivos que en la formación se experimentan.

Facies_[9]: es el conjunto de caracteres litológicos y paleontológicos, que permiten determinar las condiciones ambientales en las cuales se formó el estrato o grupo de estratos (ambiente sedimentario).

Pata de perro (dog leg)_[14]: cualquier cambio de ángulo severo, entre el rumbo verdadero o la inclinación de dos secciones del hoyo. Es la forma de cubo que toma el hoyo cuando se registra un cambio brusco de dirección.

Régimen de penetración (ROP o tasa de penetración)_[8]: es la velocidad a la cual la mecha perfora las formaciones. Se mide en pies por horas, pies/hrs (unidades de campo).

Peso sobre la mecha (PSM)_[11]: cantidad de fuerza en dirección hacia abajo, colocada sobre la mecha por medio del peso de los portamechas. Se mide en kilo libras, Klbs (unidades de campo).

Reporte o historial de mecha (bit record)_[8]: es un informe de cada mecha que se usa en perforación y que indica su tipo, tamaño, la profundidad que ha perforado y otra información de los parámetros de perforación.

Resistencia de la roca a la compresión_[8]: esta es la fuerza de compresión por unidad de superficie, que una formación puede resistir sin fallar o ser destruida. La resistencia de compresión de una formación depende del tipo de roca (mineralogía), del método de deposición de la misma (sedimentación) y del grado de compactación.

Roca Anisotrópica_[11]: cuando una muestra de roca se expone a una luz de onda polarizada, a un cierto ángulo, la refleja en una dirección; y al variar el ángulo, la luz de onda reflejada, cambia de dirección. Por el contrario, si la luz de onda reflejada no cambia de dirección, se está en presencia de una roca isotrópica.

Rumbo de un estrato: es el menor ángulo que forma con la dirección N-S la recta que resulta de la intersección del estrato con el plano horizontal. Siempre va referido al Norte y es perpendicular al buzamiento. (Juan F. Peraza)

Velocidad de rotación_[11]: es la velocidad a la cual la mecha gira. Se mide en revoluciones por minuto, rpm (unidades de campo).

Viajes_[8]: es la operación de bajar y sacar la tubería asociado a la etapa de perforación. Se incluye el cambio de mecha, armar y desarmar el ensamblaje de fondo, quebrar tubería, circular para sacar tubería y el repaso preventivo (máximo 90 pies) para llegar al fondo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para **Hernández, Fernández y Baptista (1999)**: “Son dos los factores que influyen en que una investigación se inicie como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa: el conocimiento actual del tema de investigación que nos revele la revisión de literatura y el enfoque que el investigador pretenda dar a su estudio”.

Según **Hernández, Fernández y Baptista (1999)**: “Los estudios descriptivos sirven para analizar cómo es y se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Los estudios explicativos buscan encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos”

Para el desarrollo de este Trabajo de Grado, el estudio que se llevó a cabo fue de tipo descriptiva, con la información adquirida se describieron situaciones y eventos por los cuales se controla y ocurre la pérdida de verticalidad; y de tipo explicativa, se fue más allá de la descripción de los conceptos o fenómenos, el interés se centró en explicar las causas de la problemática para controlar verticalidad y bajo las condiciones que esta sucede.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La estrategia concebida para alcanzar los objetivos de la investigación consideró el diseño no experimental, de campo.

Según, **Hernández, Fernández y Baptista (1999)**: “el diseño de la investigación no experimental, es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar

fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. No se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador”.

El diseño de la investigación de campo, considera este tipo de estrategia para **Tamayo M. (1999)** “...cuando los datos de interés se recogen directamente de la realidad, y su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos...”. En la presente investigación se aplicó el análisis de información y datos, basados en hechos ocurridos en la realidad; con el fin de llevar a cabo el análisis técnico de la problemática para controlar verticalidad en las operaciones de perforación de pozos del Campo Orocual Profundo.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Según **Seltiz (1974)**: “La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Tomado de: **Tamayo M. (1999)**). En la presente investigación, se adoptó como población de estudio, el total de pozos verticales y direccionales pertenecientes al Campo Orocual Profundo, lo que correspondió a 35 pozos.

“La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características que llamamos población” **Hernández, Fernández y Baptista (1999)**. Considerando los objetivos y los propósitos del estudio, se estimó conveniente seleccionar la mayor cantidad de pozos con problemas en el control de la verticalidad que están en mayor densidad, así como, los pozos vecinos que no han presentado problemas de verticalidad durante su perforación.

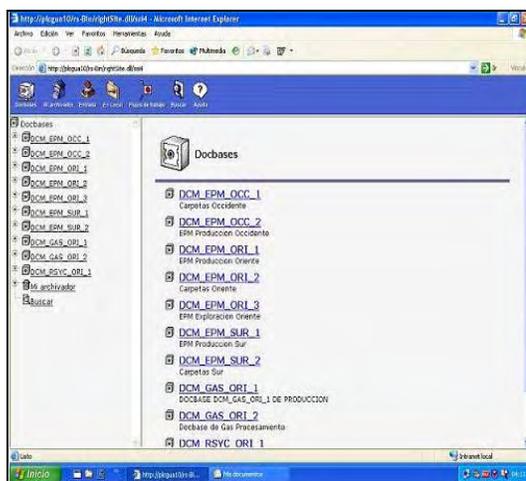
De esta manera, la muestra estudiada estuvo conformada por 8 pozos, siendo los siguientes: ORC-18, ORC-25, ORC-26, ORC-27, ORC-29, ORC-30, ORC-31, ORC-32.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Revisión Bibliográfica

La revisión bibliográfica consistió en investigar todo lo relacionado con la perforación de pozos (problemas con la verticalidad) y del Campo Orocuál Profundo, haciendo uso de:

- ↪ Servicios de Biblioteca: libros, publicaciones, manuales y tesis.
- ↪ Servicio de Archivos de Pozos: informes de pozos, informes finales y carpetas de pozos.
- ↪ Servicios de Red: Internet, Intranet PDVSA y los programas computacionales SIMDE, DIMS y OpenWorks.



Ventana de Entrada a SIMDE



Ventana de Entrada a DIMS

Figura 3.1. Programas computacionales utilizados

SIMDE: El Sistema Integrado de Manejo de Documentación Electrónica SIMDE, es una herramienta electrónica que permite el almacenamiento, creación, organización, protección, mantenimiento, distribución y acceso de documentos que contienen datos técnicos de todas las instalaciones que conforman la parte operativa de la empresa (Figura 3.1, izquierda). A través de sus pantallas se puede consultar planos, manuales, dibujos, notas técnicas, boletines de procedimientos, especificaciones, cálculos, informes de pozos, entre otros.

DIMS: el programa DIMS (Drilling Information Management System, Sistema de Manejo de Información de Perforación), es un sistema integrado de entrada de datos, recuperación y comunicación que usa la computadora para permitir la captación, validación, transmisión, centralización y manejo oportuno de la información de perforación de pozos. Una vez capturada, esa información está disponible al instante para cualquier persona con acceso a la misma base de información (Figura 3.1, derecha). Esta herramienta informática permite acceder a reportes diarios de perforación, sumarios de los pozos, graficación de los costos reales versus los estimados, registros de mechas y ensamblajes de fondo; y algunas aplicaciones de Ingeniería de Perforación.

OpenWorks (Software de Interpretación Geológica): La industria petrolera en la actualidad, tiene la disponibilidad de manejo de programas computacionales geológicos, los cuales procesan datos de forma eficaz y permiten el análisis e interpretación de registros de pozos con la finalidad de obtener una visión de lo que se está estudiando en el subsuelo; y por consiguiente, se pueden elaborar propuestas en corto tiempo. Sin embargo, la eficiencia del software, dependerá de los conocimientos que posea el Geólogo o usuario que esté usando el programa.

La estación de trabajo OpenWorks (Landmark – Halliburton), figura 3.3, es un paquete de interpretación desarrollado para geólogos, que permite

correlacionar registros de pozos, construir secciones geológicas, modelar superficie, fallas, cartografiar mapas y realizar evaluaciones Petrofísicas. Del programa OpenWorks, se encuentran diversas aplicaciones como: Stratwork, Petrowork, Zmap, OpenVision entre otras.

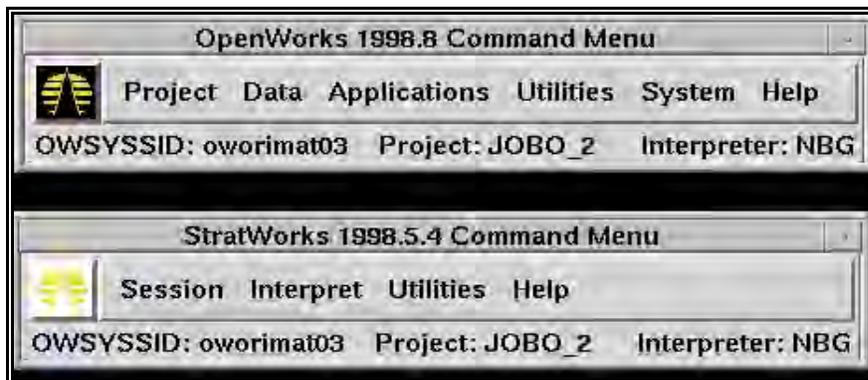


Figura 3.2. Barra de herramientas de OpenWorks Landmark

En Stratwork se manejan cuatro módulos: Correlation, Cross Section, Map View y Lithology, aparte de las utilidades que tiene, como realizar Columnas Estratigráficas, Registros de pozos. Los módulos Correlation y Cross Section, se usan para la elaboración de secciones estructurales y estratigráficas, permitiendo al usuario interpretar las estructuras presentes, la posición original de los fluidos, la continuidad lateral de las arenas y el módulo Map View para la visualización de mapas.

Correlation, es un módulo que permite la elaboración de Secciones Estratigráficas, a través de los diferentes comandos la sección se puede colgar de un marcador litológico, así como, correlacionar los pozos de interés al momento de realizar la interpretación Geológica.

Cross Section, es un módulo que permite la elaboración de Secciones Estructurales, con el propósito de observar la posición de los fluidos, es decir, el

Contacto Agua Petróleo Original (CAPO), y las estructuras presentes, por ejemplo: Fallas inversas o normales.

3.4.2 Entrevistas.

Durante el desarrollo del presente Trabajo de Grado se realizaron consultas con el personal de la empresa PDVSA-Distrito Norte, tales como Ingenieros de Perforación, Geólogos, Petróleo, entre otros.

3.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.5.1 Etapa I: Recopilación de la Información Geológica y la Tecnológica Involucrada en las Operaciones de Perforación

En esta etapa se recopiló y realizó la revisión del material bibliográfico relacionado con la investigación a desarrollar, características geológicas del Campo Orocuál Profundo y de la Formación Carapita y la tecnología utilizada en la perforación de pozos verticales, como ensamblajes de fondo, estabilizadores, herramientas para medir dirección e inclinación, etc.; con el fin de conocer las condiciones geológicas del área, los equipos con las cuales se perforan los pozos y los métodos involucrados en estas operaciones. Se incluyeron en esta recopilación: tesis de grado, libros, manuales, Internet, informes técnicos, informes finales y carpetas de pozos.

El desarrollo de la presente etapa se fragmentó, para separar los aspectos geológicos de los tecnológicos.

3.5.1.1 Características Geológicas

Una vez recopilada la información geológica, se procedió a realizar una revisión del material con el propósito de conocer la estructura, ubicación de los pozos, secuencia estratigráfica y litología presente en el Campo Orocuál Profundo. Así mismo, se realizaron tablas de datos de espesores y topes (apéndice A), que permitieron elaborar secciones estructurales y estratigráficas en la estación de trabajo OpenWorks.

✓ Secciones Estratigráficas

A través del módulo Correlation de la aplicación Stratwork de OpenWorks, a escala 1:500, para los bloques San Juan 06 y San Juan 07 se utilizó el “MARCADOR CARAPITA SUPERIOR” del pozo ORC-29 y del pozo ORC-25, respectivamente, como datum litológico; para horizontalizar las secciones en ambos casos. La dirección de las secciones estratigráficas es paralela a la sedimentación.

Las secciones estratigráficas se elaboraron con el fin de observar el sistema de sedimentación, la continuidad lateral y vertical de los estratos. Para realizar cada sección, se trazó una línea con respecto a la dirección preferencial de sedimentación y se colgaron todos los registros de pozos a un mismo marcador, el cual fue definido previamente.

✓ Secciones Estructurales

Se utilizan los módulos Cross Section y Map View de la aplicación Stratwork de OpenWorks; en Map View se construyó la línea de sección (LOS), sobre un mapa estructural donde se ubican los pozos, y obtener el espaciamiento de los pozos objetivos en la estructura presente en el área. Luego en Cross Section, se desplegó la

sección en una escala 1:500 a partir de un datum de profundidad bajo el nivel del mar de -3000 p.b.n.m para establecer el buzamiento aparente de los estratos y la estructura presente en los bloques San Juan 06 y San Juan 07.

Las secciones estructurales se realizaron con el objeto de definir las estructuras geológicas y buzamiento aparente de las capas. La elaboración de la sección se efectuó tomando como nivel de referencia una profundidad común para todos los registros de pozos.

3.5.1.2 Tecnología Involucrada en las Operaciones de Perforación

Con la información tecnológica recopilada, disponible en informes finales, carpetas de los pozos y en el SIMDE; se establecieron los diferentes equipos, instrumentos y técnicas utilizadas en la perforación de pozos verticales y fase vertical de los pozos direccionales.

3.5.2 Etapa II: Revisión de los Diseños e Historia de Construcción de los Pozos

Durante esta etapa se revisaron los programas de perforación (mechas, sartas y otros) e historia de construcción de los pozos seleccionados como muestra (reportes sumarios de operaciones de perforación, reportes sumarios de ensamblajes de fondo, registros de mechas, surveys de inclinación y dirección), contenidos en las carpetas de archivos de pozos, SIMDE y DIMS; para luego crear una base de datos de surveys y parámetros que promueven la desviación de los pozos, considerando los diseños de los pozos y los obtenidos durante su perforación, como peso sobre la mecha, tamaños de los portamechas, distribución espacial de los estabilizadores, tipos de mechas,

tasas de penetración, velocidades de rotación, tipos de ensamblajes de fondo, entre otros.

Adicionalmente, se efectuó una comparación entre los datos obtenidos de los programas de perforación y de las historias de construcción de los pozos, con el propósito, de verificar el cumplimiento en la perforación de las especificaciones realizadas en los diseños, así como para controlar y monitorear la inclinación y dirección de los pozos.

3.5.3 Etapa III: Descripción de las Condiciones que Ocasionan la Pérdida de Trayectoria

Para su desarrollo, se describieron las condiciones que promovieron la desviación de los pozos de la vertical, durante su perforación; y se efectuó una discusión de las tendencias observadas en los pozos que presentaron pérdida de la trayectoria espacial planificada. Para ello, se contó con la base de datos realizada en las etapas anteriores, elaboración de gráficas (profundidad vs inclinación), referencias bibliográficas y fuentes de información.

Esto permitió establecer un diagnóstico del comportamiento de la inclinación en los pozos seleccionados y obtener una visión integral sobre las posibles causas, que conllevan a la problemática del control de la inclinación y dirección del pozo durante la perforación de la Formación Carapita.

3.5.4 Etapa IV: Realización de un Análisis Técnico Basado en el Diagnóstico de los Pozos

Para la ejecución de esta etapa, se procedió a realizar un diagnóstico del comportamiento en la inclinación, en los pozos que no excedieron la inclinación

permisible en pozos verticales (5 grados), basado en las informaciones obtenidas en las etapas anteriores. Después, se compararon los pozos que presentaron problemas en el control de verticalidad y los pozos que no presentaron tendencia a la desviación, a través de los parámetros de estudio, disponibles en la base de datos, y de las condiciones geológicas del área (disponibles en la etapa I); para describir el comportamiento de cada pozo durante su perforación en cuanto a la tendencia de presentar problema en el control de la verticalidad.

Todo esto, se hizo con el propósito de formular un análisis técnico, que estableció las causas y las condiciones que propiciaron los problemas en el control de la inclinación y dirección, durante la perforación de pozos en el Campo Orocuál Profundo, Formación Carapita.

3.6 RECURSOS

3.6.1 Materiales

La Empresa Petróleos de Venezuela S.A., División Oriente - Distrito Norte, proporcionó todo lo referido a información geológica, carpetas de pozos, programas computacionales, sistemas automatizados y servicio de biblioteca. Así como también, material de oficina: computadora, escáner, fotocopidora, papel, impresora y otros. En la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, se utilizaron los servicios de biblioteca, Internet, etc.

3.6.2 Humanos

Para desarrollar este Trabajo de Grado se dispuso de la colaboración del personal que labora en la Gerencia de Perforación y de Yacimientos, PDVSA-Distrito

Norte (Ingenieros de Perforación, Yacimientos, Petróleo y Geólogos), el cual suministró el asesoramiento necesario. Adicionalmente, se contó con el asesoramiento y la colaboración de profesores pertenecientes a la Escuela de Ingeniería de Petróleo, de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas.

3.6.3 Financieros

Los gastos generados en la elaboración del presente Trabajo de Grado, fueron financiados por la empresa PDVSA.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y LA TECNOLÓGICA INVOLUCRADA EN LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN

El presente objetivo fue fragmentado en dos secciones para una mejor comprensión del mismo.

4.1.1 Recopilación de la Información Geológica

En la Formación Carapita, bloques San Juan 06 y San Juan 07, perteneciente al Campo Orocual, no se han realizado estudios relacionados a buzamientos de los estratos y dirección de los esfuerzos máximos y/o mínimos. A continuación, se presenta la ubicación de los pozos, secuencia estratigráfica y litológica atravesada en la Formación Carapita.

4.1.1.1 Ubicación de los Pozos en Orocual Profundo

En la figura 4.1, se aprecia el mapa de fallas de la Formación San Juan, mostrando la ubicación relativa de los pozos y futuras localizaciones pertenecientes al Campo Orocual Profundo. Se presenta este mapa, debido a que en la Formación Carapita no se han efectuado estudios e interpretación sísmica exhaustiva, que permitan conocer con exactitud la cantidad y distribución de los fallamientos; además, no se disponen

de mapas que posean la ubicación de los pozos actuales a nivel de la formación estudiada. Pero, para efectos prácticos del presente estudio, se hará referencia a la distribución de los pozos en el campo a partir de la figura antes mencionada.

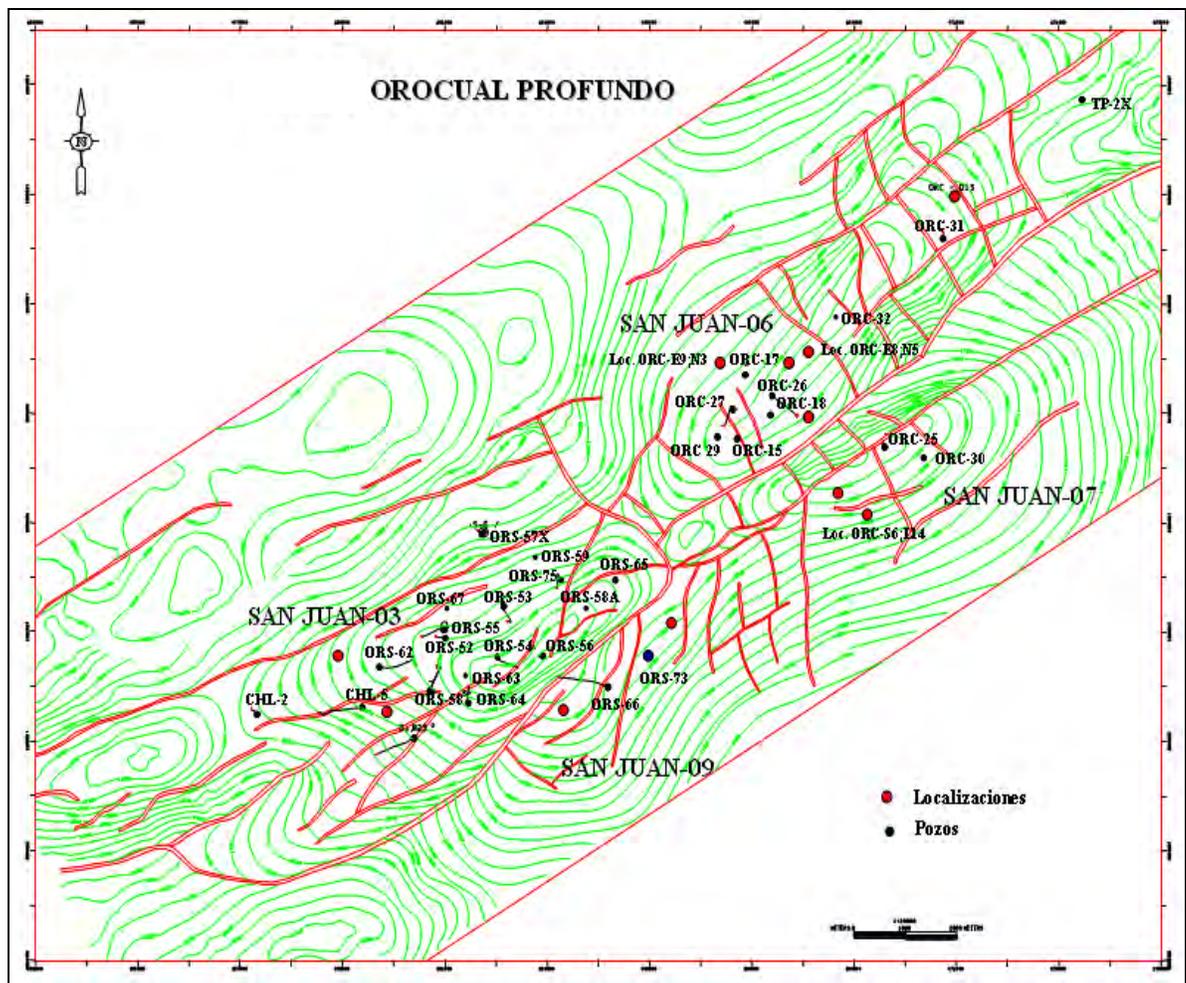


Figura 4.1. Ubicación Relativa de los Pozos en Orocual Profundo

Fuente: modificado de: OpenWorks (PDVSA)

Los pozos estudiados se encuentran en la parte Nor-Este del Campo Orocual Profundo (Figura 4.1), específicamente, en los bloques San Juan 06 y San Juan 07. Distribuidos de la siguiente manera: en el bloque San Juan 06 se localizan los pozos

ORC-18, ORC-26, ORC-27, ORC-29, ORC-31 y ORC-32; y por su parte, en el bloque San Juan 07 se localizan los pozos ORC-25 y ORC-30.

4.1.1.2 Estratigrafía de la Formación Carapita

En el Campo Orocuál Profundo, infrayacente a la Formación Mesa – Las Piedras y separada por una discordancia, se encuentra la Formación Carapita, de Edad Mioceno-Oligoceno. El ambiente de deposición para esta formación ha sido definido como marino de Plataforma Externa y Talud (Nerítico Externo a Batial). Sin embargo, existen estudios basados en núcleos que apuntan a que también se encuentra representado el Nerítico Interno.

La Formación Carapita litoestratigráficamente, está constituida en su parte superior y media por lutita de color gris oscuro a negro, astillosa, pirítica y calcárea, en su parte media se presentan, ocasionalmente, lentes aleatorios de carbonatados, de color marrón claro a crema, en bloque moderadamente dura. La parte media de la secuencia se torna, ligeramente limosa, asociada a una limolita marrón oscura, bloque semidura, en parte friable arenosa, ligeramente calcárea, acompañada de lutitas presurizadas de color gris oscuro verdoso, presurizada, bien compactas.

Hacia la parte basal de la formación, se desarrollan dos paquetes de areniscas grises de granos finos a medios, ligeramente calcáreas con intercalaciones de lutitas gris verdosas, subredondeadas, moderadamente seleccionadas, de grano suelto, de cemento y matriz arcillosa; estos paquetes representan en la Formación Carapita y han sido denominados yacimientos Carapita Superior y Carapita Inferior.

Aproximadamente a 240 pies por encima del tope de Carapita Superior aparece un cuerpo arenoso de 35 pies de espesor, conocido operacionalmente como “Arena Marcadora”, tiene aspecto cuarzo-cristalina a blanquecina, en parte gris claro a

marrón claro, de grano fino a medio, en ocasiones grueso, subredondeado a subangular, buena selección con matriz limoarcillosa, cemento silíceo y bien consolidada. Esta arena marcadora ha aportado agua en algunos pozos. Por análisis de calcimetría, se ha determinado un valor máximo calcimétrico de CaCO_3 que fluctúa entre 18,2% y 18%, el cual permite determinar a esta arena.

4.1.1.3 Marcadores Litológicos de Carapita, Carapita Superior y Carapita Inferior

En los bloques San Juan 06 y 07, se identifican los topes de Carapita, Carapita Superior y Carapita Inferior por marcadores litológicos a partir de muestras de canal, en las cuales al observar lutita calcárea, se fija el tope de Carapita. Avanzando en profundidad al aparecer una arenisca cuarzo cristalina, en parte beige, grano fino a muy fino, consolidada, corresponde al tope de Carapita Superior. Posteriormente, al apreciar arenisca, amarilla clara, en parte crema, translúcida, grano fino a medio, de regular escogimiento, bien consolidada, abrasiva, ligeramente calcárea se determina el tope de Carapita Inferior.

En la parte basal de la Formación Carapita, al notar la presencia de arenisca de color beige con inclusiones de piritita y, ocasionalmente, la presencia de micas, se establece la base de esta formación; que también corresponde al tope de la Formación Areo.

4.1.1.4 Secciones Estratigráficas de los Pozos

Las secciones estratigráficas fueron elaboradas en una escala de 1:500 y colgadas al Marcador Carapita Superior, registrado en los pozos ORC-29 (Figura 4.2) y ORC-25 (Figura 4.3). La sección de dirección SO-NE, Figura 4.2, está integrada por los pozos ORC-29, ORC-27, ORC-26, ORC-18, ORC-32 y ORC-31; y la sección

de dirección NO-SE, Figura 4.3, está constituida por los pozos ORC-25 y ORC-30. Se observa la Formación Carapita, en todos los pozos, mostrando continuidad lateral.

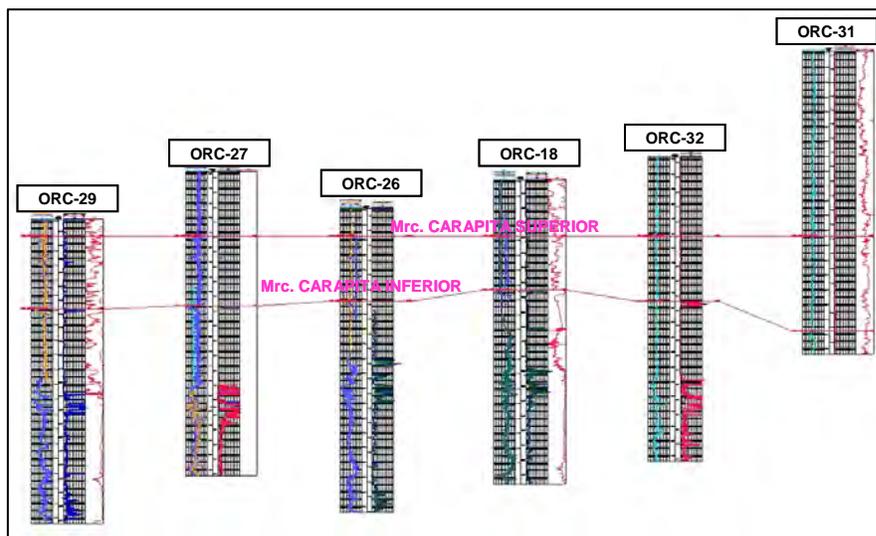


Figura 4.2. Sección Estratigráfica SO-NE

Fuente: elaborado en: OpenWorks (PDVSA)

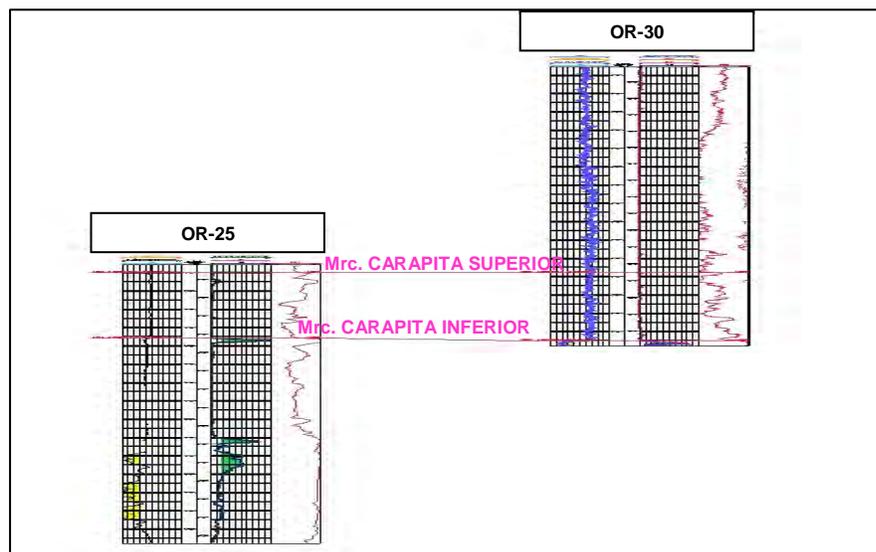


Figura 4.3. Sección Estratigráfica NO-SE

Fuente: elaborado en: OpenWorks (PDVSA)

4.1.1.5 Secciones Estructurales de los Pozos

La sección estructural de dirección SO-NE, Figura 4.4, está integrada por los pozos ORC-29, ORC-27, ORC-26, ORC-18, ORC-32 y ORC-31; y la sección estructural de dirección NO-SE, Figura 4.5, está compuesta por los pozos ORC-25 y ORC-30.

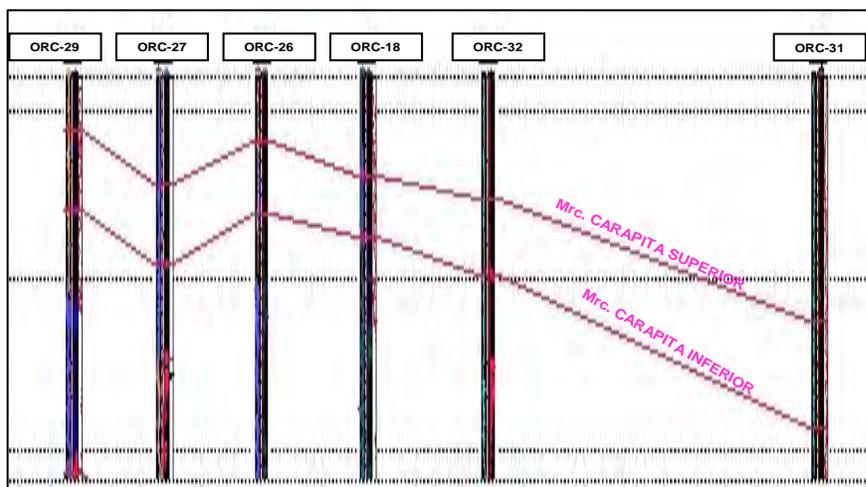


Figura 4.4. Sección Estructural SO-NE

Fuente: elaborado en: OpenWorks (PDVSA)

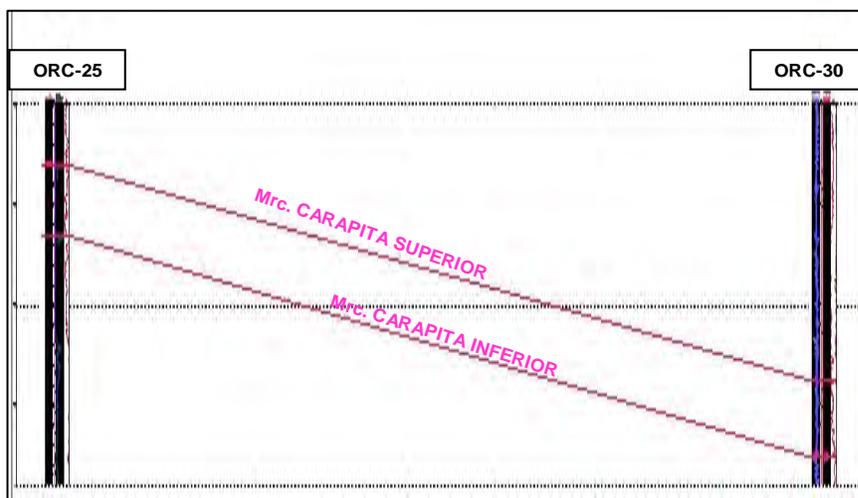


Figura 4.5. Sección Estructural NO-SE

Fuente: elaborado en: OpenWorks (PDVSA)

En las secciones estructurales no se observan fallas a lo largo de la Formación Carapita. Esto se debe, a que los pozos no atravesaron fallas o las líneas de sección trazadas no tocaron ninguna de éstas. Estas secciones estructurales fueron elaboradas en una escala de 1:500.

Por otro lado, no fue posible determinar los buzamientos alrededor de los pozos en las secciones estructurales. Sin embargo, se tiene de acuerdo a estimaciones que en la parte Nor-Este del Campo Orocual (bloques San Juan 06 y 07), la Formación Las Piedras presenta buzamientos entre 0 y 4 grados; y la estructura predominante es un homoclinal. Mientras que, en la Formación Carapita los buzamientos estimados fluctúan entre los 10 y 15 grados, aunque en ciertas zonas alcanzan valores de 20 grados, y las estructuras predominantes son: un anticlinal en San Juan 06 y un anticlinal en San Juan 07.

4.1.2 Recopilación de la Información Tecnológica Involucrada en las Operaciones de Perforación

En el Campo Orocual, bloques San Juan 06 y 07, se han perforado pozos verticales y direccionales (perfil tipo “S”, “J” y “S” especial). Siendo los verticales, los pozos ORC-18, ORC-25 y ORC-32; y los direccionales, los pozos ORC-26, ORC-27, ORC-29, ORC-30 y ORC-31.

Los pozos ORC-18 y ORC-25, son los únicos pozos que han atravesado en su totalidad a la Formación Carapita, con ensamblajes de fondo convencionales. El pozo ORC-32, a pesar de ser un pozo vertical, terminó de atravesar la Formación Carapita con un ensamblaje de fondo direccional, debido a que presentó problemas de verticalidad, que impidieron seguir utilizando ensamblajes de fondo convencionales.

La perforación de la fase vertical, de los pozos direccionales, se realizó con ensamblajes de fondo convencionales. Sin embargo, no se alcanzó atravesar

completamente la Formación Carapita, porque el punto de inicio de desvío (KOP) se realizó dentro de esta formación.

Las técnicas implementadas para controlar la verticalidad de los pozos, consistieron en la utilización de ensamblajes de fondo pendulares, empacados, pendulares empacados y normales (sin estabilizadores). Mientras que, para monitorear los cambios de inclinación y dirección, que presentaban los pozos, se usaron los registros single shot, gyro, multi shot y totco.

4.2 REVISIÓN DE LOS DISEÑOS E HISTORIA DE CONSTRUCCIÓN DE LOS POZOS EN ESTUDIO

Con la revisión de los programas de perforación se pudo verificar, que la trayectoria espacial propuesta para la construcción de los pozos estudiados se cumplió; a pesar de los inconvenientes operacionales en el control de la verticalidad en algunos de ellos.

Durante la perforación de la Formación Carapita, los pozos ORC-18, ORC-25 y ORC-32 presentaron problemas en el control de la verticalidad, alcanzando una inclinación máxima de 12° a 4700 pies, 7,75° a 4848 pies y 21,13° a 11455 pies, respectivamente. Por su parte, los pozos ORC-26, ORC-27, ORC-29, ORC-30, ORC-31, no presentaron problemas de verticalidad y alcanzaron una inclinación máxima de 4,43° a 5430 pies, 3,3° a 4477 pies, 4,25° a 4425 pies, 2,74° a 8117 pies y 3 ° a 6412 pies, respectivamente. Cabe resaltar, que se considera un pozo con trayectoria vertical, aquél que alcanza inclinaciones menores a 5°.

Una vez registrado el aumento en el ángulo de inclinación del pozo ORC-18, se decidió colocar un tapón de cemento desde 3300 pies hasta 3700 pies; para luego, realizar la corrección de la trayectoria con ensamblaje pendular empacado

(estabilizadores a 60, 90, 150 y 455 pies). Después, de iniciada la perforación en 3290 pies, se detuvo la misma a 3717 pies, porque el ensamblaje de fondo cayó en el hoyo viejo. Se decidió colocar un tapón de cemento desde 3300 pies hasta 4004 pies y se realizó una nueva corrección de la desviación; para ello, se trabajó con un ensamblaje pendular empacado (estabilizadores a 60, 90, 150 y 455 pies) desde 3362 pies hasta 3834 pies, satisfactoriamente.

Posteriormente, se bajaron al pozo ORC-18 varios ensamblajes convencionales, para continuar con la construcción del hoyo de 17 ½ pulgadas; realizándose de manera exitosa.

A la profundidad de 4448 pies, se obtuvo en el pozo ORC-25 una lectura con el registro de desviación (multi shot), de 7,75° en la inclinación y azimut de 202°. Esta desviación registrada impedía continuar la perforación hacia las coordenadas del objetivo, por lo que se bajó al pozo el ensamblaje de fondo que se venía utilizando (pendular, estabilizadores a 30 y 60 pies); se mantuvo igual la velocidad de rotación y se disminuyó el peso sobre la mecha. Con lo cual, se logró disminuir la inclinación hasta la profundidad de asentamiento del revestidor de 13 3/8 pulgadas.

En el pozo ORC-32, se optó por realizar un side track a 7781 pies en el hoyo de 12 ¼ pulgadas, debido a que, de continuar perforando con la trayectoria adquirida (21,13° de inclinación y 204,96° de azimut a 11455 pies) se obtendría la pérdida del objetivo geológico. En este pozo, se había alcanzado una profundidad de 11468 pies, utilizando ensamblaje de fondo convencional.

En la Tabla 4.1, se puede apreciar la profundidad alcanzada en la fase vertical de los pozos direccionales y la profundidad a la cual se comienzan a desviar los mismos, con los ensamblajes direccionales.

Tabla 4.1. Profundidades Perforadas y de Inicio de Perforación Direccional

Pozo	Profundidad Alcanzada con BHA Convencional, MD [pies]	Profundidad de Inicio de Desvío con BHA Direccional, MD [pies]
ORC-26	5550	KOP @ 5714
ORC-27	4500	KOP @ 4642
ORC-29	8852	KOP @ 8852
ORC-30	8158	KOP @ 8100
ORC-31	6700	KOP @ 7500

4.2.1 Comparación de los Diseños y la Historia de Construcción de los Pozos

La siguiente discusión se realizó en dos grupos de pozos, fase vertical de los pozos direccionales y pozos verticales, tomando como parámetros de comparación la cantidad de ensamblajes de fondo y componentes, mechas y parámetros asociados; y registros de inclinación y dirección.

Debido a que, no fue posible ubicar los programas de perforación de los pozos ORC-18 y ORC-31, no se efectuó la comparación en estos pozos.

4.2.1.2 Pozos ORC-26, ORC-27, ORC-29 y ORC-30

Durante la construcción de la fase vertical de estos pozos, no se presentaron problemas operativos en el control de la verticalidad.

➤ Ensamblajes de fondo y componentes

En los pozos ORC-26 y ORC-27, se utilizó la cantidad de ensamblajes de fondo programados. Sin embargo, se requirieron dos portamechas adicionales a lo

programado en el pozo ORC-26 y uno menos en el pozo ORC-27; en los reportes de perforación no se especifican los motivos por los cuales se realizaron los cambios descritos.

Tabla 4.2. Resumen de BHA, programados en los pozos ORC-26 y ORC-27

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-26	17 ½	2	1 monel 2 estabilizadores 8 portamechas 15 heavy weight	60 y 90	Pendular
ORC-27	17 ½	3	1 monel 2 estabilizadores 15 portamechas 18 heavy weight	60 y 70	Pendular

Tabla 4.3. Resumen de BHA, utilizados en los pozos ORC-26 y ORC-27

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-26	17 ½	2	1 monel 2 estabilizadores 10 portamechas 15 heavy weight	60 y 70	Pendular
ORC-27	17 ½	2	1 monel 2 estabilizadores 14 portamechas 18 heavy weight	60 y 70	Pendular

La distribución espacial de los estabilizadores, empleada en el pozo ORC-26 no fue acorde con la programada, no esta registrada en los reportes la causa que conllevó a modificar el programa. En el pozo ORC-27, si se cumplió con la distribución de estabilizadores programada.

En el pozo ORC-29, se utilizó la cantidad de ensamblajes y la cantidad de herramientas programadas. Por el contrario, la distribución de los estabilizadores no fue acorde con la recomendada. En los reportes de este pozo, no esta asentado el motivo que originó la alteración de la distribución de estabilizadores programada.

Tabla 4.4. Resumen de BHA, programados en el pozo ORC-29

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-29	17 ½	2	1 monel 2 estabilizadores 11 portamechas 15 heavy weight	74 y 110	Pendular
	12 ¼	3	1 monel 2 estabilizadores 13 portamechas 18 heavy weight	70 y 90	Pendular

Tabla 4.5. Resumen de BHA, utilizados en el Pozo ORC-29

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-29	17 ½	2	1 monel 2 estabilizadores 11 portamechas 15 heavy weight	60 y 90	Pendular
	12 ¼	3	1 monel 2 estabilizadores 13 portamechas 18 heavy weight	60 y 90	Pendular

En el pozo ORC-30, hoyo 17 ½ pulgadas, se utilizaron dos ensamblajes de fondo y estaba programado el uso de uno, no existe justificación en los reportes de perforación del cambio presentado. Para el ensamblaje de fondo empleado, número 2, no se colocó el monel, el cual estaba preestablecido; pero se utilizó un portamechas adicional, esta modificación se realizó porque se decidió lanzar un registro de inclinación (totco). Por el contrario, el ensamblaje número 3 utilizado, fue similar al programado; no obstante, en ambos ensamblajes la distribución espacial de los estabilizadores, se realizó como estaba previsto. Por otro lado, no se dispone de la información del ensamblaje programado para el hoyo de 12 ¼ pulgadas.

Tabla 4.6. Resumen de BHA, programados en el pozo ORC-30

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-30	17 ½	2	1 monel 2 estabilizadores 10 portamechas 9 heavy weight	60 y 90	Pendular
	12 ¼	3	No Disponible	-	-

Tabla 4.7. Resumen de BHA, utilizados en el pozo ORC-30

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-30	17 ½	2	2 estabilizadores 11 portamechas 9 heavy weight	60 y 90	Pendular
		3	1 monel 2 estabilizadores 10 portamechas 9 heavy weight	60 y 90	Pendular
	12 ¼	4	1 monel 3 estabilizadores 6 portamechas 20 heavy weight	0, 30 y 60	Pendular

➤ **Mechas, peso sobre la mecha (PSM) y velocidad de rotación (RPM)**

En este grupo de pozos, se utilizaron los tipos de mechas contempladas en los respectivos programas. En los hoyos de 17 ½ pulgadas, se utilizaron mechas tricónicas y para los hoyos de 12 ¼ pulgadas, se usaron mechas PDC.

Tabla 4.8. Resumen de Mechas, PSM y RPM; programadas en los pozos direccionales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Mecha	PSM	RPM
ORC-26	17 ½	2	Tricónica [17 ½ pulg.]	10/20	150/180
ORC-27	17 ½	3	Tricónica [17 ½ pulg.]	10/30	150/200
ORC-29	17 ½	2	Tricónica [17 ½ pulg.]	20/30	150/200
	12 ¼	3	PDC [12 ¼ pulg.]	10/30	100/150
ORC-30	17 ½	2	Tricónica [17 ½ pulg.]	15/25	120/160
	12 ¼	3	PDC [12 ¼ pulg.]	10/25	140/160

Tabla 4.9. Resumen de Mechas, PSM y RPM; utilizadas en los pozos direccionales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Mecha	PSM	RPM
ORC-26	17 ½	2	Tricónica [17 ½ pulg.]	20/25	118/140
ORC-27	17 ½	3	Tricónica [17 ½ pulg.]	20/30	96/176
ORC-29	17 ½	2	Tricónica [17 ½ pulg.]	10/30	100/160
	12 ¼	3	PDC [12 ¼ pulg.]	10/16	150/180
ORC-30	17 ½	2	Tricónica [17 ½ pulg.]	20/23	130/180
		3	Tricónica [17 ½ pulg.]	18/22	120/180
	12 ¼	3	PDC [12 ¼ pulg.]	6/12	160/190

En general, el peso sobre la mecha utilizado para perforar los diversos hoyos, se mantuvo dentro de los valores establecidos en los programas. En tanto que, la velocidad de rotación implementada en los pozos ORC-26, ORC-27 y ORC-29, hoyo de 17 ½ pulgadas, estuvo por debajo de los valores programados y en el pozo ORC-30, se excedió en 12,5% el valor máximo planificado (160 rpm). En los hoyos de 12 ¼ pulgadas de los pozos ORC-29 y ORC-30, las rpm sobrepasaron aproximadamente en 20% el valor máximo preestablecido (150 y 160 rpm, respectivamente).

➤ Registros de inclinación y dirección

En los pozos ORC-26, ORC-27, ORC-29 y ORC-30; no se cumplió con el programa de registro de desviación. No existe en los reportes diarios de perforación, ni en los sumarios de operaciones de perforación, justificaciones de las condiciones que conllevaron a no seguir el programa de registro de desviación; y el porque, no se tomó medición de la inclinación y dirección del pozo en algunos casos.

En las Tablas 4.10 y 4.11, se aprecian los tipos de registros de desviación y bajo que criterios se debían utilizar y como fueron empleados, en los respectivos hoyos y ensamblajes de fondo. En los apéndices D y G, existe información más detallada del intervalo perforado, profundidad, lectura del registro, entre otros.

Tabla 4.10. Resumen de Registros de Desviación

Programados en los Pozos Direccionales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Registros de Desviación	Frecuencia de Lanzamiento
ORC-26	17 ½	2	Totco	Cada cambio de mecha
			Multi Shot	Final de hoyo
ORC-27	17 ½	3	Single Shot	Cada viaje
			Multi Shot	Final de hoyo
ORC-29	17 ½	2	Single Shot	Cada cambio de mecha
			Multi Shot	Final de hoyo
	12 ¼	3	Multi Shot	Final de hoyo (kop)
ORC-30	17 ½	2	Totco	Cada cambio de mecha
			Multi Shot	Final de hoyo
	12 ¼	3	Multi Shot	Final de hoyo (kop)

Tabla 4.11. Resumen de Registros de Desviación

Utilizados en los Pozos Direccionales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Registros de Desviación	Frecuencia de Lanzamiento
ORC-26	17 ½	2	Multi shot	Final de hoyo (no funcionó)
			Gyro	Nuevo Intento
ORC-27	17 ½	2	Single Shot	Final de hoyo
ORC-29	17 ½	2	Multi Shot	Final de hoyo
	12 ¼	3	Totco	Viaje de tubería
			Multi Shot	Final de hoyo (kop)
ORC-30	17 ½	2	-	-
		3	Multi Shot	Final de hoyo
	12 ¼	4	Multi Shot	Viaje de tubería

4.2.1.3 Pozos ORC-25 y ORC-32

Durante la construcción de estos pozos, se presentaron problemas operativos en el control de la verticalidad.

➤ Ensamblajes de fondo y componentes

En el pozo ORC-25, hoyo 17 ½ pulgadas, se utilizó el ensamblaje de fondo previsto, y se usó un portamechas adicional a lo programado. La distribución espacial de los estabilizadores usada fue acorde con la programada. En los hoyos de 12 ¼ y 8 ½ pulgadas, se tenía preestablecido el uso de un solo ensamblaje por cada hoyo y se utilizaron tres y cuatro ensamblajes, respectivamente; la cantidad de portamechas utilizada en estos hoyos es distinta a la programada. Por otro lado, para el hoyo de 12 ¼ pulgadas se programó el uso de estabilizadores y no se utilizaron. En los reportes de perforación no se especifican los motivos por los cuales se realizaron los cambios en los BHA, ni en la distribución de los estabilizadores.

Tabla 4.12. Resumen de BHA Programados en los Pozos ORC-25 y ORC-32

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-25	17 ½	3	1 monel 2 estabilizadores 14 portamechas 12 heavy weight	30 y 60	Pendular
	12 ¼	4	1 monel 2 estabilizadores 16 portamechas 12 heavy weight	30 y 60	Pendular
	8 ½	5	1 monel 23 portamechas 12 heavy weight	-	Normal
ORC-32	17 ½	2	2 estabilizadores 11 portamechas 15 heavy weight	60 y 90	Pendular
		3	2 estabilizadores 13 portamechas 15 heavy weight	60 y 90	Pendular
	12 ¼	4	2 estabilizadores 11 portamechas 18 heavy weight	60 y 90	Pendular

Tabla 4.13. Resumen de BHA Utilizados en los Pozos ORC-25 y ORC-32

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-25	17 ½	2	1 monel 2 estabilizadores 15 portamechas 12 heavy weight	30 y 60	Pendular
	12 ¼	3 y 4	1 monel 14 portamechas 12 heavy weight	-	Normal

Tabla 4.13. Resumen de BHA Utilizados en los

Pozos ORC-25 y ORC-32 (Continuación)

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Herramientas	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA
ORC-25	12 ¼	5	1 monel 17 portamechas 12 heavy weight	-	Normal
	8 ½	8	21 portamechas 6 heavy weight	-	Normal
		9 y 11	1 monel 27 portamechas 6 heavy weight	-	Normal
		10	28 portamechas 6 heavy weight	-	Normal
ORC-32	17 ½	2	2 estabilizadores 12 portamechas 15 heavy weight	60 y 90	Pendular
		5	1 monel 2 estabilizadores 7 portamechas 15 heavy weight	60 y 90	Pendular
	12 ¼	6	1 monel 2 estabilizadores 11 portamechas 18 heavy weight	60 y 90	Pendular

En el pozo ORC-32, se utilizó la cantidad de ensamblajes recomendados hasta la profundidad a la cual se alcanzó la máxima desviación. Para la construcción del hoyo piloto, se utilizó un portamechas adicional a lo previsto. Por otra parte, en el ensamblaje de ampliación, se usaron seis portamechas menos de lo programado; y en el hoyo de 12 ¼ pulgadas se colocó un monel, el cual no estaba programado; no esta registrada en los reportes, la causa que conllevó a modificar programa de BHA. En cuanto a, la distribución de estabilizadores, ésta se realizó según la planificación.

➤ **Mechas, Peso Sobre la Mecha y Velocidad de Rotación**

En estos pozos, se emplearon los tipos de mechas recomendadas. El peso sobre la mecha utilizado para perforar en el pozo ORC-25, no excedió los valores máximos establecidos para los hoyos de 17 ½ y 12 ¼ pulgadas (45 y 40 Klbs, respectivamente); en tanto que, se superó en 12,5% el valor planificado (40 Klbs) para el hoyo de 8 ½ pulgadas. La velocidad de rotación, se excedió en todos los hoyos del pozo ORC-25, obteniéndose un porcentaje de desviación entre 28 y 62 %. Para el pozo

ORC-32, no se efectuó la comparación, porque no se dispone de los valores de PSM y RPM previstos en el programa de perforación.

Tabla 4.14. Resumen de Mechas, PSM y RPM Programadas en los Pozos

Verticales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Mecha	PSM	RPM
ORC-25	17 ½	3	Tricónica [17 ½ pulg.]	25/40	100/140
	12 ¼	4	Tricónica [12 ¼ pulg.]	30/45	100/120
	8 ½	5	PDC [8 ½ pulg.]	35/40	50/80
ORC-32	17 ½	2	Tricónica [8 ¾ pulg.]	-	-
		3	Tricónica [17 ½ pulg.]	-	-
	12 ¼	4	Tricónica [12 ¼ pulg.]	-	-

Tabla 4.15. Resumen de Mechas, PSM y RPM Utilizadas en los Pozos Verticales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Mecha	PSM	RPM
ORC-25	17 ½	2	Tricónica [17 ½ pulg.]	10/30	180
		3 y 4	Tricónica [12 ¼ pulg.]	20/35	135/160
	8 ½	5	Tricónica [12 ¼ pulg.]	35/45	80/100
		8	PDC [8 ½ pulg.]	25/35	65/130
		9 y 11	PDC [8 ½ pulg.]	40/45	40/60
		10	PDC [8 ½ pulg.]	45	60
ORC-32	17 ½	2	Tricónica [8 ½ pulg.]	5/8	160
		5	Tricónica [17 ½ pulg.]	15/30	150
	12 ¼	6	Tricónica [12 ¼ pulg.]	10/20	100/150

➤ **Registros de inclinación y dirección**

En los pozos ORC-25 y ORC-32, no se cumplió con el programa de registros de desviación. No existe, en los reportes diarios de perforación, ni en los sumarios de operaciones de perforación, justificaciones de las condiciones que conllevaron a no seguir el programa de registro de desviación; y el porque, no se tomó medición de la inclinación y dirección del pozo en algunos casos.

En las Tablas 4.16 y 4.17, se aprecian los tipos de registros de desviación y bajo que criterios se debían utilizar y como fueron empleados, en los respectivos hoyos y

ensamblajes de fondo. En los apéndices D y G, existe información más detallada del intervalo perforado, profundidad, lectura del registro, entre otros.

Tabla 4.16. Resumen de Registros de Desviación Programados en los Pozos

Verticales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Registros de Desviación	Frecuencia de Lanzamiento
ORC-25	17 ½	3	Single Shot	Cada 300 pies
	12 ¼	4	Single Shot	Cada 300 pies
	8 ½	5	Single Shot	Cada 300 pies
ORC-32	17 ½	2 (hoyo piloto)	Totco	Viaje de tubería y cambio de mecha
		3 (hoyo de ampliación)	Totco	Viaje de tubería y cambio de mecha
			Gyro Multishot	Final de hoyo
	12 ¼	4	Single Shot y Multi Shot	-

Tabla 4.17. Resumen de Registros de Desviación Utilizados en los Pozos

Verticales

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Registros de Desviación	Frecuencia de Lanzamiento	
ORC-25	17 ½	2	Totco	Cambio de mecha y confirmar lectura	
			Single Shot	Confirmar lectura y cambio de mecha	
			Multi Shot	Final de hoyo	
	12 ¼	3 y 4	Single Shot	Viaje y cambio de mecha	
			Totco	Cambio de mecha	
			Single Shot	Final de hoyo	
	8 ½		8	Single Shot	Control (60 pies)
			9 y 11	Single Shot	Viaje y cambio de mecha
				Totco	Cambio de mecha
			Totco	Cambio de mecha	
ORC-32	17 ½	2	Single Shot	Final de hoyo piloto	
		5	Multi Shot	Final de hoyo planificado	
	12 ¼	6	Multi Shot	Viaje y confirmar lectura	

4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES QUE OCASIONARON LA PÉRDIDA DE CONTROL DE LA TRAYECTORIA ESPACIAL

4.3.1 Pérdida de la Trayectoria Especial

4.3.1.1 Pozo ORC-18

En la Figura 4.6, se observa la desviación que presentó este pozo durante su perforación; una vez alcanzada la máxima desviación, hubo la tendencia a disminuir el ángulo de inclinación. Esta desviación registrada en el pozo ORC-18, se obtuvo a 4700 pies de profundidad, a 1260 pies de haber atravesado el tope de la Formación Carapita (3440 pies); como se puede observar en la Figura 4.6. A esa profundidad, se había alcanzado 12° de inclinación y se desconoce la dirección (no existe reporte de ésta). Además, se conocen pocos valores de la inclinación del pozo (se desconocen sus respectivos valores de la dirección), a profundidades menores que la profundidad a la cual se adquirió la máxima inclinación.

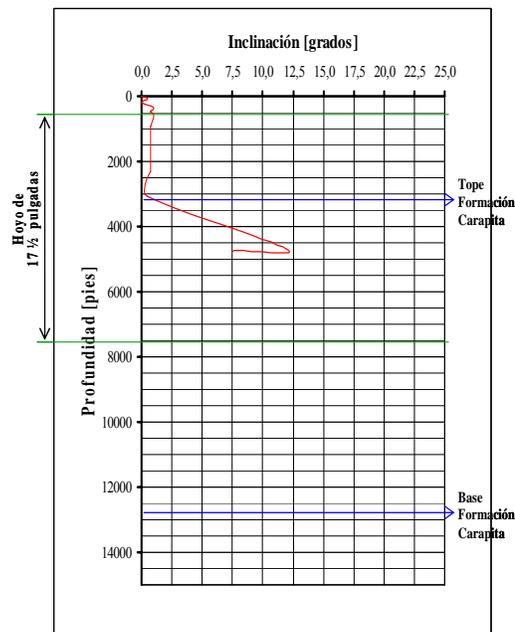


Figura 4.6. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-18)

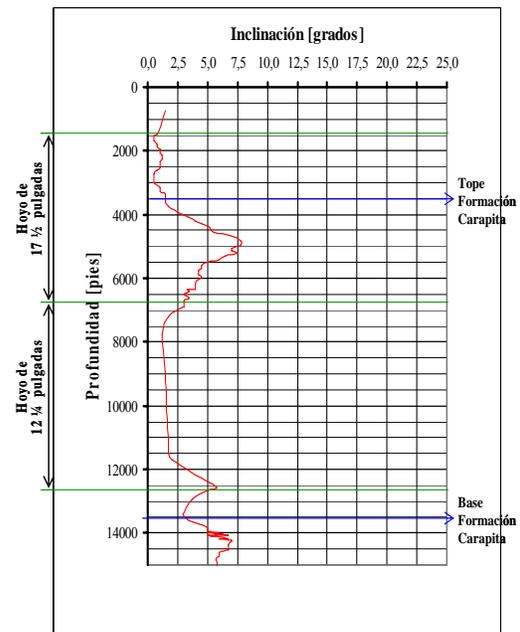


Figura 4.7. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-25)

Esta desviación se detectó, cuando se detuvo la perforación para realizar el cambio de la mecha, se alcanzó, cuando se utilizó el ensamblaje de fondo número 3 (pendular empacado, estabilizadores a 25, 60, 90 y 160 pies), mecha número 3 de 17 ½ pulgadas (tricónica, tipo OSC-3AJ); peso sobre la mecha de 30 a 35 Klbs y velocidad de rotación de 180 rpm.

Se intentó corregir la trayectoria obtenida en el pozo, utilizando un ensamblaje pendular empacado con estabilizadores a 60, 90, 150 y 455 pies; y la mecha número 4 de características semejantes a la número 3 (ver apéndice E, tabla E-1). Los primeros 236 pies, desde 3290 a 3526 pies, se usó el peso sobre la mecha de 2 a 10 Klbs y la velocidad de rotación a 80 rpm. Los siguientes 191 pies, de 3526 hasta 3717, se usó el PSM entre 5 y 8 Klbs, y no se reportó la velocidad de rotación, cayendo el ensamblaje de fondo en el hoyo viejo. Durante esta corrección de la desviación, se

lanzaron dos registros totco y se obtuvo en ambos una inclinación del pozo de 2 grados a 3645 y 3677 pies.

4.3.1.2 Pozo ORC-25

La desviación presentada en este pozo, comenzó a 4476 pies de profundidad, 782 pies de haber atravesado el tope de la Formación Carapita (3694 pies), como se puede observar en la Figura 4.7. A esa profundidad se había alcanzado 5,25° de inclinación y azimut de 194°. La inclinación continuó en aumento hasta 4941 pies, donde se obtuvo la máxima inclinación (7,75°) y la perforación se interrumpió por cambio de mecha. Se lanzó al pozo un registro single shot, registrándose de esta manera la pérdida de la trayectoria del pozo.

Esta desviación se produjo mientras se utilizaba el ensamblaje de fondo número 2 (pendular, estabilizadores a 30 y 60 pies), mecha número 7 de 17 ½ pulgadas (tricónica, tipo S11); peso sobre la mecha de 30 Klbs y velocidad de rotación de 180 rpm (ver apéndice E, tabla E-9).

A 176 pies (3518 pies), del intervalo (de 3616 a 3831 pies) con el cual se perforó el tope de la Formación Carapita, se venía trabajando con 20 Klbs de peso y 160 rpm; mecha de características similares a la mecha número 7 (ver apéndice E, tabla E-2) y el mismo ensamblaje de fondo (ver apéndice F, tabla F-2).

Se observa en la Figura 4.7, que el pozo obtuvo un valor 5,75° de inclinación a 12532 pies, al final del hoyo de 12 ¼ pulgadas; en este hoyo el revestidor de 9 5/8 pulgadas se asentó a 12528 pies. En ese momento, se estaba utilizando el BHA número 5 (normal), mecha número 16 (tricónica, tipo F1); PSM de 35 a 45 Klbs y velocidad de rotación entre 80 y 100 rpm. Al bajar al pozo (hoyo de 8 ½ pulgadas) el ensamblaje de fondo número 8 (normal), mecha de 8 ½ pulgadas número 20 (ver

apéndice E, tabla E-2), velocidad de rotación de 65 a 130 rpm y peso sobre la mecha entre 25 y 35 Klbs, el pozo se verticalizó a 3° , antes de atravesar la base de la Formación Carapita (13702 pies).

4.3.1.3 Pozo ORC-32

A 11648 pies de profundidad, se decidió lanzar un multi shot al pozo, obteniendo una lectura en la inclinación de 21° a 11455 pies y por problemas en el equipo computacional no se obtuvo la dirección del pozo. Se lanzó otro multi shot, para verificar la lectura anterior y se registro $21,13^\circ$ de inclinación y $204,96^\circ$ azimut en la dirección, a la misma profundidad (ver apéndice G, tabla G-8). Esta desviación, se presentó en el hoyo de $12 \frac{1}{4}$ pulgadas y a 6442 pies ya se habían alcanzado $5,68^\circ$ de inclinación, Figura 4.8.

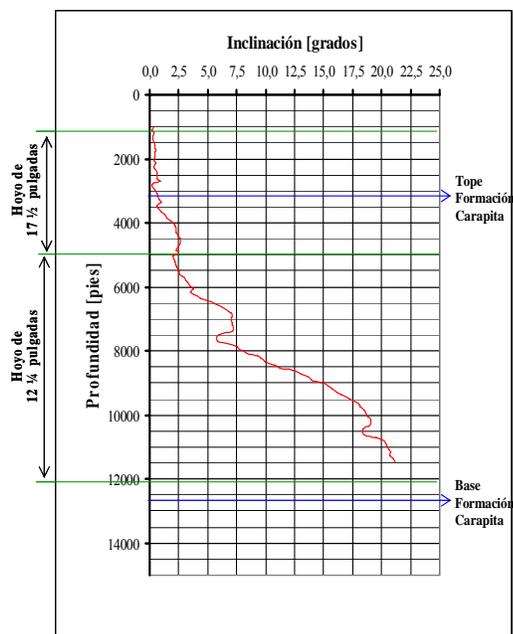


Figura 4.8. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (pozo ORC-32)

Como se puede apreciar en la Figura 4.8, el tope de la Formación Carapita se encontró en este pozo a 3385 pies y los ensamblajes de fondo en tres ocasiones

intentaron volver a la vertical. En la primera ocasión, correspondió al hoyo de 17 ½ pulgadas, se alcanzó un valor máximo de 2,69° a 4594 pies y disminuyó a 2,48° a 4985 pies aproximadamente; a 4997 pies se asentó el revestidor de 13 3/8 pulgadas. En la segunda oportunidad, la mayor lectura en la inclinación fue a 7296 pies de 7,67° y se redujo hasta 5,70° a 7580 pies; y en la tercera, se alcanzó un máximo de 19,05° a 10225 pies y se disminuyó a 18,31° a 10509 pies.

La pérdida de trayectoria espacial presentada en el pozo ORC-32, ocurrió cuando se utilizaba el ensamblaje de fondo número 6 (pendular, estabilizadores a 60 y 90 pies), mecha de 12 ¼ pulgadas número 4 (PDC, tipo DS76HFGNS); PSM de 10 a 20 Klbs y velocidad de rotación entre 100 y 140 rpm.

4.3.2 Tendencias Presentadas en los Pozos

4.3.2.1 Pozos ORC-18 y ORC-25

Las pérdidas de las trayectorias ocurridas en los pozos ORC-18 y ORC-25, sucedieron en un promedio de 1000 pies, de haber atravesado el tope de la Formación Carapita. Esto se debe, a que los hoyos de 17 ½ pulgadas se empiezan a perforar en la Formación Mesa-Las Piedras y se termina en la Formación Carapita; se atraviesan dos secciones litoestratigráficas de diferentes perforabilidades y distintos buzamientos. Por otro lado, la Formación Carapita se caracteriza en su parte superior por una lutita de color gris oscuro a negro, y astillosa; condición ésta que propicia la acumulación de grandes volúmenes de astillas de lutitas en un lado de los dientes de las mechas tricónicas; causando un movimiento lateral de la misma.

En ambos pozos, se utilizó un peso sobre la mecha de 30 Klbs y una velocidad de rotación de 180 rpm, al momento de exceder el ángulo de inclinación permitido para pozos verticales. En el pozo ORC-18, se incrementó el PSM, pero se mantuvo la

rotación y en el pozo ORC-25 se aumentaron ambos parámetros, momentos antes de atravesar el tope de la Formación Carapita. Cuando se aumenta el peso sobre la mecha cambian las características de flexión del ensamblaje de fondo, lo que conlleva a la pérdida del control de la trayectoria del pozo, si el ensamblaje no está diseñado para soportar este incremento del peso o la distribución espacial y la cantidad de estabilizadores utilizados no son los adecuados.

Los ensamblajes de fondo utilizados no fueron los más acordes, para perforar esa parte de la columna estratigráfica del Campo Orocual Profundo. En el pozo ORC-18, se utilizó un ensamblaje pendular empacado (apéndice F, tabla F-1, BHA 3), con el primer estabilizador a 25 pies de la mecha; entre el estabilizador y la mecha estaban situados dos portamechas cortos de 10 y 15 pies. Estos portamechas, no garantizaron el peso suficiente para que el ensamblaje contrarrestara los efectos de las formaciones a incrementar el ángulo de inclinación y variar la dirección del pozo. Por otro lado, el BHA cambió las características de flexión, debido a los aumentos del PSM.

En el pozo ORC-25, se empleó un ensamblaje pendular (apéndice F, tabla F-2, BHA 2), con el primer estabilizador a 30 pies de la mecha; entre el estabilizador y la mecha se colocó un monel. El monel, no proporcionó el peso requerido para que el desempeño del ensamblaje pendular, no experimentara tendencias a incrementar el ángulo de inclinación y evitará fluctuaciones en la dirección geográfica del pozo. Por otra parte, en el ensamblaje de fondo se modificaron las características de flexión, por los incrementos del PSM.

Además, los $5,75^\circ$ de inclinación y 125° de azimut que se alcanzaron al final del hoyo de $12 \frac{1}{4}$ pulgadas, en el pozo ORC-25, se debieron a un incremento del peso sobre la mecha y a que se disminuyeron las revoluciones por minuto de la sarta de perforación (se cambiaron las condiciones de flexión del ensamblaje); mientras se usó

el BHA número 5 hasta la profundidad de asentamiento del revestidor de 9 5/8 pulgadas. Cuando se utilizó el BHA número 4 (normal) y mechas tricónicas números 13 (tipo SDS), 14 (tipo SDGH) y 15 (tipo SDGH); se emplearon de 30 a 35 Klbs y velocidades de rotación entre 140 y 160 rpm. En tanto que, en el BHA número 5 (normal) se empleó una mecha tricónica (número 16, tipo F1), PSM de 35 a 45 Klbs y velocidad de rotación entre 80 y 100 rpm.

4.3.2.2 Pozo ORC-32

La tendencia a la desviación presentada en el pozo ORC-32, ocurrió en la parte media de la Formación Carapita. En esta parte de la formación, la secuencia litológica se torna, ligeramente limosa, asociada a una limolita marrón oscura, bloque semidura, en parte friable arenosa, ligeramente calcárea, acompañada de lutitas presurizadas de color gris oscuro verdoso, presurizada, bien compactas. Es el lugar donde generalmente, se asienta el revestidor de 13 3/8 pulgadas, para posteriormente perforar la sección inferior de la formación hasta la Formaciones Areo o Los Jabillos, con mechas PDC.

En el pozo ORC-32, el peso sobre la mecha empleado estuvo entre 10 y 20 Klbs, la velocidad de rotación usada fue de 120 a 140 rpm; antes y al momento, de exceder el ángulo de inclinación permitido para pozos verticales (ver apéndice E, tabla E-16). Los valores de las RPM se mantuvieron ajustadas o cercanas a las 140, en cambio que, en el PSM el valor máximo se mantuvo y el mínimo se incremento a 15 Klbs, hasta que se alcanzó la máxima desviación.

Cuando el ensamblaje de fondo es sometido a variaciones de pesos excesivas, el BHA tiende a presentar deflexión, porque éste debe estar en tensión y al suministrar elevados pesos, cambia el estado de sus componentes de tensión a compresión y por consiguiente, se cumple la Teoría Pendular, de Arthur Lubinski y Henry Woods.

El ensamblaje utilizado en la perforación del hoyo de 12 ¼ pulgadas hasta alcanzar los 21° de inclinación, fue de tipo pendular (apéndice F, tabla F-8), el cual se utilizó para contrarrestar los efectos del buzamiento de la Formación Carapita. Pero, cuando un BHA es sometido a ciertas condiciones de trabajo, que no eran las previstas en su diseño; no se garantiza el control de la trayectoria del pozo.

Las mechas PDC, requieren bajo PSM y altas RPM, para tener un buen desempeño durante la perforación. Al suministrar más peso del requerido, éstas tienden a perder balance y se modifica su eje de rotación.

4.4 ANÁLISIS TÉCNICO BASADO EN EL DIAGNÓSTICO DE LOS POZOS

El análisis y discusión del presente objetivo, se realizó tomando en común los hoyos perforados en la Formación Carapita. Dentro de los cuales destacan los hoyos de 17 ½, 12 ¼, 8 3/8 y 8 ½ de pulgadas.

4.4.1 Hoyo de 17 ½ pulgadas

4.4.1.1 Diagnóstico del Comportamiento de la Inclinación en los Pozos

En las figuras 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14, se puede apreciar el comportamiento de la inclinación en los pozos ORC-26, ORC-27, ORC- 29, ORC-30, ORC-31 y ORC-32, respectivamente, en el hoyo de 17 ½ pulgadas.

Este grupo de pozos no presentó problemas en el control de la verticalidad. Sin embargo, los pozos ORC-26, ORC-27 y ORC-29 exhibieron una tendencia a incrementar el ángulo de inclinación; este comportamiento no alcanzó valores

significativos en estos tres pozos, porque se detuvo la perforación para asentar el revestidor de 13 3/8 pulgadas.

De haber continuado con la perforación del hoyo de 17 1/2 pulgadas, en los pozos ORC-26, ORC-27 y ORC-29, bajo las condiciones de operación que se venían utilizando, lo más probable que hubiese ocurrido, es que se perdiera la trayectoria espacial de los pozos. Teniendo como consecuencia, modificación de la planificación de los pozos, aumento de los costos, retardo en la construcción, entre otros.

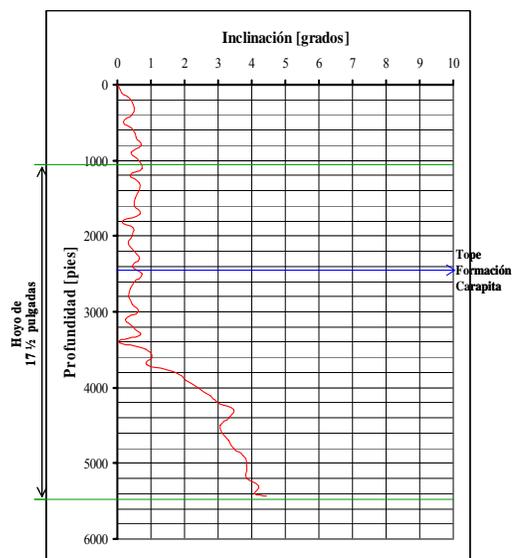


Figura 4.9. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-26)

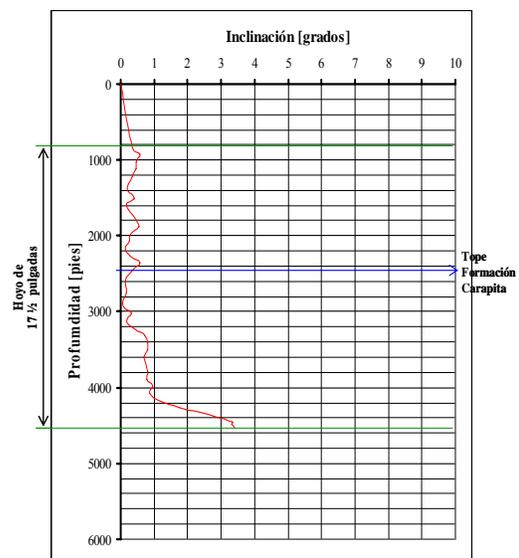


Figura 4.10. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-27)

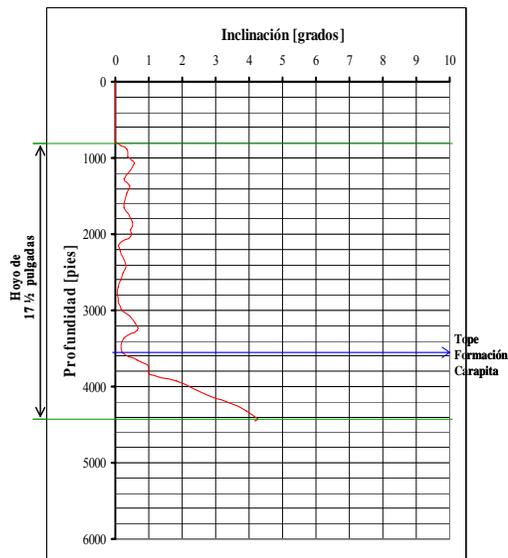


Figura 4.11. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-29)

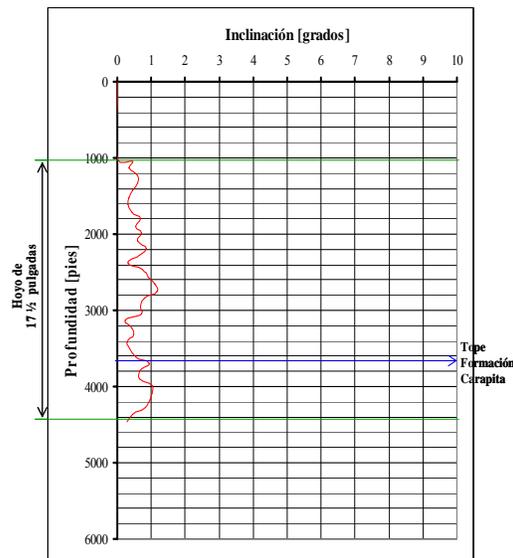


Figura 4.12. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-30)

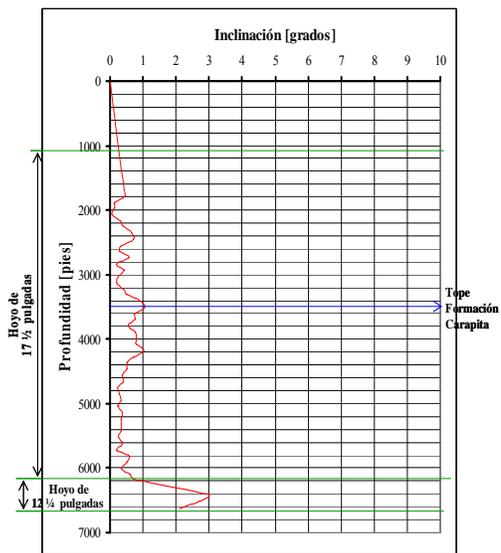


Figura 4.13. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-31)

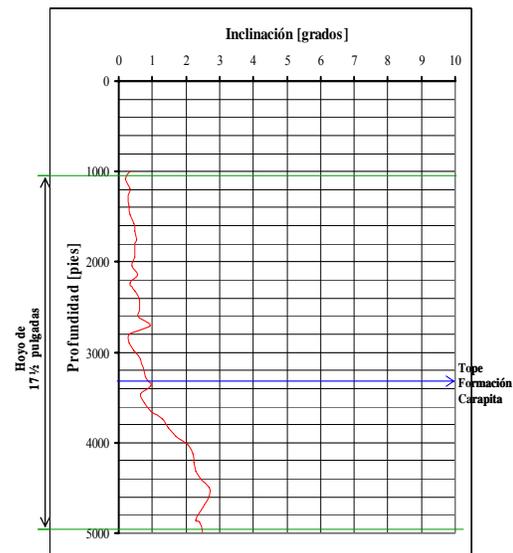


Figura 4.14. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-32)

4.4.1.2 Comparación y Análisis de las Diversas Tendencias

➤ **Distribución de los estabilizadores**

La distribución de los estabilizadores efectuada en los ensamblajes de fondo de los pozos ORC-18 y ORC-25, BHA número 3 y 2, respectivamente (tabla 4.18), no garantizaron el control de la verticalidad en el hoyo 17 ½ pulgadas bajo el PSM y las RPM a que fueron sometidos los mismos; al momento de salir de la parte basal de la Formación Mesa-Las Piedras y entrar en la Formación Carapita. Esta distribución fue 25, 60, 90 y 160 pies, para el pozo ORC-18; y 30 y 60 pies para el pozo ORC-25.

Tabla 4.18. Resumen de parámetros estudiados, hoyo de 17 ½ pulgadas

Pozo	Número BHA	Distribución Estabilizadores, [pies]	Tipo BHA	Tipo Mecha	PSM [Klbs]	RPM	ROP Promed. [pies/hr]	Pies Perforados [BHA]
ORC-18	3, Desv.	25, 60, 90 y 160	Pendular Empacado	Tricónica	30/35	180	61,68	1700,0
	5	60, 90, 150 y 455	Pendular Empacado	Tricónica	2/5	250	17,28	411,0
	6	8, 11, 20, 25, 55, y 95	Empacado	Tricónica	5/15	225	8,88	409,0
	7	60, 90, 150 y 425	Pendular Empacado	Tricónica	5/7	225	4,40	313,0

Tabla 4.18. Resumen de parámetros estudiados

hoyo de 17 ½ pulgadas (continuación)

Pozo	Número BHA	Distribución Estabilizadores, [pies]	Tipo BHA	Tipo Mecha	PSM [Klbs]	RPM	ROP Promed. [pies/hr]	Pies Perforados [BHA]
ORC-18	8	4, 8, 20, 25, 60, 90 y 150	Empacado	Tricónica	5/15	220/225	8,71	742,0
	9	60 y 150	Pendular	Tricónica	8/10	200/220	13,47	1080,0
	10	60, 150 y 420	Pendular	Tricónica	8/15	220	11,58	1162,0
ORC-25	2, Desv.	30 y 60	Pendular	Tricónica	30	180	25,24	1642,0
	2	30 y 60	Pendular	Tricónica	15/20	180	13,74	1635,0
ORC-26	2	60 y 70	Pendular	Tricónica	20/25	118/140	17,86	2250,0
ORC-27	2	60 y 70	Pendular	Tricónica	20/30	96/176	25,92	1218,0
ORC-29	2	60 y 90	Pendular	Tricónica	10/30	100/160	19,73	1040,0
ORC-30	2	60 y 90	Pendular	Tricónica	20/23	130/180	25,02	403,0
	3	60 y 90	Pendular	Tricónica	18/22	120/180	13,63	499,0
ORC-31	3	60 y 90	Pendular	Tricónica	20/25	120/160	35,86	2959,0
ORC-32	2	60 y 90	Pendular	PDC	5/8	160	74,87	1850,0
	5	60 y 90	Pendular	Tricónica	15/30	150	52,66	1866,0

Por el contrario, en los pozos ORC-26, ORC-27, ORC-29, ORC-30, ORC-31 y ORC-32 la distribución realizada (tabla 4.18) favoreció el control de la verticalidad

en este hoyo; siendo con la configuración de estabilizadores a 60 y 90 pies de la mecha, con la que se obtuvo el mejor control de la verticalidad.

➤ **Mechas**

Los tipos de mechas tricónicas utilizadas en los pozos ORC-18 y ORC-25, para perforar el hoyo de 17 ½ pulgadas no se usaron en los pozos ORC-26, ORC-27, ORC-29, ORC-30, ORC-31 y ORC-32 (ampliación de hoyo); debido a que las empresas fabricantes de mechas han ido mejorando los diseños de éstas, así como, los materiales implementados en su manufacturación. Además, en los pozos que no presentaron problemas de pérdida del control de la verticalidad, se aumentó la cantidad, calidad y el tamaño de los chorros; con lo cual se ha logrado una mejor limpieza de los dientes de las mechas.

➤ **Velocidad de penetración, peso sobre la mecha y velocidad de rotación**

En la tabla 4.18, se observa que las mejores velocidades de penetración promedio (ROP Prom.) son mayores a 25 pies/horas y las presentan los pozos ORC-18 (BHA 3), ORC-25 (BHA 2), ORC-27 (BHA 2), ORC-30 (BHA 2), ORC-31 (BHA 3) y ORC-32 (BHA 3 y 5). En estos ensamblajes, la velocidad de rotación utilizada estuvo sobre las 90 rpm y el peso sobre la mecha por encima de 20 Klbs. A excepción de la ROP promedio estimada en el ensamblaje de fondo número 2, utilizado en el pozo ORC- 32, en cual se utilizó un PSM entre 5 y 8 Klbs; debido a que se perforó un hoyo piloto con una mecha PDC de 8 ½ pulgadas. Y posteriormente, se amplió el hoyo de 8 ½ a 17 ½ pulgadas con el ensamblaje número 5 y mecha tricónica; con un PSM de 15 a 30 Klbs.

Es de recordar, que tanto en los ensamblajes 3 y 2 pertenecientes a los pozos ORC-18 y ORC-25, respectivamente; se obtuvieron las desviaciones reportadas en el hoyo de 17 ½ pulgadas. Por otro lado, en la figura 4.10 del pozo ORC-27, se aprecia que este pozo alcanzó valores del ángulo inclinación mayores a 3 grados. En el pozo ORC-30 se logró el mejor control de la verticalidad, obteniéndose valores de inclinación cercanas a la unidad; pero se perforaron, aproximadamente, 900 pies de este hoyo.

El pozo ORC-31 presentó el mejor rendimiento durante la perforación del hoyo de 17 ½ pulgadas, ROP promedio de 35,86 pies/horas y 2959 pies perforados (tabla 4.18), y ángulos de inclinación menores a 3 grados (figura 4.13). En el ensamblaje de fondo (número 3) utilizado en este hoyo (ver apéndices F, tabla F-7), se emplearon una mecha tricónica (número 2R, XPBO3) y una PDC (número 3, tipo S91SPX). Con la mecha 2R, se perforaron 976 pies y 1983 pies con la mecha 3.

Los resultados obtenidos para el pozo ORC-32, no se tomaron en cuenta en el hoyo de 17 ½ pulgadas, porque éste se construyó en condiciones distintas de perforación con respecto al resto de los pozos (se perforó un hoyo piloto y luego se amplió).

De acuerdo a los resultados obtenidos, en la perforación de la Formación Carapita al incrementar los valores del PSM (alrededor de 20 y 35 Klbs) y mantener, disminuir o no aumentar lo suficiente las RPM, se pierde el control de la verticalidad durante la perforación del hoyo de 17 ½ pulgadas, en los bloques San Juan 06 y San Juan 07 de Orocuál Profundo; tal como ocurrió con los pozos ORC-18 y ORC-25, y pudo haber ocurrido con los pozos ORC-26, ORC-27 y ORC-29, de no haber parado la perforación para asentar el revestidor de 13 3/8 pulgadas. Por el contrario, en los pozos ORC-30 y ORC-31 se utilizaron valores de PSM (de 18 a 25 Klbs) y velocidades de rotación por el orden de las 120 y 180 rpm; con los cuales se obtuvo un excelente control de la verticalidad.

➤ **Registros de inclinación y orientación**

En cuanto, al monitoreo de la trayectoria de los pozos se tiene que, el criterio para lanzar los registros de desviación, en los pozos ORC-26, ORC-27, ORC-29, ORC-30, ORC-31 y ORC-32 ha sido el final del hoyo de 17 ½ pulgadas. Mientras que, en los pozos ORC-18 y ORC-25 se registró la pérdida de la trayectoria, porque se lanzaron los registros de desviación al momento de sacar del pozo la sarta de perforación, para realizar cambio de mecha. Al no cumplirse con el programa de desviación, se crea incertidumbre en el conocimiento de la trayectoria real del pozo y por consiguiente, no se detectará oportunamente desplazamientos del BHA.

4.4.2 Hoyo de 12 ¼ pulgadas

4.4.2.1 Diagnóstico del Comportamiento la Inclinación en los Pozos

En los pozos ORC-26 y ORC-27, se construyó el hoyo de 12 ¼ pulgadas con ensamblajes de fondo direccionales; por lo tanto, se descartaron estos pozos del presente análisis. En las figuras 4.7, 4.13, 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18, se observa el comportamiento de la inclinación en los pozos ORC-25, ORC-31, ORC-18, ORC-29, ORC-30 y ORC-32, respectivamente, en el hoyo de 12 ¼ pulgadas.

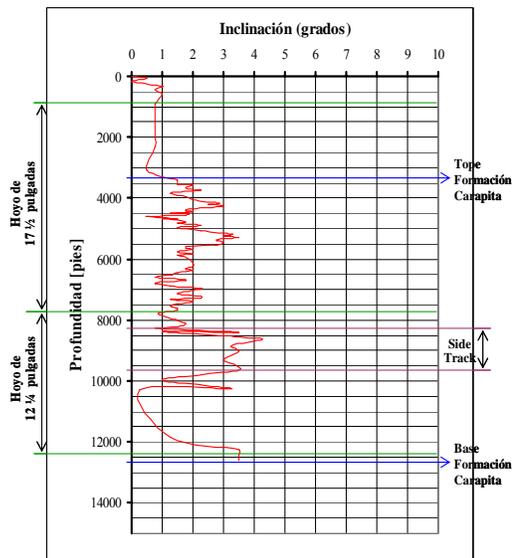


Figura 4.15. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-18, Final)

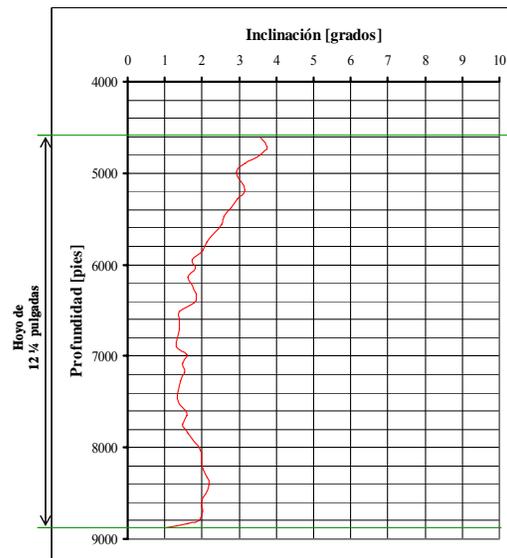


Figura 4.16. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-29)

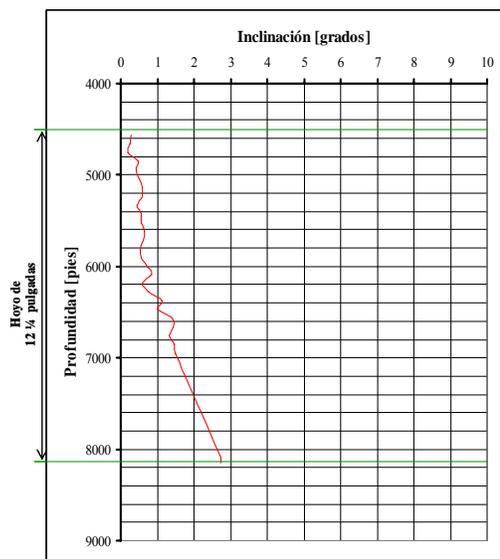


Figura 4.17. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-30)

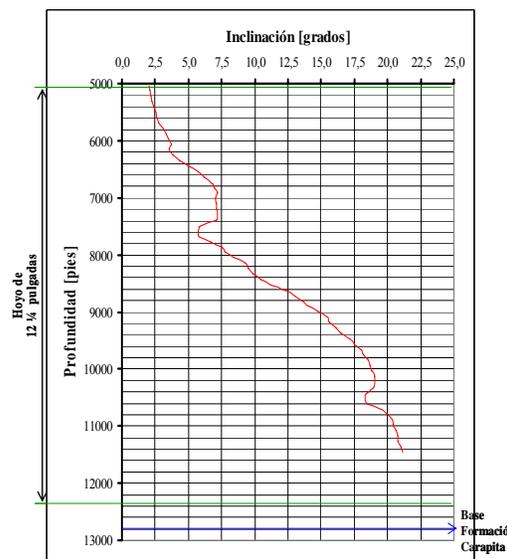


Figura 4.18. Gráfico de Profundidad vs. Inclinación (Pozo ORC-32)

De este grupo de pozos, sólo los pozos ORC-25 y ORC-32 presentaron problemas en el control de la verticalidad; siendo más significativa la problemática en el pozo ORC-32.

En los pozos ORC-29, ORC-30 y ORC-31, no se presentaron problemas en el control de la verticalidad. No obstante, mostraron una tendencia a incrementar la inclinación, pero este comportamiento no alcanzó valores significativos. Debido a que, en el pozo ORC-30 se detuvo la perforación para asentar el revestidor de 9 5/8 pulgadas. Y en los pozos ORC-29 y ORC-31, se ajustaron los parámetros de perforación (PSM y RPM) y por consiguiente, mejoró el desempeño de los ensamblajes de fondo utilizados en ambos pozos, hasta la profundidad de asentamiento del revestidor de 9 5/8 pulgadas.

En la Figura 4.15, se aprecia que en el hoyo 12 ¼ pulgadas del pozo ORC-18, se obtuvieron ángulos de inclinación mayores a 3 grados, desde 8410 pies hasta 9626 pies. Este comportamiento se debe a que se realizó un side track (con equipo direccional) desde 8270 pies hasta 8627 pies, y posterior al side track se procedió a disminuir el ángulo de inclinación (con ensamblaje pendular, apéndice F, tabla F-1, BHA 16) hasta 9955 pies, aproximadamente. El side track se efectuó, porque se dejó en el fondo del hoyo parte de la sarta de perforación (mecha a 10320 pies y tope del pez a 8799 pies), después de varios intentos por recuperarla sin éxito. Este evento fue ocasionado por pega de la sarta.

A 12532 pies de profundidad en el pozo ORC-25, se obtuvo una inclinación de 5,75° y azimut de 125°, al final del hoyo de 12 ¼ pulgadas, como consecuencia de haber elevado el peso sobre la mecha y haber disminuido la velocidad de rotación. Estas condiciones ocasionaron que el ensamblaje cambiará las condiciones de flexión y se excediera el ángulo de inclinación permisible en pozos verticales.

En la Figura 4.18, se aprecia que el pozo ORC-32 a 6400 pies aproximadamente, se había alcanzado el máximo valor permitido en el ángulo de inclinación (5 grados); y se continuó con la perforación del hoyo 12 ¼ pulgadas hasta

11468 pies, profundidad ésta a la que fue registrada la desviación. Se perforaron en este hoyo, aproximadamente 5000 pies con el pozo fuera del ángulo de inclinación permisible. Esto trajo como consecuencia, la pérdida del tiempo invertido en perforar esa sección y el incremento en los costos de construcción del pozo. Para corregir la pérdida de trayectoria, se colocó tapón de cemento y se contrató una empresa especializada en direccionamiento para culminar la perforación de la Formación Carapita.

4.4.2.2 Comparación y Análisis de las Diversas Tendencias

➤ Distribución de los estabilizadores

De las configuraciones de estabilizadores realizadas en los ensamblajes de fondo, la que garantizó el control de la verticalidad en el hoyo 12 ¼ pulgadas, fue la distribución de 60 y 90 pies de la mecha, implementada en el pozo ORC-29 (Figura 4.16). Durante la construcción de este hoyo, el ensamblaje en ningún momento presentó tendencia a incrementar la inclinación del pozo.

El ensamblaje utilizado en el Pozo ORC-29, perforó la mayor cantidad de pies (4392 pies), en comparación con los ensamblajes empleados en los pozos ORC-30 (3664 pies) y ORC-31 (480 pies); a su vez estos tres pozos fueron los que presentaron el mejor control de la verticalidad en el hoyo 12 ¼ pulgadas. No obstante, en el pozo ORC-30 se utilizaron estabilizadores a 0, 30 y 60 pies de la mecha, y en el pozo ORC-31 se usaron a 30 y 60 pies.

➤ Mechas

En la construcción del hoyo de 12 ¼ pulgadas se han utilizado mechas tricónicas y PDC. Siendo en los pozos ORC-18 y ORC-25, en los que han utilizado

mechas tricónicas y en los pozos ORC-29, ORC-30, ORC-31 y ORC-32, se han usado las PDC (tabla 4.19). El mejor control de la verticalidad lo proporcionan las mechas PDC, debido a que a través de su mecanismo de corte por cizallamiento, se requieren más RPM y menos peso sobre la mecha. Por el contrario, en las tricónicas se emplean altos PSM y bajas velocidades de rotación, motivado a la trituración como mecanismo de corte.

Tabla 4.19. Resumen de parámetros estudiados, hoyo de 12 ¼ pulgadas

Pozo	Número BHA	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA	Tipo Mecha	PSM [Klbs]	RPM	ROP Promed. [pies/hr]	Pies Perforados [BHA]
ORC-18	11	60 y 150	Pendular	Tricónica	10/15	140/220	22,54	1415,0
	12	0 (2), 10 (2), 30 y 60	Empacado	Tricónica	15/20	140/160	28,02	1784,0
	16	210	Pendular	Tricónica	20/25	120/140	39,08	2637,0
	17	210	Pendular	Tricónica	20/30	100/130	9,01	655,0
	18	210	Pendular	Tricónica	40	50/55	4,88	282,0
	19	210	Pendular	Tricónica	40	55/70	2,83	148,0
	20	210	Pendular	Tricónica	35/40	80	6,00	15,0
	21	210	Pendular	Tricónica	35/40	80	3,59	70,0
ORC-25	3	-	Normal	Tricónica	20/30	135/160	27,65	3664,0
	4	-	Normal	Tricónica	30/35	140/160	12,11	1364,0
	5	-	Normal	Tricónica	35/45	80/100	12,32	607,0
ORC-29	3	60 y 90	Pendular	PDC	10/16	150/180	62,99	4392,0
ORC-30	4	0, 30 y 60	Empacado	PDC	6/12	160/190	81,82	3664,0
ORC-31	4	30 y 60	Pendular	PDC	10/20	150	50,00	480,0
ORC-32	6, Desv.	60 y 90	Pendular	PDC	10/20	100/150	120,96	6458,0

➤ Velocidad de penetración, peso sobre la mecha y velocidad de rotación

El ensamblaje de fondo utilizado en el pozo ORC-29, presentó el mejor rendimiento

durante la perforación del hoyo de 12 ¼ pulgadas, ROP promedio de 62,99 pies/hrs y 4392 pies perforados (tabla 4.19), y ángulos de inclinación menores a 3 grados (gráfica 4.11). En el ensamblaje de fondo (número 3) utilizado en este hoyo, se empleó una mecha PDC número 3, tipo DS103HGNS (ver apéndice E, tabla E-5). No obstante, en el pozo ORC-32 se alcanzó la ROP más significativa (120,96 pies/hrs).

Los parámetros de perforación (PSM, RPM y ROP), empleados en el pozo ORC-32 llaman la atención, porque en los pozos ORC-29, ORC-30, y ORC-31 se utilizaron un PSM de 6 a 20 Klbs y una velocidad de rotación entre 150 y 190 rpm (tabla 4.19), para obtener una ROP promedio en los tres pozos de 64,94 pies por hora y un ángulo de inclinación máximo de 3° aproximadamente. Mientras que, en el ORC-32 se utilizó un PSM de 10 a 20 Klbs y velocidad de rotación entre 100 y 150 rpm (tabla 4.19), para alcanzar 120,96 pies/hr y un ángulo de inclinación máximo de 21,13 grados.

Bajo las condiciones descritas en el párrafo anterior, no existe una explicación desde el punto de vista operacional, que justifique, que en el pozo ORC-32 se haya obtenido una velocidad de penetración promedio muy superior a la alcanzada en los pozos ORC-29, ORC-30 y ORC-31, si en el pozo ORC-32 se utilizaron los parámetros de perforación dentro de los valores empleados en los otros tres pozos y se perforó a una profundidad similar. Más aún, en el pozo ORC-32 se utilizó un ensamblaje semejante al utilizado en el pozo ORC-29 (ver apéndices F, tabla F-5 (BHA 3) y tabla F-8 (BHA 6)) y se empleó una mecha PDC, al igual que en los pozos ORC-29, ORC-30 y ORC-31. Estas consideraciones llevan a pensar que en el pozo ORC-32, se utilizaron valores de PSM excesivos y RPM no adecuados, para alcanzar la ROP promedio determinada.

Por consiguiente, esas condiciones excesivas y no adecuadas justifican el porqué de la pérdida del control de la verticalidad presentada en el pozo ORC-32. En consecuencia, los valores del peso sobre la mecha y de velocidad de rotación, registrados en los reportes de sumario de operaciones de perforación y mechas e informes finales, no fueron ajustados a la realidad de las operaciones de perforación suscitadas en el taladro.

➤ **Registros de inclinación y orientación**

El monitoreo de la trayectoria en el hoyo de 12 ¼ pulgadas, se realizó lanzando los registros de desviación bajo los criterios de viaje, cambio de mecha y final de hoyo, en los pozos ORC-18, ORC-25, ORC-29, ORC-30, ORC-31 y ORC-32. Pero, estos patrones de lanzamiento no fueron constantes en los pozos estudiados (ver apéndices G).

4.4.3 Hoyos de 8 3/8 y 8 1/2 pulgadas

Generalmente, para atravesar la parte basal de la Formación Carapita y las Formaciones Areo y Los Jabillos, se perforan hoyos de 8 3/8 y 8 ½ pulgadas. Sólo en los pozos ORC-18 y ORC-25, se han perforado estos hoyos con ensamblajes de fondo convencionales (tabla 4.20).

Tabla 4.20. Resumen de parámetros estudiados, hoyos de 8 3/8 y 8 1/2 pulgadas

Pozo	Hoyo [pulg.]	Número BHA	Distribución Estabilizadores [pies]	Tipo BHA	Tipo Mecha	PSM [Klbs]	RPM	ROP Promed. [pies/hr]	Pies Perforados [BHA]
ORC-18	8 3/8	22	-	Normal	PDC	30	100	20,00	159,0
ORC-25	8 ½	8	-	Normal	PDC	25/35	65/130	3,62	260,0
		9	-	Normal	PDC	45	60	4,13	678,0
		10	-	Normal	PDC	45	60	3,20	133,0
		11	-	Normal	PDC	40	40	3,08	89,0

4.4.3.1 Diagnóstico del Comportamiento la Inclinación Observada en los Pozos

Debido a que, en los pozos ORC-18 y ORC-25 se perforaron en la Formación Carapita, aproximadamente, 200 y 1000 pies, respectivamente. No se efectuó el análisis para estas secciones de los pozos (hoyos 8 3/8 y 8 ½ pulgadas), por considerar que la información disponible no es representativa de los bloques San Juan 06 y San Juan 07.

CONCLUSIONES

- ↪ La Formación Carapita se caracteriza litológicamente por presentar una secuencia lutítica de color gris oscuro a negro, astillosa y con poco desarrollo de areniscas.
- ↪ En los bloques San Juan 06 y San Juan 07, la Formación Carapita presenta espesores desde 8894 a 10364 pies.
- ↪ La tecnología aplicada para controlar la verticalidad en los pozos estudiados, consistió en la utilización de ensamblajes de fondo convencionales.
- ↪ En general, los programas de ensamblajes de fondo no se cumplen durante la construcción de los hoyos de 17 ½ y 12 ¼ pulgadas.
- ↪ En la perforación de los hoyos de 17 ½ y 12 ¼ pulgadas, se utilizaron los tipos de mechas establecidas en el programa de perforación.
- ↪ En la perforación de los hoyos de 17 ½ y 12 ¼ pulgadas, no se cumple con los programas de monitoreo de la inclinación y dirección del pozo.
- ↪ En la perforación de la sección superior de la Formación Carapita, existe la tendencia a presentar problemas en el control de la verticalidad, como consecuencia del contraste litológico y de buzamientos existentes entre la Formación Las Piedras y La Formación Carapita.
- ↪ En la Formación Carapita, sección media e inferior, existe la tendencia a presentar problemas en el control de verticalidad, debido a los buzamientos de los estratos.
- ↪ Al colocar el primer estabilizador cerca de la mecha, entre 25 y 30 pies, no se garantiza el control de la verticalidad en el hoyo de 17 ½ pulgadas.

- ↪ Utilizando pesos sobre la mecha de 15 a 25 Klbs y velocidades de rotación entre 130 y 170 rpm, para mechas tricónicas, se garantiza el control de la verticalidad en el hoyo de 17 ½ pulgadas.
- ↪ Usando pesos sobre la mecha de 6 a 16 Klbs y velocidades de rotación por el orden de las 150 y 190 rpm, para mechas PDC, se garantiza el control de la verticalidad en el hoyo de 12 ¼ pulgadas.
- ↪ El ensamblaje de fondo que proporcionó el mejor control de la verticalidad fue el pendular, con distribución de estabilizadores a 60 y 90 pies.
- ↪ Al aumentar el peso sobre la mecha y mantener o disminuir la velocidad de rotación, simultáneamente, se propicia la pérdida del control de la verticalidad.

RECOMENDACIONES

- ↳ Realizar en futuras perforaciones corridas de registros de buzamientos en la Formación Carapita, bloques San Juan 06 y San Juan 07.
- ↳ Realizar en futuras perforaciones corridas de registros de ovalización y esfuerzos (máximos y/o mínimos), con el propósito de conocer su distribución y el efecto de los esfuerzos en la Formación Carapita, sobre las fluctuaciones de la dirección e inclinación.
- ↳ En el hoyo de 17 ½ pulgadas, tomar registros de inclinación (totco) en intervalos de 800 pies, alternando con un registro de inclinación y orientación de toma sencilla (single-shot); y un registro de tomas múltiples (multi-shot) al final del hoyo.
- ↳ En el hoyo de 12 ¼ pulgadas, tomar registros de inclinación en intervalos de 1000 pies, alternando con un registro de desviación de toma sencilla; y un registro de tomas múltiples al final del hoyo o en el KOP.
- ↳ Crear en el SIMDE carpetas de los diseños y propuestas de los pozos a perforar, y de los reportes finales de los pozos y de la unidad de seguimiento geológico operacional, que permitirán realizar seguimientos estadísticos de los pozos.
- ↳ Concientizar a las personas que elaboran los reportes para el DIMS, en que deben de formular éstos apegados a la realidad de las operaciones de perforación y que los formatos de los reportes deben ser llenados con toda la información.
- ↳ Tomar medidas que comprometan al personal en el taladro y a las empresas encargadas de suministrar y/o correr los registros de desviación, a que éstos sean corridos como se establece en el programa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baker Hughes Inteq (1997) "**Registros Direccionales**" Anaco, VENEZUELA. P.p. 27,36.
2. Blanco H. (1994) "**Aplicación de Sartas de Perforación PIN UP**" IX Congreso Latinoamericano de Perforación, Trabajos Técnicos (Tomo I). Smith Internacional (Bolivia) - PDVSA, Puerto La Cruz, VENEZUELA.
3. Caraballo C. (1994) "**Perforación Vertical en Zonas de Alto Buzamiento**" IX Congreso Latinoamericano de Perforación, Trabajos Técnicos (Tomo I). LAGOVEN,S.A. - PDVSA, Puerto La Cruz, VENEZUELA. P.p 1021-1030.
4. Carvajal E., Delgado A., Nortilva P., Ramirez R. y Rangel P. (1992) "**Información General para la Perforación de Pozos Profundos, Campo Orocual**" LAGOVEN S. A., Monagas, VENEZUELA.
5. CIED (Centro Internacional de Educación y Desarrollo). (1993) "**Perforación Direccional**" Cepet, Zulia, VENEZUELA. P.p. 3-44/3-46, 4-1/4-8, 4-9, 3-1, 3-46, 3-41, 3-43.
6. Eck-olsen J. (1995) "**Direccional Drilling**" USA.
7. Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (1999) "**Metodología de la Investigación**" Mcgraw-Hill, México, MÉXICO.

8. Mansour G. (2003) "**Evaluación Técnico-Económica de las Mechas Utilizadas en Perforación de Pozos Profundos en la Formación San Juan del Campo Orocal**". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Monagas, VENEZUELA. P.p. 11, 57-58.
9. PDVSA (1988) "**Manual de Ingeniería de Perforación**" Tomo I, VENEZUELA. P.p. 54, 34.
10. PDVSA "**Informe Técnico Post-Mortem. PIC-25**" Análisis de Desviación, VENEZUELA.
11. Rojas P. (2003) "**Factibilidad de Perforación de la Sección de 8-3/8**" con **Tecnología de Mechas Tricónicas en los Campos Torunos y Borburata de Barinas**". Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Monagas, VENEZUELA. P.p 15, 42, 41.
12. SMITH DRILLING & COMPLETIONS (1997) "**Manual de Perforación Drilco · Grant**" Smith International Inc., Texas, USA. P.p. 2, 8-9, 15-17, 105, 9-10, 12-20, 21, 21-22.
13. Tamayo M. (1999) "**EL proceso de la Investigación Científica: Fundamentos de Investigación con manual de Evaluación de Proyectos**" Limusa, México, MÉXICO.
14. Zamora M. (2003) "**Diseño Metodológico para la Optimización del Proceso de Perforación de la Formación Carapita del Campo el Furrial**". Proyecto de Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Monagas, VENEZUELA. P.p. 33-36

Consultas a Internet:

15. <http://speonline.spe.org/cgi-bin/searchform2.pl/> (26/05/2005)
16. <http://www.bakerhughes.com/inteq/Download/General/600-014.pdf> (10/08/2005)
17. <http://www.monografias.com/trabajos7/petec/petec2.shtml> (12/02/2005)
18. <http://www.monografias.com/trabajos11/pope/pope.shtml> (12/02/2005)
19. [http://www.oilfield.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish00/su
m00/p20_31.pdf](http://www.oilfield.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish00/su
m00/p20_31.pdf) (10/082005)
20. [http://www.petroleo.com/pragma/documenta/petroleo/secciones/PI/ES/MAIN/IN/
ESTUDIOS_CASO/doc_31229_HTML.html?idDocumento=31229](http://www.petroleo.com/pragma/documenta/petroleo/secciones/PI/ES/MAIN/IN/
ESTUDIOS_CASO/doc_31229_HTML.html?idDocumento=31229) (08/03/2005)

APÉNDICES

APÉNDICE A

**BASE DE DATOS DE TOPES Y ESPESORES,
BLOQUES SAN JUAN 06 Y SAN JUAN 07**

Tabla A-1. Base de Datos de Topes Estimados de las Formaciones Antes de la Perforación de los Pozos

Unidad Estratigráfica		Pozos															
		ORC-18		ORC-25		ORC-26		ORC-27		ORC-29		ORC-30		ORC-31		ORC-32	
		MD [Pies]	TVD [Pies]														
Mesa - Las piedras		Superf.	Superf.														
Carapita	Carapita	3720	3720	3976	3976	3460	3460	3708	3708	3600	3600	3700	3700	-	4044	3210	3210
	Carapita Superior	-	-	-	-	12165	11715	11920	11890	11730	11712	13717	12868	-	-	11315	11315
	Carapita Inferior	-	-	-	-	12535	12085	12267	12168	12200	12180	13917	13230	-	-	11745	11745
Areo		12940	12940	13376	13376	12925	12475	12810	12648	12680	12600	14496	13924	-	13274	12145	12145
Los Jabillos		13020	13020	-	-	13000	12250	12890	12728	12790	12760	14592	14010	-	13364	12265	12265
Caratas		13080	13080	13576	13576	13085	12635	12980	12818	12875	12850	14785	14182	-	13614	12365	12365
Vidoño		13820	13820	14446	14446	13915	13465	13791	13628	13814	13780	16029	15245	-	14314	13250	13250
San Juan		14120	14120	14696	14696	14035	13585	13951	13788	13921	13900	16215	15388	-	14444	13380	13380
San Antonio		-	-	15156	15156	-	-	-	-	14698	14620	17360	16266	-	15144	14080	14080

Tabla A-2. Base de Datos de Topes de las Formaciones Atravesadas Durante la Perforación de los Pozos

Unidad Estratigráfica		Pozos															
		ORC-18		ORC-25		ORC-26		ORC-27		ORC-29		ORC-30		ORC-31		ORC-32	
		MD [Pies]	TVD [Pies]														
Mesa - Las piedras		Superf.	Superf.														
Carapita	Carapita	3440	3440	3694	3694	3460	3460	3500	3500	3530	3530	3700	3700	3280	3280	3385	3385
	Carapita Superior	11790	11790	12846	12846	12037	11552	11982	11840	11732	11573	13420	13013	12880	12453	11996	11970
	Carapita Inferior	12150	12150	13140	13140	12476	11991	12462	12310	12263	12053	13987	13511	13572	13141	12436	12410
Areo		12608	12608	13702	13702	12870	12387	12938	12394	12706	12462	14482	13945	14080	13644	12862	12836
Los Jabillos		12768	12768	13770	13770	12960	12476	13016	12862	12796	12544	14552	14007	14142	13558	12942	12916
Caratas		12867	12867	13840	13840	13034	12550	13091	12937	12915	12666	14640	14084	14252	13812	13046	13020
Vidoño		13625	13625	14670	14670	13920	13432	14032	13874	13804	13493	15335	14679	15322	14864	13980	13953
San Juan		13920	13920	14817	14817	14840	14054	14130	13970	13890	13592	15480	14792	15440	14981	14103	14076
San Antonio		-	-	-	-	-	-	14908	14743	14670	14286	16368	15477	16236	15773	14850	14821

Tabla A-3. Espesores en TVD y MD

	Pozos							
	ORC-18	ORC-25	ORC-26	ORC-27	ORC-29	ORC-30	ORC-31	ORC-32
	Espesor [pies]							
Formación Carapita [TVD]	9168	10008	8927	8894	8932	10245	10364	9451
Carapita [TVD]	8350	9152	8092	8340	8043	9313	9173	8585
Carapita Superior [TVD]	360	294	439	470	480	498	688	440
Carapita Inferior [TVD]	458	562	396	84	409	434	503	426
Carapita Superior/Inferior [TVD]	818	856	835	554	889	932	1191	866
Fm. Carapita Perforada [TVD] (BHA Convencional)	9168	9988	2087	1000	5318	4457	3419	8238
Formación Carapita [MD]	9168	10008	9410	9438	9176	10782	10800	9477
Carapita [MD]	8350	9152	8577	8482	8202	9720	9600	8611
Carapita Superior [MD]	360	294	439	480	531	567	692	440
Carapita Inferior [MD]	458	562	394	476	443	495	508	426
Carapita Superior/Inferior [MD]	818	856	833	956	974	1062	1200	866
Fm. Carapita Perforada [MD] (BHA Convencional)	9168	10008	2090	1000	5322	4458	3420	8083

APÉNDICE B

BASE DE DATOS DE LAS MECHAS Y PARÁMETROS DE PERFORACIÓN
(Programa de Perforación)

Tabla B-1. Base de Datos de Mechas Programadas

Pozo	Hoyo [pulg.]	Diámetro Mecha [pulg.]	Tipo	Clasificación IADC	Chorros (1-6) [/32 pulg.]
ORC-25	36,00	26,00	Tricónica	-	-
	26,00	17,50	Tricónica	-	-
	26,00	26,00	Tricónica	-	-
	17,500	17,50	Tricónica	-	-
	8,50	8,50	Tricónica	-	-
			PDC	-	-
ORC-26	26,00	26,00	Tricónica	111C	16/16/16/16
	17,50	17,50	Tricónica	114C	16/16/16/14
	17,50	17,50	Tricónica	124C	16/16/16/14
	12,25	12,25	Tricónica	-	16/16/16/14
ORC-27	26,00	26,00	Tricónica	111C	15/15/15/16
	17,50	17,50	Tricónica	115-C	14/14/14
ORC-29	24,00	24,00	Tricónica	121-C	15/15/15/15
	17,50	17,50	Tricónica	115-C	-
	12,25	12,25	PDC	-	-
ORC-30	26,00	26,00	Tricónica	-	16/16/16/14
	17,50	17,50	Tricónica	-	16/16/16/14
	12,25	12,25	PDC	-	13/13/13/13/13
ORC-32	26,00	26,00	Tricónica	-	-
	17,50	8,375	Tricónica	115	-
	17,50	17,50	Tricónica	115	-
	12,25	12,25	PDC	-	-

Tabla B-2. Base de Datos de Parámetros de Perforación Programados

Pozo	Hoyo [pulg.]	Intervalo a Perforar [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]
ORC-25	26,00	200-2500	20/25	150/200	-
	17,50	2500-7500	25/40	100/140	-
	12,25	7500-13586	30/45	100/120	-
	8,50	13586-16000	35/40	50/80	-
ORC-26	26,00	70-1500	15/20	150/180	-
	17,50	1500-5500	10/20	150/180	-
	12,25	5500-5550 (Kop)	-	-	-
ORC-27	26,00	50-800	15/20	150/180	-
	17,50	800-4500	10/30	150/200	-
ORC-29	24,00	50-800	15/20	150/180	-
	17,50	800-4500	20/30	150/200	-
	12,25	4500-9000 (Kop)	10/30	100/150	-
ORC-30	26,00	60-1000	5/15	160/180	27
	17,50	1000-4500	15/25	120/160	20/30
	12,25	4500-8230 (Kop)	10/25	140/160	20/40
ORC-32	26,00	0-1000	15/25	140/180	-
	17,50	1000-5000	-	-	-
	12,25	5000-14330	-	-	-

APÉNDICE C

BASE DE DATOS DE ENSAMBLAJES DE FONDO
(Programa de Perforación)

Tabla C-1. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo Programados, Pozo ORC-25

BHA 1, Hoyo Piloto					BHA 2, Ampliar Hoyo				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	17,500 [4]		200,0	2500,0	Pendular	26,000 [1]		200,0	2500,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		17,500		Mecha	1		26	
Monel	1		7,750		Monel	1		7,750	
Portamechas	1		8,000		Portamechas	1		8,000	
Estabilizador	1 a 30'		17,500		Estabilizador	1 a 30'		26,000	
Portamechas	1		8,000		Portamechas	1		8,000	
Estabilizador	1 a 60'		17,500		Estabilizador	1 a 60'		26,000	
Portamechas	5		8,000		Portamechas	5		8,000	
Martillo	1		7,750		Martillo	1		7,750	
Portamechas	2		8,000		Portamechas	2		8,000	
Hw	12		5,000		Hw	12		5,000	
Longitud Total					Longitud Total				
BHA 3					BHA 4				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	17,500		2500,0	7500,0	Pendular	17,500		7500,0	13586,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		17,500		Mecha	1		12,250	
Monel	1		7,750		Monel	1		7,750	
Portamechas	1		8,000		Portamechas	1		8,000	
Estabilizador	1 a 30'		17,500		Estabilizador	1 a 30'		12,250	
Portamechas	1		8,000		Portamechas	1		8,000	
Estabilizador	1 a 60'		17,500		Estabilizador	1 a 60'		12,250	
Portamechas	10		8,000		Portamechas	12		8,000	
Martillo	1		7,500		Martillo	1		7,750	
Portamechas	2		8,000		Portamechas	2		8,000	
Hw	12		5,000		Hw	12		5,000	
Longitud Total					Longitud Total				
BHA 5									
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]					
Normal (Liso)	8 ½		13586,0	16000,0					
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]					
Mecha	1		8,5000						
Monel	1		6,5000						
Portamechas	21		6,250						
Martillo	1		6,500						
Portamechas	2		6,250						
Hw	12		5,000						
Longitud Total									

Tabla C-2. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo Programados, Pozo ORC-26

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	26,000		70,0	1500,0	Pendular	17,500		1500,0	5500,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		26,000		Mecha	1		17,500	
Bit Sub	1				Bit Sub	1			
Portamechas	2		9,500		Monel	1		9,500	
Estabilizador	1 a 60°		26,000		Portamechas	1		9,500	
Portamechas	1		9,500		Estabilizador	1 a 60°		17,500	
Cross Over	1				Portamechas	1		9,500	
Portamechas	3		8,000		Estabilizador	1 a 90°		17,500	
Cross Over	1				Cross Over	1		8,000	
Hw	15		5,000		Portamechas	5		8,000	
Longitud Total					Martillo	1		7,750	
					Portamechas	1		8,000	
					Cross Over	1		8,000	
					Hw	15		5,000	
					Longitud Total				

BHA 3				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	12,250		5500,0	5550,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		12,250	
Bit Sub	1			
Monel	1		9,500	
Portamechas	1		9,500	
Estabilizador	1 a 60°		12 1/8	
Portamechas	1		9,500	
Estabilizador	1 a 90°		12,125	
Cross Over	1		8,000	
Portamechas	5		8,000	
Martillo	1		7,750	
Portamechas	1		8,000	
Cross Over	1		8,000	
Hw	15		5,000	
Longitud Total				

Tabla C-3. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo Programados, Pozo ORC-27

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	26,000		50,0	200,0	Pendular	26,000		200,0	800,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		26,000		Mecha	1		26,000	
Bit Sub	1		9,500		Bit Sub	1			
Portamechas	1		9,500		Portamechas	2		9,500	
Longitud Total					Estabilizador	1 a 60'			
					Portamechas	1		9,500	
					Cross Over				
					Portamechas	3		8,000	
					Cross Over	1			
					Hw	15		5,000	
					Longitud Total				

BHA 3				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	17,500		800,0	4500,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		17,500	
Bit Sub	1			
Monel	1		9,500	
Portamechas	1		9,500	
Estabilizador	1 a 60'		17,375	
Portamechas Corto	1	(10-15)	9,500	
Estabilizador	1 a 70'		17,375	
Portamechas	3		9,500	
Cross Over	1		8,000	
Portamechas	2		8,000	
Martillo	1		7,750	
Portamechas	2		8,000	
Cross Over	1		8,000	
Portamechas	6		6,500	
Cross Over	1		6,500	
Hw	18		5,000	
Longitud Total				

Tabla C-4. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo Programados, Pozo ORC-29

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	24,000		20,0	800,0	Pendular	17,500		800,0	4500,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		24,000		Mecha	1		17,500	
Bit Sub	1				Bit Sub	1			
Portamechas	2		9,500		Monel	1		9,500	
Estabilizador	1 a 70'		24,000		Portamechas	1		9,500	
Portamechas	1		9,500		Estabilizador	1 a 74'	17,375	9,250	
Cross Over	1				Portamechas	1		9,500	
Portamechas	3		8,000		Estabilizador	1 a 110'	17,375	9,250	
Cross Over					Portamechas	2		9,500	
Hw	15		5,000		Cross Over	1		8,000	
Longitud Total					Portamechas	3	92,70	8,000	2,813
					Martillo	1		7,750	
					Portamechas	1	30,34	8,000	2,813
					Cross Over	1	2,52	7,000	2,813
					Portamechas	3	93,10	7,000	2,813
					Cross Over	1	2,20	5,000	2,813
					Hw	15	455,11	5,000	3,000
					Longitud Total				

BHA 3				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	12,250	Mantener Ángulo	4450,0	8852,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,06	12,250	0,625
Bit sub	1	2,90	9,625	2,875
Monel	1		9,500	
Portamechas	1		9,500	
Estabiliz. 12 1/8"	1 a 70'		12,125	
Portamechas	1	20,00	9,500	
Estabiliz. 12 1/8"	1 a 90'	6,07	9,625	2,813
Portamechas	1		9,500	
Cross Over	1	3,52	8,000	3,063
Portamechas	2	62,04	8,000	2,813
Martillo	1		7,750	
Portamechas	8	245,25	8,000	2,813
Cross Over	1		6,500	
Hw	18	546,09	5,000	3,000
Longitud Total				

Tabla C-5. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo Programados, Pozo ORC-30

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	26,000		60,0	1000,0	Pendular	17,500		1000,0	4500,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		26,000		Mecha	1		17,500	
Bit Sub	1				Bit Sub	1			
Portamechas	2		9,500		Monel	1		9,500	
Estabilizador	1 a 60'		26,000		Portamechas	1		9,500	
Portamechas	1		9,500		Estabilizador	1 a 60'		17,50	
Cross Over	1				Portamechas	1		9,500	
Portamechas	3		8,000		Estabilizador	1 a 90'		17,50	
Cross Over	1				Portamechas	1		9,500	
Hw	9		5,000		Cross Over	1		8,000	
Longitud	Total				Portamechas	3	92,70	8,000	2,813
					Martillo	1		7,750	
					Portamechas	1	30,34	8,000	2,813
					Portamechas	3		6,250	
					Hw	9		5,000	3,000
					Longitud	Total			

APÉNDICE D

**BASE DE DATOS DE FRECUENCIAS DE LANZAMIENTOS DE
REGISTROS DE INCLINACIÓN Y DIRECCIÓN MAGNÉTICA
(Programa de Perforación)**

Tabla D-1. Base de Datos de Registros de Desviación Programados

Pozo	Hoyo [pulg.]	Intervalo a Perforar [pies]	Registro	Frecuencia de Lanzamiento
ORC-25	17,50	2500-7500	Single Shot	Cada 300 pies
	12,25	7500-13586	Single shot	Cada 300 pies
	8,50	13586-16000	Single Shot	Cada 300 pies
ORC-26	17,50	1500-5500	Totco	Cada Cambio de Mecha
			Multi Shot	Final de Hoyo
ORC-27	17,50	800-4500	Single Shot	Cada Viaje
			Multi Shot	Final de Hoyo
ORC-29	17,50	800-4500	Single Shot	Cada Cambio de Mecha
			Multi Shot	Final de Hoyo
	12,25	4500-9000 (Kop)	Multi Shot	Profundidad para Kop
ORC-30	17,50	1000-4500	Totco	Cada Cambio de Mecha
			Multi Shot	Final de Hoyo
	12,25	4500-8230 (Kop)	Multi Shot	Profundidad para Kop
ORC-32	17,50	1000-5000 (Hoyo Piloto)	Totco	Viaje y Cada Cambio de Mecha
			Totco	Viaje y Cada Cambio de Mecha
		Gyro Multishot	Final de Hoyo	
	12,25	5000-14330	Single Shot y Multi Shot	-

APÉNDICE E

BASE DE DATOS DE LAS MECHAS Y PARÁMETROS DE PERFORACIÓN
(Historia de Perforación)

Tabla E-1. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-18

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición
1	26,000	OSC-3ª	24/24/24	576	576	36,00	16,00	- / -
2	17,500	OSC-3AJ	16/16/18	3063	2487	47,50	52,35	- / T3-B5-IG
3	17,500	OSC-3AJ	16/16/18	4763	1700	47,30	35,94	- / -
4	17,500	OSC-3AJ	18/18/16	3717	427	44,00	9,70	- / -
4R	17,500	OSC-3AJ	18/18/16	3834	472	57,00	8,28	- / -
5	17,500	OSC-3AJ	18/18/16	4243	409	53,00	7,72	- / T2-B5-IG
6	17,500	OSC-3AJ	18/18/16	4384	141	29,00	4,86	- / T2-B4-IG
7	17,500	OSC-3AJ	18/18/16	4556	172	43,00	4,00	- / T2-B5-IG
8	17,500	OSC-3AJ	18/18/16	4965	409	52,00	7,87	- / T2-B4-IG
9RR	17,500	OSC-3AJ	16/16/16	5298	333	34,50	9,65	- / T2-B4-IG
10	17,500	OSC-3AJ	16/16/16	5993	695	55,50	12,52	- / T2-B4-IG
11	17,500	OSC-3AJ	16/16/16	6378	385	41,50	9,28	- / -
12	17,500	OSC-3AJ	16/16/16	7082	704	60,00	11,73	- / T1-B4-IG
13	17,500	OSC-3AJ	16/16/16	7540	458	31,00	14,77	- / -
14	12,250	X3A	-	7628	970	14,50	67,00	- / T5-B2-IG
15	12,250	X3A	-	8950	1322	51,50	25,67	- / T2-B7-IG
16	12,250	X3A	13/13/13	10734	1784	62,50	28,54	- / -
17	12,250	X3A	-	8633	363	28,00	12,96	- / -
17R	12,250	X3A	-	9955	1322	21,00	62,95	- / T3-B4-IG
18	12,250	X3A	-	11270	1315	50,00	26,30	- / -
19	12,250	X3A	-	11685	415	29,50	14,07	- / -
20	12,250	X3A	-	11836	151	14,00	10,79	- / -
21	12,250	M44N	-	11925	89	25,50	3,49	- / -
22	12,250	J-44	-	12207	282	60,50	4,66	- / -
23	12,250	J-44	-	12355	148	54,50	2,72	- / -
24	12,250	M44N	-	12370	15	2,50	6,00	- / -
25	12,250	M44N	-	12440	70	18,50	3,78	- / -
26	8,375	SDGH	-	12609	169	11,00	15,36	- / -
27	8,375	E3	-	12824	215	36,00	5,97	- / -
28	8,375	F3	-	13015	191	33,50	5,70	- / -

Nota: la mecha 4 entró a 3290'. La mecha 4R entró a 3362'. La mecha 14 entró a 6658' y perforó cemento hasta 7540 pies. La mecha 17 entró a 8270' (realizó side track).

Tabla E-2. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-25

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición
1	26,000	R1	- - -	752	752	40,5	18,50	- / T2-B4-IG
2	26,000	R1	- - -	785	33	6,00	5,50	- / T2-B2-IG
3	17,500	S11	16/16/16	1500	721	15,00	48,10	- / T4-B4-IG
4	26,000	DS	20/20/20	1496	711	16,30	43,00	- / T4-B4-IG
5	17,500	S11	16/16/16	3440	1934	43,00	44,90	- / T6-B6-IG
6	17,500	S11	16/16/16	4086	646	32,00	20,10	- / T6-B8-IG
7	17,500	S11	16/16/16	5259	1173	37,30	31,40	- / T5-B5-IG
8	17,500	S13	15/16/16	6260	1001	59,30	16,88	- / T5-B7-IG
9	17,500	R1	15/15/16	6893	633	42,30	14,86	- / T5-B6-IG
10	12,250	SDS	15/15/16	7767	852	35,75	23,80	- / T7-B3-IG

Tabla E-2. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-25 (Continuación)

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición
11	12,250	SDS	15/15/15	9031	1264	45,00	28,00	- / T5-B6-IG
12	12,250	SDS	15/15/15	10579	1548	55,25	28,00	- / T4-B5-IG
13	12,250	SDS	16/16/16	11210	631	33,00	19,20	- / T6-B7-IG
14	12,250	SDGH	14/14/13	11721	511	38,30	13,27	- / T4-B8-1/16
15	12,250	SDGH	14/14/13	11943	222	22,75	11,75	- / T4-B2-1/16
16	12,250	F1	14/14/13	12550	607	56,00	10,80	- / T6-B4-1/8
17	8,500	X1G	15/15/14	11195	-	-	-	- / T6-B4-IG
18	8,500	X1G	14/14/14	12410	1215	35,75	34,00	- / T6-B4-IG
19	8,500	SDGH	13/13/14	12561	150	5,85	29,30	- / T5-B4-1/16
20	8,500	J-11	13/13/14	12594	33	11,30	2,90	- / T6-B2-IG
21	8,500	J-33	13/13/14	12820	226	61,75	3,70	- / T4-B7-IG
22	8,500	J-44	13/13/13	13051	231	52,25	4,40	- / T6-B2-IG
23	8,500	J-44	13/13/13	13303	252	60,25	4,20	- / T4-B5-IG
24	8,500	J-44	13/13/13	13499	196	65,00	3,00	- / T4-B7-IG
25	8,500	J-44	14/14/14	13632	132	42,30	3,10	- / T5-B6-IG
26	8,500	F-4	14/14/14	13721	89	31,25	2,84	- / T5-B4-IG
27	8,500	F-4	14/14/14	13862	141	42,25	3,34	- / T3-B5-1/16
28	8,500	SDGH	16/16/16	13862	-	-	-	-

Nota: la mecha 17 entró a 9058 pies y perforó cemento. La mecha 18 perforó cemento.

La mecha 28 repasó 322 pies.

Tabla E-3. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-26 (Fase Vertical)

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-7) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición
1	26,000	R1	16/16/16/14/14/14	1040	1040	37,00	28,11	- / -
2	17,500	MAX-GT1	15/15/15/15	5500	4460	202,00	22,10	- / -
3U	12,250	DS34HFGS	11/11/10/10/10/10/10	5550	50	4,20	11,90	- / -

Tabla E-4. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-27 (Fase Vertical)

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición
1	26,000	Y-11C	15/15/15/16	812	741	29,00	25,50	- / T1-B1-IG
2	17,500	EMS11GC	13/15/15/15	4500	3688	91,50	40,30	- / T1-B1-IG

Tabla E-5. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-29 (Fase Vertical)

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición 1-O-D-L / B-G-O-R
1	24,000	Y12CC	16/16/16/16	795	795	53,00	15,00	- / -
2	17,500	EMS11GC	14/14/14/16	4450	3655	112,00	32,63	2-2-WT-A / E-I-NO-TD
3	12,250	DS103HGNS	11/11/11/11/11/12	8852	4402	71,00	62,00	--NO-A / X-I-DP-BHA

Tabla E-6. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-30 (Fase Vertical)

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición I-O-D-L / B-G-O-R
1	26,000	S3SJ4	16/16/16/14	1010	950	27,00	35,19	1-1-NO-S / 0-I-NO-TD
2	17,500	SSD44GJ4	18/18/18	3985	2975	78,80	37,75	1-1-WT-A / F-I-TC-PR
3	17,500	S3SJ	18/18/18	4484	499,0	33,00	15,12	2-2-WT-A / F-1-NO-TD
4U	12,250	M91MSPX	14/14/14/14/14/14	8158	3674,0	52,02	70,63	10 %DESG., IG

Tabla E-7. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-31 (Fase Vertical)

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición I-O-D-L / B-G-O-R
1	26,000	S3SJ	16/16/16/14	1050	960,0	20,00	48,00	--BU-A / 0-I-NO-TD
2	17,500	XPBO3	15/15/15/13	1143	93,0	4,07	22,85	- / -
2R	17,500	XPBO3	15/15/15/13	4223	3080,0	63,20	48,73	2-1-WT-A / F-1-SS-PR
3	17,500	S91SPX	12/12/12/12/13/13	6206	1983,0	50,00	39,66	- / -
4	12,250	FM2865	15/15/15/15/15/15	6700	494,0	9,61	51,40	--WT-A / X-I-NO-BHA

Tabla E-8. Base de Datos de Mechas Utilizadas, Pozo ORC-32 (Hasta Desviación)

Mecha	Diámetro [pulg.]	Tipo	Chorros (1-6) [/32 pulg.]	MD Salida [pies]	MD Corrida [pies]	Horas	ROP [pies/hr]	Condición I-O-D-L / B-G-O-R
1	26,000	EMS11GKC	16/16/16/19	1030	1030	30,00	34,33	- / -
2	8,500	FM2565	15/15/15/15/15	5000	3985	44,00	90,57	1-0-CT-CN / -X-I-NO-TD
3	17,500	XT1GSCJ	16/16/16/14	5000	3953	61,00	64,80	1-1WT-A-F23/1-8-BV-TD
4	12,250	DS76HF+GN	15/15/15/15/15/15	11468	6468	55,50	116,54	0-0-NO-A / X-I-NO-LOG

Tabla E-9. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-18

“Primera Desviación”

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
26,000	26,000	0-110	5	140	15,71	110,0
		110-485	10/15	160	17,05	375,0
		485-576	5/15	160	13,00	91,0
17,500	17,500	586-920	15	180	62,55	334,0
		920-1283	15	180	72,60	363,0
		1283-1383	15	180	100,00	100,0
		1383-1500	15	180	117,00	117,0
		1500-1590	15	180	60,00	90,0
		1590-1770	15	180	51,03	180,0
		1770-2320	15	180	45,83	550,0
		2320-2764	15/18	180	52,24	444,0
		2764-3063	15/18	180	46,00	299,0
		3063-3155	30	180	92,00	92,0
		3155-3218	30	180	63,00	63,0
		3218-3341	30	180	82,00	123,0
		3341-3710	30	180	38,84	369,0
		3710-4731	30	180	30,22	1021,0
4731-4763	30/35	180	64,00	32,0		

Tabla E-9. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-18
(Continuación). “Corrección de la Primera Desviación”

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
17,500	17,500	3290-3526	2/10	80	10,26	236,0
		3526-3561	5/8	-	5,00	35,0
		3561-3681	5/8	-	17,14	120,0
		3681-3717	5/8	-	5,14	36,0

Tabla E-9. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-18
(Continuación). “Corrección del Encuentro con el Hoyo Viejo”

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
17,500	17,500	3423-3464	2/5	250	41,00	41,0
		3464-3526	2/5	250	24,80	62,0
		3526-3556	2/5	250	30,00	30,0
		3556-3587	2/5	250	62,00	31,0
		3587-3650	2/5	250	12,60	63,0
		3650-3711	2/5	250	11,09	61,0
		3711-3721	2/5	250	4,00	10,0
		3721-3732	2/3	250	2,75	11,0
		3732-3773	2/3	250	5,86	41,0
		3773-3803	2/3	250	2,73	30,0
		3803-3807	2/3	250	8,00	4,0
		3807-3834	2/3	250	2,57	29,0
		3834-3871	10/15	225	7,40	37,0
		3871-3896	10/15	225	8,22	25,0
		3896-3956	10/15	225	10,00	60,0
		3956-4016	10/15	225	10,91	60,0
		4016-4151	5/15	225	5,87	135,0
		4151-4171	5/7	225	5,71	20,0
		4171-4232	5/7	225	17,43	61,0
		4232-4243	5/7	225	5,50	11,0
		4243-4248	5/7	225	1,43	5,0
		4248-4292	5/6	225	4,40	44,0
		4292-4324	5/6	225	6,40	32,0
		4324-4354	5/6	225	5,45	30,0
		4354-4364	5/6	225	5,00	10,0
		4364-4384	5/6	225	6,67	20,0
		4384-4415	5/6	225	4,43	31,0
		4415-4438	5/6	225	4,60	23,0
		4438-4446	5/6	225	5,33	8,0
		4446-4476	5/6	225	4,00	30,0
		4476-4506	5/6	225	3,75	30,0
		4506-4531	5/6	225	4,55	25,0
		4531-4537	5/6	225	2,40	6,0
		4537-4556	5/6	225	3,17	19,0
4556-4573	5/6	225	5,67	17,0		
4573-4595	8/10	225	6,29	22,0		
4595-4626	12	225	12,40	31,0		
4626-4658	15	225	10,67	32,0		
4658-4687	10	225	7,25	29,0		

Tabla E-9. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-18
(Continuación). “Corrección del Encuentro con el Hoyo Viejo”

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
12,250	12,250	4687-4719	10	225	5,82	32,0
		4719-4738	10	225	7,60	19,0
		4738-4750	10	220	12,00	12,0
		4750-4780	12	220	12,00	30,0
		4780-4812	10	220	7,11	32,0
		4812-4872	12	220	8,00	60,0
		4872-4903	12	220	10,33	31,0
		4903-4920	8/10	220	6,80	17,0
		4920-4934	8	220	9,33	14,0
		4934-4965	8	220	5,64	31,0
		4965-5050	10/12	220	13,08	85,0
		5050-5086	10/12	220	7,20	36,0
		5086-5166	10/12	220	11,43	80,0
		5166-5206	8/9	220	8,00	40,0
		5206-5236	8/10	220	6,67	30,0
		5236-5298	10/12	220	9,54	62,0
		5298-5363	8/9	220	14,44	65,0
		5363-5375	8/9	220	12,00	12,0
		5375-5456	9	220	11,57	81,0
		5456-5556	9	220	33,33	100,0
		5556-5644	9	220	22,00	88,0
		5644-5705	9	220	11,09	61,0
		5705-5765	9	220	13,33	60,0
		5765-5820	9	220	18,33	55,0
		5820-5993	9	200/220	7,52	173,0
		5993-6030	9	200	9,25	37,0
		6030-6131	9	200	10,63	101,0
		6131-6214	9	200	9,76	83,0
		6214-6220	8/10	220	12,00	6,0
		6220-6318	8/10	220	9,80	98,0
		6318-6378	8/10	220	7,06	60,0
		6378-6440	8/10	220	8,86	62,0
		6440-6515	8/10	220	10,71	75,0
		6515-6530	10	220	5,00	15,0
		6530-6592	12	220	10,33	62,0
		6592-6655	15	220	18,00	63,0
		6655-6713	10/15	220	7,73	58,0
		6713-6729	10/15	220	8,00	16,0
		6729-6854	12/15	220	13,89	125,0
		6854-7082	12/15	220	15,20	228,0
7082-7326	12/15	220	16,27	244,0		
7326-7540	12/15	220	13,38	214,0		
7535-7628	10/15	140/220	11,63	93,0		
7628-7644	12	140	16,00	16,0		
7644-7695	12	140	14,57	51,0		
7695-7788	12/15	140	23,25	93,0		
7788-7910	14/15	140	40,67	122,0		
7910-8003	12/13	140	20,67	93,0		
8003-8125	12/14	140	24,40	122,0		

Tabla E-9. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-18
(Continuación). “Corrección del Encuentro con el Hoyo Viejo”

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
12,250	12,250	8125-8155	12/13	140	20,00	30,0
		8155-8217	12/13	140	24,80	62,0
		8217-8310	12/13	140	18,60	93,0
		8310-8798	12/13	140	32,53	488,0
		8798-8950	12/13	140	23,38	152,0
		8950-9041	15	140	22,75	91,0
		9041-9055	15	140	28,00	14,0
		9055-9073	15	140/150	36,00	18,0
		9073-9230	15/18	140/150	31,40	157,0
		9230-9418	18/20	140/150	31,33	188,0
		9418-9855	20	140/150	39,73	437,0
		9855-10516	18/20	140/160	28,13	661,0
		10516-10673	18/20	140/160	19,63	157,0
10673-10734	18/20	140/160	15,25	61,0		

Tabla E-9. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-18
(Continuación). “Realizado el Side Track por Tubería pegada”

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
12,250	12,250	8633-8656	25	120	46,00	23,0
		8656-8828	25	120	57,33	172,0
		8828-9100	20/25	140	54,40	272,0
		9100-9322	20	140	55,50	222,0
		9322-9511	20	140	63,00	189,0
		9511-9636	20	140	41,67	125,0
		9636-9955	20	140	42,53	319,0
		9955-10297	20	140	29,74	342,0
		10297-10424	20	140	31,75	127,0
		10424-10445	20	140	14,00	21,0
		10445-10877	20	140	29,79	432,0
		10877-11113	20	140	21,45	236,0
		11113-11270	20	140	20,93	157,0
		11270-11588	20	130	17,19	318,0
		11588-11637	20	130	12,25	49,0
		11637-11678	20	130	6,31	41,0
		11678-11686	20	125	16,00	8,0
		11686-11798	20	120	12,44	112,0
		11798-11836	20	120	8,44	38,0
		11836-11872	30	100	9,00	36,0
		11872-11900	30	100	2,07	28,0
		11900-11920	30	100	3,08	20,0
		11920-11925	30	100	3,33	5,0
		11925-11932	40	50	1,27	7,0
		11932-11962	40	50	1,94	30,0
		11962-12027	40	50	8,13	65,0
		12027-12114	40	50	5,61	87,0
12114-12166	40	50	8,00	52,0		
12166-12207	40	55	4,32	41,0		

Tabla E-9. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-18
(Continuación). “Realizado el Side Track por Tubería pegada”

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
12,250	12,250	12207-12251	40	55	4,00	44,0
		12251-12285	40	60	2,34	34,0
		12285-12339	40	70	2,70	54,0
		12339-12355	40	70	2,29	16,0
		12355-12370	35/40	80	6,00	15,0
		12370-12423	35/40	80	5,05	53,0
		12423-12440	40	80	2,13	17,0
8,375	8,375	12450-12609	30	100	20,00	159,0
		12609-12728	30	60	8,21	119,0
		12728-12757	30	60	4,14	29,0
		12757-12824	30	60	4,62	67,0
		12824-12850	30	60	4,33	26,0
		12850-12860	30	60	2,50	10,0
		12860-12916	30	60	5,89	56,0
		12916-13015	30	60	7,07	99,0

Tabla E-10. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-25

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados	
26,000	26,000	0-100	12	150	33,33	100,0	
		100-210	12	150	11,00	110,0	
		210-320	25	160	18,33	110,0	
		320-340	25	160	13,33	20,0	
		340-538	25	160	24,75	198,0	
		538-730	25	160	27,43	192,0	
		730-752	25	160	4,40	22,0	
	752-785	25	160	5,50	33,0		
	17,500		785-1506	25	180	48,07	721,0
	26,00		785-997	20	150	47,11	212,0
		997-1497	20	150	41,67	500,0	
17,500	17,500	1506-1539	20	180	33,00	33,0	
		1539-2020	20	180	41,83	481,0	
		2020-2320	20	180	40,00	300,0	
		2320-3440	20	180	50,91	1120,0	
		3440-3505	20	160	65,00	65,0	
		3505-3585	20	160	80,00	80,0	
		3585-3616	20	160	20,67	31,0	
		3616-3831	30	180	26,88	215,0	
		3831-4036	30	180	14,14	205,0	
		4036-4086	30	180	10,00	50,0	
		4086-4350	30	180	37,71	264,0	
		4350-4577	30	180	28,38	227,0	
		4577-5101	30	180	33,81	524,0	
		5101-5137	30	180	28,80	36,0	
		5137-5258	30	180	22,18	121,0	
5258-5266	20	180	8,00	8,0			
5266-5660	20	180	20,21	394,0			
		5660-5860	20	180	13,79	200,0	

**Tabla E-10. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-25
(Continuación)**

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
17,500	17,500	5860-6252	20	180	17,04	392,0
		6252-6260	20	180	8,00	8,0
		6260-6448	20	180	20,89	188,0
		6448-6551	15/20	180	17,91	103,0
		6551-6597	15/20	180	9,20	46,0
		6597-6615	15/20	180	9,00	18,0
		6615-6893	10/20	180	13,40	278,0
12,250	12,250	6915-6935	20	150	10,00	20,0
		6935-7237	30	150	22,79	302,0
		7237-7435	30	150	28,29	198,0
		7435-7767	25/30	150	23,30	332,0
		7767-8000	30	150	31,06	233,0
		8000-8194	30	150	29,85	194,0
		8194-8201	30	150	28,00	7,0
		8201-8243	30	150	21,00	42,0
		8243-8482	30	150	32,97	239,0
		8482-8588	30	150	30,26	106,0
		8588-9031	30	150	24,61	443,0
		9031-9095	30	135	32,00	64,0
		9095-9798	30	160	29,60	703,0
		9798-9821	30	140	46,00	23,0
		9821-9982	25/30	140/150	25,76	161,0
		9982-10319	30	150	26,43	337,0
		10319-10517	30	150	24,75	198,0
		10517-10579	30	150	31,00	62,0
		10579-10951	30	150	20,67	372,0
		10951-11210	30	160	17,27	259,0
		11210-11260	30	140	6,25	50,0
		11260-11393	35	140	12,09	133,0
		11393-11589	35	140	16,33	196,0
		11589-11681	35	140	12,27	92,0
		11681-11721	35	140	8,00	40,0
		11721-11912	35	140	11,75	191,0
		11912-11943	35	140	4,37	31,0
		11943-11955	35	80	4,80	12,0
		11955-12248	45	100	12,74	293,0
		12248-12440	45	100	9,72	192,0
12440-12446	45	100	24,00	6,0		
12446-12464	45	100	18,00	18,0		
12464-12484	45	100	8,00	20,0		
12484-12535	45	100	11,33	51,0		
12535-12550	45	100	10,00	15,0		
8,500	8,500	12561-12565	30	100	4,00	4,0
		12565-12594	25/30	130	2,76	29,0
		12594-12625	35	65/70	3,88	31,0
		12625-12627	35	70	4,00	2,0
		12627-12691	35	70	4,00	64,0
		12691-12697	35	70	3,43	6,0
		12697-12785	35	70	3,83	88,0

**Tabla E-10. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-25
(Continuación)**

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
8,500	8,500	12785-12820	35	70	3,04	35,0
		12820-12904	40/45	60	5,25	84,0
		12904-12964	45	60	3,43	60,0
		12964-12985	45	60	5,25	21,0
		12985-13051	40/45	50	4,47	66,0
		13051-13080	45	60	6,11	29,0
		13080-13135	45	60	4,40	55,0
		13135-13173	45	60	4,11	38,0
		13173-13268	45	60	4,13	95,0
		13268-13303	45	60	3,26	35,0
		13303-13373	45	60	3,41	70,0
		13373-13441	45	60	2,96	68,0
		13441-13499	45	60	2,83	58,0
		13499-13531	45	60	2,98	32,0
		13531-13550	45	60	3,80	19,0
		13550-13581	45	60	3,88	31,0
		13581-13614	45	60	3,00	33,0
		13614-13632	45	60	2,32	18,0
		13632-13638	40	42	4,00	6,0
		13638-13654	40	42	2,21	16,0
13654-13670	40	42	3,20	16,0		
13670-13721	40	40	2,91	51,0		
13721-13760	40	40	3,25	39,0		
13760-13832	40	40	3,13	72,0		
13832-13862	40	40	4,80	30,0		

Tabla E-11. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-26

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
26,000	26,00	0-200	2/8	180	15,68	200,0
		200-300	8/12	180	20,00	100,0
		300-340	15/20	180	20,00	40,0
		340-821	15/20	180	45,00	481,0
		821-1040	15/20	180	33,69	219,0
17,500	17,500	1086-1307	10/20	130	73,67	221,0
		1307-1655	25	140	31,64	348,0
		1655-2380	20	135	31,52	725,0
		2380-2437	25	140	14,25	57,0
		2437-3100	20/25	135	37,89	663,0
		3100-3177	15/20	130	51,30	77,0
		3177-3250	15/20	130	24,33	73,0
		3250-3720	25	130	30,32	470,0
		3720-4270	20/25	136	22,90	550,0
		4270-4423	20/25	130	19,13	153,0
		4423-4812	25	118	16,20	389,0
		4812-5015	25	130	15,03	203,0
		5015-5052	21	140	18,50	37,0
5052-5116	25	130	14,20	64,0		

**Tabla E-11. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-26
(Continuación)**

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
17,500	17,500	5116-5444	25	130	14,26	328,0
		5444-5500	25	130	10,18	56,0
12,250	12,250	5500-5510	8/12	80	10,00	10,0
		5510-5550	10/14	110	26,67	40,0

Tabla E-12. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-27

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
26,000	26,000	71-332	2/10	60/180	16,30	261,0
		332-545	5/10	150/180	42,60	213,0
		545-596	5/10	150/180	51,00	51,0
		596-656	5/10	150/180	30,00	60,0
		656-812	5/10	180	31,20	156,0
17,500	17,500	837-947	10/15	116	36,60	110,0
		947-1176	25	130	76,33	229,0
		1176-1792	25	150	53,57	616,0
		1792-1985	25	165	42,89	193,0
		1985-2005	25	165	40,00	20,0
		2005-2919	25	165	55,39	914,0
		2919-3278	25	180	71,80	359,0
		3278-3282	30	170	8,00	4,0
		3282-3650	30	176	52,57	368,0
		3650-3806	30	176	31,20	156,0
		3806-3921	30	140/170	20,91	115,0
		3921-3946	30	140	12,50	25,0
		3946-3972	30	96	26,00	26,0
		3972-4140	30	96/140	17,68	168,0
		4140-4500	20/30	100/140	20,57	350,0

Tabla E-13. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-29

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
24,000	24,000	71-530	15	180	21,35	459,0
		530-795	15	180	48,18	265,0
17,500	17,500	805-1330	12/14	120/140	44,58	525,0
		1330-1425	12/14	130/140	31,67	95,0
		1425-2182	18/20	140/160	37,85	757,0
		2182-2972	18/20	150	46,47	790,0
		2972-3410	18/20	150	39,82	438,0
		3410-3670	10/12	170	21,67	260,0
		3670-4220	20/30	100/160	23,91	550,0
		4220-4325	25/30	170	19,09	105,0
		4325-4370	30	170	18,00	45,0
12,250	12,250	4370-4450	25/30	170	16,00	80,0
		4460-4942	10/15	150/170	53,56	482,0
		4942-5623	10/16	150/170	59,22	681,0

**Tabla E-13. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-29
(Continuación)**

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
12,250	12,250	5623-6308	10/16	150/170	62,27	685,0
		6308-6503	10/16	150/170	65,00	195,0
		6503-6600	10/16	150/170	64,67	97,0
		6600-6915	10/16	170	70,00	315,0
		6915-7814	12/16	150/170	62,00	899,0
		7814-7869	12/16	150/170	55,00	55,0
		7869-8365	12/16	150/170	58,35	496,0
		8365-8439	12/16	180	74,00	74,0
8439-8852	12/16	180	68,83	413,0		

Tabla E-14. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-30

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
26,000	26,000	60-120	10/12	80	17,14	60,0
		120-200	10/15	80/160	22,86	80,0
		200-240	10/15	80/160	20,00	40,0
		240-560	15	160	53,33	320,0
		560-1010	15/20	150	37,50	450,0
17,500	17,500	1020-1340	15/20	160	26,67	320,0
		1340-1440	15/20	160	50,00	100,0
		1440-1540	20/25	160	50,00	100,0
		1540-1765	20/25	160	50,00	225,0
		1765-2765	20/25	170	43,48	1000,0
		2765-3362	20/22	170	51,42	597,0
		3562-3582	20/22	170	20,00	20,0
		3582-3750	20/22	170	37,33	168,0
		3750-3985	20/23	130/180	12,70	235,0
		3985-4103	18/24	140/180	14,75	118,0
12,250	12,250	4103-4463	20/22	120/180	15,65	360,0
		4463-4484	20/22	120/130	10,50	21,0
		4494-6082	6/12	190	79,40	1588,0
		6082-6980	8/12	180	78,09	898,0
		6980-7320	10/12	170	97,14	340,0
		7320-8158	8/10	160	69,83	838,0

Tabla E-15. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-31

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
26,000	26,000	90-170	15/20	120	14,55	80,0
		170-240	15/20	160	20,00	70,0
		240-480	15/25	160	80,00	240,0
		480-500	15/25	160	40,00	20,0
		500-1050	15/25	160	78,57	550,0
17,500	17,500	1060-1120	15/25	140	23,33	60,0
		1120-1143	20/25	140/160	23,00	23,0
		1143-1869	20/25	140/160	55,85	726,0

**Tabla E-15. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-31
(Continuación)**

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
17,500	17,500	1869-3247	20/25	140/160	58,64	1378,0
		3247-3965	20/25	140/160	31,22	718,0
		3965-4223	20/25	140/160	19,85	258,0
		4223-4507	10/25	120	51,64	284,0
		4507-4763	10/25	120/140	32,00	256,0
		4763-5535	10/25	120/140	40,63	772,0
		5535-5666	10/25	120/140	43,67	131,0
		5666-6100	10/15	130	41,33	434,0
12,250	12,250	6100-6206	10/15	130	26,50	106,0
		6220-6605	16/20	150	55,00	385,0
		6605-6655	16/20	150	50,00	50,0
		6655-6700	16/20	150	45,00	45,0

Tabla E-16. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-32

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados	
26,000	26,000	0-70	15/20	180	28,00	70,0	
		70-196	15/20	180	14,82	126,0	
		196-349	15/20	180	30,60	153,0	
		349-479	15/20	180	43,33	130,0	
		479-696	15/20	180	217,00	217,0	
		696-728	15/20	180	32,00	32,0	
		728-819	15/20	180	36,40	91,0	
		819-967	15/20	180	32,89	148,0	
17,500	8,500	967-1030	15/20	180	30,00	63,0	
		1040-3060	0/5	160	109,19	2020,0	
		3060-3150	5	160	60,00	90,0	
		3150-3560	5	160	63,08	410,0	
	17,500	17,500	3560-4663	5/8	160	100,27	1103,0
			4663-5000	5/8	160	61,27	337,0
			1047-1390	0/3	160/120	85,75	343,0
			1390-1928	5/8	120	67,25	538,0
			1928-1977	5/8	120	49,00	49,0
			1977-2200	10/15	150	74,33	223,0
			2200-3134	10/15	150	84,91	934,0
			3134-3564	15/20	150	53,75	430,0
			3564-3780	15/20	150	43,20	216,0
			3780-4167	25/30	150	55,29	387,0
12,250	12,250	4167-4900	25/30	150	61,08	733,0	
		4900-5000	25/30	150	50,00	100,0	
		5010-5137	15/20	100/130	21,17	127,0	
		5137-6088	10/20	120/140	135,86	951,0	
		6088-6932	10/20	120/140	187,50	844,0	
12,250	12,250	6932-7467	10/15	100	89,17	535,0	
		7467-8161	15/20	140	115,67	694,0	

Tabla E-16. Base de Datos de Parámetros de Perforación Utilizados, Pozo ORC-32

(Continuación)

Hoyo [pulg.]	Mecha [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	PSM [Klbs]	RPM	ROP [pies/hr]	Pies Perforados
12,250	12,250	8161-8610	15/20	140	128,29	449,0
		8610-9175	15/20	140	141,25	565,0
		9175-10080	15/20	140	113,13	905,0
		10080-10805	15/20	140	145,00	725,0
		10805-11468	15/20	130/150	132,60	663,0

APÉNDICE F

**BASE DE DATOS DE ENSAMBLAJES DE FONDO
(Historia de Perforación)**

Tabla F-1. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-18 (Continuación)

BHA 5					BHA 6				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular Empacado	4R	Mantener Ángulo	3362,0	3834,0	Empacado	5	Mantener Ángulo	3834,0	4243,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,45	17,500		Mecha	1	1,40	17,500	
Bit Sub	1	2,00			Bit Sub	1	2,00		
Portamechas	2	60,00			Portamechas Corto	1	8,00		
Estabilizador	1 a 60'	6,20	17,500		Estabilizador	1 a 8'	5,32	17,500	
Portamechas	1	30,00			Cross Over	1	3,00		
Estabilizador	1 a 90'	6,20	17,500		Estabilizador	1 a 11'	5,32	17,500	
Portamechas	2	60,00			Portamechas	1	9,00		
Estabilizador	1 a 150'	6,70	17,500		Estabilizador	1 a 20'	5,37	17,500	
Portamechas	10	300,00			Portamechas Corto	1	5,00		
Portamechas Corto	1	5,00			Estabilizador	1 a 25'	5,37	17,500	
Estabilizador	1 a 455'	6,70	17,500		Portamechas	1	30,00		
Martillo	1	31,27			Estabilizador	1 a 55'	5,65	17,500	
Portamechas	3	90,00			Portamechas	1	30,00		
Hw	9	275,00			Portamechas Corto	1	10,00		
Longitud	Total	880,52			Estabilizador	1 a 95'	5,65	17,500	
					Portamechas	12	360,00		
					Martillo	1	31,27		
					Portamechas	3	90,00		
					Hw	9	275,00		
					Longitud	Total	887,35		

Tabla F-1. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-18 (Continuación)

BHA 7					BHA 8				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular Empacado	6,7	Mantener Ángulo	4243,0	4556,0	Empacado	8, 9RR	Mantener Ángulo	4556,0	5298,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,40	17,500		Mecha	1	1,40	17,500	
Bit Sub	1	2,00			Bit Sub	1	2,00		
Portamechas	2	60,00			Cross Over	1	4,00		
Estabilizador	1 a 60'	5,32	17,500		Estabilizador	1 a 4'	5,32	17,500	
Portamechas	1	30,00			Cross Over	1	4,00		
Estabilizador	1 a 90'	5,32	17,500		Estabilizador	1 a 8'	5,32	17,500	
Portamechas	2	60,00			Portamechas Corto	1	12,00		
Estabilizador	1 a 150'	5,65	17,500		Estabilizador	1 a 20'	6,70	17,500	
Portamechas	9	270,00			Portamechas Corto	1	5,00		
Portamechas Corto	1	5,00			Estabilizador	1 a 25'	6,70	17,500	
Estabilizador	1 a 425'	6,15	17,500		Portamechas	1	30,00		
Martillo	1	31,27			Portamechas Corto	1	15,00		
Portamechas	3	90,00			Estabilizador	1 a 60'	7,06	17,500	
Cross Over	1	1,90			Portamechas	1	30,00		
Hw	9	275,00			Estabilizador	1 a 90'	7,06	17,500	
Longitud Total		849,00			Portamechas	2	60,00		
					Estabilizador	1 a 150'	7,26	17,500	
					Portamechas	9	270,00		
					Martillo	1	31,27		
					Portamechas	3	90,00		
					Cross Over	1	1,90		
					Hw	9	275,00		
					Longitud Total	Total	877,00		

Tabla F-1. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-18 (Continuación)

BHA 9					BHA 10				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	10, 11	Mantener Ángulo	5298,0	6378,0	Pendular	12, 13	Mantener Ángulo	6378,0	7540,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,40	17,500		Mecha	1	1,40	17,500	
Bit Sub	1	2,00			Bit Sub	1	2,00		
Portamechas	2	60,00			Portamechas	2	60,00		
Estabilizador	1 a 60'	7,26	17,500		Estabilizador	1 a 60'	5,65	17,500	
Portamechas	3	90,00			Portamechas	3	90,00		
Estabilizador	1 a 150'	7,26	17,500		Estabilizador	1 a 150'	7,26	17,500	
Portamechas	10	300,00			Portamechas	9	90,00		
Portamechas Corto	1	10,00			Estabilizador	1 a 420'	7,26	17,500	
Martillo	1	31,27			Portamechas	7	210,00		
Portamechas	3	90,00			Portamechas Corto	1	10,00		
Cross Over	1	1,90			Martillo	1	31,27		
Hw	9	275,00			Portamechas	3	90,00		
Longitud Total		876,00			Cross Over	1	1,90		
					Hw	9	275,00		
					Longitud Total		881,74		
BHA 11, Cemento dentro del Revestidor 13 3/8"					BHA 12				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	14, 15	Mantener Ángulo	6658,0	8950,0	Empacado	16	Mantener Ángulo	8950,0	10734,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [Pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,20	12,250		Mecha	1	1,20	12,250	
Bit Sub	1	2,90			Bit Sub	1	2,90		
Portamechas	2	60,00			Estabilizador	2 a 0'	12,00	12,250	
Estabilizador	1 a 60'	7,13	12,250		Portamechas Corto	1	10,00	8,000	
Portamechas	3	90,00			Estabilizador	2 a 10'	12,20	12,250	
Estabilizador	1 a 150'	7,13	12,250		Portamechas Corto	2	20,00	8,000	
Portamechas	10	300,00	8,000		Estabilizador	1 a 30'	7,13	12,250	
Portamechas Corto	1	10,00			Portamechas	1	30,00	8,000	
Martillo	1	33,15	7,750		Estabilizador	1 a 60'	7,13	12,250	
Portamechas	3	90,00	8,000		Portamechas	12	360,00	8,000	
Cross Over	1	2,15			Martillo	1	33,15	7,750	
Hw	9	275,00			Portamechas	3	90,00	8,000	
Longitud Total		878,66			Double Short Straighteners	2	30,00	8,000	
					Cross Over	1	2,15		
					Hw	9	275,00		
					Longitud Total		918,96		

Tabla F-1. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-18 (Continuación)

BHA 16, Tubería Pegada, Side Track					BHA 17				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	17R, 18	Mantener Ángulo	8633,0	11270,0	Pendular	19, 20, 21	Mantener Ángulo	11270,0	11925,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,20	12,250		Mecha	1	1,20	12,250	
Bit Sub	1	2,90			Bit Sub	1	2,90		
Portamechas	7	210,00	8,000		Portamechas	7	210,00	8,000	
Estabilizador	1 a 210'	7,13	12,250		Estabilizador	1 a 210'	7,13	12,250	
Martillo	1	34,80	7,750		Martillo	1	34,80	7,750	
Portamechas	3	90,00	8,000		Portamechas	3	90,00	8,000	
Cross Over	1	2,15			Cross Over	1	3,16		
Hw	3	92,00			Hw	3	92,00		
Longitud Total		440,18			Longitud Total		441,19		
BHA 18					BHA 19				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	22	Mantener Ángulo	11925,0	12207,0	Pendular	23	Mantener Ángulo	12207,0	12355,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,20	12,250		Mecha	1	1,20	12,250	
Bit Sub	1	2,90			Bit Sub	1	2,90		
Portamechas	7	210,00	8,000		Portamechas	7	210,00	8,000	
Estabilizador	1 a 210'	7,13	12,250		Estabilizador	1 a 210'	7,13	12,250	
Portamechas	2	60,00			Portamechas	2	60,00		
Martillo	1	34,80	7,750		Martillo	1	34,80	7,750	
Portamechas	3	90,00	8,000		Portamechas	3	90,00	8,000	
Cross Over	1	3,52			Cross Over	1	3,16		
Hw	3	92,00			Hw	3	92,00		
Longitud Total		501,55			Longitud Total		501,19		

Nota: debido a que, en el pozo (ORC-18) se quedó parte de la sarta de perforación, se realizó un side track para continuar la construcción de dicho pozo. En vista que, se utilizaron ensamblajes direccionales (BHA # 13, 14, y 15) para lograr desviar el pozo, estos no se colocaron en la presente BASE DE DATOS; porque no son de interés para la realización de ésta investigación.

Tabla F-1. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-18 (Continuación)

BHA 20					BHA 21				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	24	Mantener Ángulo	12355,0	12370,0	Pendular	25	Mantener Ángulo	12370,0	12440,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,20	12,250		Mecha	1	1,20	12,250	
Cesta	1	4,17			Bit Sub	1	2,90		
Portamechas	7	210,00	8,000		Portamechas	7	210,00	8,000	
Estabilizador	1 a 210'	7,13	12,250		Estabilizador	1 a 210'	7,13	12,250	
Portamechas	2	60,00			Portamechas	2	60,00		
Martillo	1	34,80	7,750		Martillo	1	34,80	7,750	
Portamechas	3	90,00	8,000		Portamechas	3	90,00	8,000	
Cross Over	1	3,16			Cross Over	1	3,16		
Hw	3	92,00			Hw	3	92,00		
Longitud Total		502,46			Longitud Total		501,19		

BHA 22, Hoyo 8 3/8"				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	26	Mantener Ángulo	12440,0	12609,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,04	8,375	
Bit Sub	1	4,02		
Portamechas	18	540,00	6,250	
Cross Over	1	3,79		
Martillo	1	35,10		
Cross Over	1	4,05		
Portamechas	3	90,00	6,250	
Hw	3	92,00		
Longitud Total		770,00		

Tabla F-2. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-25

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	1, 2, 3, 4	Mantener Ángulo	0	1506,0	Pendular	5,6,7,8,9	Mantener Ángulo	1506,0	6893,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,75	26,000		Mecha	1	1,75	17,500	
Cross Over	1	2,00			Cross Over	1	2,00		
Portamechas		60,13	7,875		Monel	1	29,10		
Cross Over	1	2,00			Estabilizador	1 a 30'	6,70		
Estabilizador	1 a 60'	5,95			Portamechas	1	30,22	8,000	
Cross Over	1	2,30			Estabilizador	1 a 60'	6,15		
Portamechas		177,00	8,000		Portamechas		326,89	8,000	
Martillo	1	35,10			Martillo	1	35,10		
Portamechas		59,81	8,000		Portamechas		59,81	8,000	
Cross Over	1	2,00			Cross Over	1	1,90		
Hw		420,99	5,000		Hw		361,13	5,000	
Longitud Total		729,23			Longitud Total		860,75		
BHA 3					BHA 4				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	10,11,12	Mantener Ángulo	6893,0	10579,0	Normal (Liso)	13, 14, 15	Mantener Ángulo	10579,0	11943,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,75	12,250		Mecha	1	1,75	12,250	
Cross Over	1	2,00			Cross Over	1	3,00		
Monel	1	29,10			Monel	1	29,10		
Portamechas		357,11	8,000		Portamechas		357,11	8,000	
Martillo	1	35,10			Martillo	1	34,80		
Portamechas		59,81	8,000		Portamechas		59,81	8,000	
Cross Over	1	1,90			Cross Over	1	1,90		
Hw		361,13	5,000		Hw		361,13	5,000	
Longitud Total		848,90			Longitud Total		848,68		

Tabla F-2. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-25 (Continuación)

BHA 5					BHA 6, Cemento dentro del Revestidor 13 3/8"				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	16	Mantener Ángulo	11943,0	12550,0	Normal (Liso)	17	Mantener Ángulo	9073,0	11195,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,75	12,250		Mecha	1	0,75	8,500	
Cross Over	1	3,00			Cross Over	1	2,98		
Monel	1	29,10			Portamechas		464,09	6,250	
Portamechas		445,80	8,000		Martillo	1	33,04		
Martillo	1	34,80			Portamechas		61,19	6,250	
Portamechas		59,81	8,000		Hw		180,23	5,000	
Cross Over	1	1,90			Longitud Total		744,43		
Hw		361,13	5,000						
Longitud Total		937,29							
BHA 7, Cemento dentro del Revestidor 13 3/8"					BHA 8				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	18, 19	Mantener Ángulo	11195,0	12561,0	Normal (Liso)	20, 21	Mantener Ángulo	12561,0	12821,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	0,75	8,500		Mecha	1	0,75	8,500	
Cross Over	1	2,98			Cross Over	1	2,98		
Portamechas		556,84	6,250		Portamechas		586,06	6,250	
Martillo	1	33,04			Monel	1	29,12		
Portamechas		61,19	6,250		Martillo	1	33,04		
Cross Over	1	2,15			Portamechas		61,19	6,250	
Hw		180,23	5,000		Cross Over	1	2,15		
Longitud Total		837,61			Hw		180,23	5,000	
					Longitud Total		895,52		

Nota: en el pozo ORC-25 se quedaron 248 barriles (\pm 3388 pies) de cemento, durante la cementación del revestidor 9 5/8 pulgadas con tope a 9058 pies. Para corregir la problemática suscitada, se utilizaron los ensamblajes de fondo convencionales números 6 y 7.

Tabla F-2. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-25 (Continuación)

BHA 9					BHA 10				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	22, 23, 24	Mantener Ángulo	12821,0	13499,0	Normal (Liso)	25	Mantener Ángulo	13499,0	13632,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	0,75	8,500		Mecha	1	0,75	8,500	
Cross Over	1	2,98			Cross Over	1	4,00		
Monel	1	29,12			Portamechas		794,81	6,250	
Portamechas		770,25	6,250		Martillo	1	33,21		
Martillo	1	33,04			Portamechas		62,24	6,250	
Portamechas		61,19	6,250		Cross Over	1	2,15		
Cross Over	1	2,15			Hw		180,23	5,000	
Hw		180,23	5,000		Longitud Total		1077,39		
Longitud Total		895,52							

BHA 11					BHA 12, Repasó 322 pies				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	26, 27	Mantener Ángulo	13632,0	13861,0	Normal (Liso)	28	Mantener Ángulo	13540,0	13862,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	0,75	8,500		Mecha	1	0,75	8,500	
Cross Over	1	4,00			Cross Over	1	4,00		
Monel	1	29,12			Portamechas		367,40	6,250	
Portamechas		765,42	6,250		Martillo	1	33,21		
Martillo	1	33,21			Portamechas		62,24	6,250	
Portamechas		62,24	6,250		Hw		180,23	5,000	
Cross Over	1	2,15			Longitud Total		647,22		
Hw		180,23	5,000						
Longitud Total		1077,22							

Tabla F-3. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-26

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	1	Mantener Ángulo	70,00	1040,0	Pendular	2	Mantener Ángulo	1040,0	5500,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		26,000		Mecha	1	1,40	17,500	
Cross Over	1				Bit sub	1	4,11	9,500	3,000
Portamechas	2		9,500	3,000	Monel	1	27,72	9,500	3,000
Estabilizador	1 a 60'	26			Portamechas	1	29,03	9,500	3,000
Portamechas	1		9,500	3,000	Estabilizador	1 a 60'	5,65	9,500	3,000
Cross Over	1				Portamechas Corto	1	13,02	9,500	3,000
Portamechas	3		8,500	3,000	Estabilizador	1 a 70'	5,94	9,500	3,000
Hw	15		5,000	3,000	Portamechas	2	59,38	9,500	3,000
Longitud	Total				Cross Over	1	3,58	9,500	3,000
					Portamechas	5	147,41	8,500	2,875
					Martillo	1	33,15	7,625	2,812
					Portamechas	1	30,85	8,500	2,875
					Cross Over	1	3,16	8,500	2,875
					Hw	15	459,87	5,000	3,250
					Longitud	Total	824,27		

BHA 3				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	3U	Mantener Ángulo	5500,0	5550,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,00	12,250	
Bit sub	1	3,03	8,500	3,000
Portamechas	2	57,8	8,500	2,875
Portamechas	5	147,41	8,500	2,875
Martillo	1	33,15	7,625	2,812
Portamechas	1	30,85	8,500	2,875
Cross Over	1	3,160	8,500	2,875
Hw	15	459,87	5,000	3,250
Longitud	Total	736,27		

Tabla F-4. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-27

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	1	Mantener Ángulo	71,0	812,0	Pendular	2	Mantener Ángulo	812,0	4500,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	2,05	26,000		Mecha	1	1,40	17,500	3,000
Bit sub	1	3,90	9,625	3,500	Bit sub	1	3,90	9,500	3,000
Portamechas	2	58,49	9,625	3,500	Monel	1	30,08	9,500	3,000
Estabilizador	1 a 60'	8,98	26,000	3,500	Portamechas	1	30,71	9,500	3,000
Portamechas	1	29,86	9,625	3,500	Estabilizador	1 a 60'	5,37	9,500	3,000
Cross Over	1	2,90	8,000	2,875	Monel Corto	1	9,55	9,500	3,000
Portamechas	3	93,08	8,000	2,875	Estabilizador	1 a 70'	5,36	9,500	3,000
Cross Over	1	2,88	6,750	2,875	Portamechas	3	88,35	9,500	3,000
Hw	15	454,82	5,000	2,875	Cross Over	1	2,90	9,500	3,000
Longitud	Total	656,96			Portamechas	2	62,02	8,000	2,813
					Martillo	1	31,81	7,750	2,813
					Portamechas	2	62,06	8,000	2,813
					Cross Over	1	2,61	7,000	2,813
					Portamechas	5	155,27	7,000	2,813
					Cross Over	1	1,95	6,750	2,813
					Hw	18	546,11	5,000	3,000
					Longitud	Total	1039,45		

Tabla F-5. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-29

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	1	Mantener Ángulo	71,0	795,0	Pendular	2	Mantener Ángulo	795,0	4450,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	2,00	24,000		Mecha	1	1,45	17,500	0,625
Bit sub	1	3,90	9,500	3,000	Bit sub	1	3,90	9,625	3,063
Portamechas	2	60,59	9,500	3,000	Monel	1	30,07	9,625	3,063
Estabilizador	1 a 60'	8,84	9,500	3,000	Portamechas	1	31,00	9,625	3,063
Portamechas	1	29,91	9,500	3,000	Estabilizador	1 a 60'	6,17	9,625	3,000
Cross Over	1	3,52	8,000	2,875	Portamechas	1	31,00	9,625	3,000
Portamechas	3	92,70	8,000	2,875	Estabilizador	1 a 90'	5,32	9,625	2,813
Cross Over	1	2,89	7,625	2,875	Portamechas	2	59,53	9,625	3,063
Hw	15	455,11	5,000	4,500	Cross Over	1	3,52	8,000	3,063
Longitud Total		659,46			Portamechas	3	92,70	8,000	2,813
					Martillo	1	31,27	7,625	3,000
					Portamechas	1	30,34	8,000	2,813
					Cross Over	1	2,52	7,000	2,813
					Portamechas	3	93,10	7,000	2,813
					Cross Over	1	2,20	6,750	2,813
					Hw	15	455,11	5,000	3,000
					Longitud Total		879,20		

BHA 3				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	3	Mantener Ángulo	4450,0	8852,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,06	12,250	0,625
Bit sub	1	2,90	9,625	2,875
Monel	1	30,07	9,625	3,063
Portamechas	1	31,00	9,625	3,063
Estabilizador	1 a 60'	6,10	9,625	2,813
Portamechas	1	29,91	9,625	3,000
Estabiliz. 12 1/8"	1 a 90'	6,07	9,625	2,813
Portamechas	1	29,62	9,625	3,063
Cross Over	1	3,52	8,000	3,063
Portamechas	2	62,04	8,000	2,813
Martillo	1	32,97	7,625	3,000
Portamechas	8	245,25	8,000	2,813
Cross Over	1	2,89	6,750	2,813
Hw	18	546,09	5,000	3,000
Longitud Total		1029,49		

Tabla F-7. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-31

BHA 1					BHA 2				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	1	Mantener	90,0	1050,0	Normal (Liso)	2	Mantener	1050,0	1143,0
		Verticalidad					Verticalidad		
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	2,00	26,000		Mecha	1	1,40	17,500	
Bit sub	1	3,97	9,000	3,000	Bit sub	1	3,97	9,000	3,000
Portamechas	2	59,11	9,500	3,000	Monel	1	30,08	9,500	2,813
Estabilizador	1 a 60'	7,50	9,500	3,000	Portamechas	1	29,56	9,500	3,000
Portamechas	1	28,17	9,500	3,000	Portamechas	1	30,14	9,500	3,000
Cross Over	1	3,58	8,000	3,000	Portamechas	2	57,62	9,500	3,000
Portamechas	3	89,73	8,000	3,000	Cross Over	1	3,58	8,000	3,000
Cross Over	1	4,07	8,000	3,000	Portamechas	3	89,73	8,000	2,813
Hw	9	270,00	5,000	3,000	Cross Over	1	4,07	8,000	2,813
Longitud Total		468,13			Spiral Hw	15	281,87	6,625	4,500
					Longitud Total		532,02		
BHA 3					BHA 4				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	2R, 3	Mantener	1143,0	6206,0	Pendular	4	Mantener	6206,0	6700,0
		Verticalidad					Verticalidad		
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,40	17,500		Mecha	1	1,20	12,250	
Bit sub	1	3,97	9,000	3,000	Bit sub	1	2,98	8,000	
Monel	1	30,08	9,500	2,813	Portamechas	1	30,25	8,000	2,810
Portamechas	1	29,56	9,500	3,000	Estabilizador	1 a 30'	6,07		
Estabilizador	1 a 60'	6,20	9,000	3,000	Portamechas	1	30,58	8,000	2,810
Portamechas	1	30,14	9,500	3,000	Estabilizador	1 a 60'	6,10		
Estabilizador	1 a 90'	7,26	9,000	3,000	Portamechas	4	120,40	8,000	2,930
Portamechas	2	57,62	9,500	3,000	Cross Over	1	3,52	8,000	
Cross Over	1	3,58	8,000	3,000	Hw	9	281,87	6,620	4,620
Portamechas	3	89,73	8,000	2,813	Longitud Total		482,97		
Cross Over	1	4,07	8,000	2,813					
Spiral Hw	15	281,87	6,625	4,500					
Longitud Total		545,48							

Tabla F-8. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-32

BHA 1					BHA 2, Hoyo Piloto				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Normal (Liso)	1	Mantener Verticalidad	70,0	1030,0	Pendular	2	Mantener Ángulo	1015,0	5000,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	2,00	26,00		Mecha	1	1,04	8,500	
Bit sub	1	5,00	9,000	3,750	Bit sub	1	4,02	6,250	
Portamechas	3	90,00	9,500	3,750	Portamechas	2	62,22	6,250	
Cross Over	1	4,00	8,000	3,250	Estabiliz. 8 3/8"	1 a 60'	6,27	6,250	
Portamechas	6	180,00	8,000	3,250	Portamechas	1	30,84	6,250	
Cross Over	1	3,00	7,500	3,000	Estabiliz. 8 3/8"	1 a 90'	6,79		
Hw	12	378,00	5,500	3,375	Portamechas	6	183,60	6,250	
Longitud Total		662,00			Dailey Hyd.	1	32,84		
					Portamechas	3	92,70	6,250	
					Cross Over	1	3,79	6,250	
					Hw	15	461,77		
					Cross Over	1	4,05	6,250	
					Longitud Total		889,93		

BHA 3, Ampliar Hoyo					BHA 4, Hoyo Piloto				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Mecha [pulg.]	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular		Mantener Ángulo	984,0	1047,0	Pendular		Mantener Ángulo	5000,0	5000,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1		17,500		Mecha	1	1,04	8,500	
Bit Sub	1				Bit sub	1	4,02	6,250	
Portamechas	1		9,500		Monel	1	26,28	6,250	2,813
Estabilizador	1 a 30'				Portamechas	1	31,27	6,250	2,813
Portamechas	2		9,500		Estabiliz. 8 3/8"	1 a 60'	6,74	6,250	
Portamechas	3		8,000		Portamechas	1	30,84	6,250	
Longitud Total					Estabiliz. 8 3/8"	1 a 90'	6,79		
					Portamechas	6	183,60	6,250	
					Dailey Hyd.	1	32,84		
					Portamechas	3	92,70	6,250	
					Cross Over	1	3,79	6,250	
					Hw	15	461,30		
					Cross Over	1	4,05	6,250	
					Longitud Total		885,26		

Tabla F-8. Base de Datos de Ensamblajes de Fondo, Pozo ORC-32 (Continuación)

BHA 5, Ampliar Hoyo					BHA 6				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]	Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	3	Mantener Ángulo	1047,0	5000,0	Pendular	4	Mantener Verticalidad	5000,0	11468,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]	BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	1,43	17,500		Mecha	1	0,95	12,250	
Bit sub	1	3,03	9,000	3,250	Bit sub	1	3,51	8,000	
Monel	1	29,85	9,500	3,000	Monel	1	30,87	8,000	3,187
Portamechas	1	30,63	9,500	0,937	Portamechas	1	29,90	8,000	2,812
Estabilizador	1 a 60'	7,46	9,500	3,062	Estabilizador	1 a 60'	7,13	8,000	2,930
Portamechas	1	29,86	9,500	3,000	Portamechas	1	30,25	8,000	2,875
Estabilizador	1 a 90'	7,06	9,500	3,000	Estabilizador	1 a 90'	7,78	8,000	3,000
Portamechas	2	62,04	9,500	3,062	Portamechas	6	182,10	8,250	2,813
Cross Over.	1	4,06	7,625	3,000	Dailey Hyd.	1	35,91	7,625	2,750
Portamechas	3	91,88	8,000	2,812	Cross Over	1	4,03	6,250	2,813
Cross Over	1	3,76	6,750	2,812	Portamechas	3	91,79	6,325	2,250
Espiral Hw	15	461,30	5,500	3,250	Cross Over	1	3,78	6,750	2,875
Cross Over	1	4,05	5,500		Hw	18	553,60	5,500	3,250
Longitud Total		736,41			Cross Over	1	4,05	6,750	2,875
					Longitud Total		985,65		

BHA 7				
Nombre BHA	Número Mecha	Propósito	MD Entrada [pies]	MD Salida [pies]
Pendular	4	Mantener Verticalidad	11468,0	11468,0
BHA, Descripción	Jts.	Longitud [pies]	DE [pulg.]	DI [pulg.]
Mecha	1	0,95	12,250	
Bit sub	1	3,51	8,000	
Monel	1	30,87	8,000	3,187
Portamechas	1	29,90	8,000	2,812
Estabilizador	1 a 60'	7,13	12,250	2,930
Portamechas	1	30,25	8,000	2,875
Estabilizador	1 a 90'	7,78	12,250	3,000
Portamechas	6	182,10	8,250	2,813
Dailey Hyd.	1	35,91	7,625	2,750
Cross Over.	1	4,03	6,250	2,813
Portamechas	3	91,79	6,325	2,250
Cross Over	1	3,78	6,750	2,875
Hw	18	553,60	5,500	3,250
Cross Over	1	4,05	6,750	2,875
Longitud Total		985,65		

APÉNDICE G

**BASE DE DATOS DE FRECUENCIAS DE LANZAMIENTOS DE
REGISTROS DE INCLINACIÓN Y DIRECCIÓN MAGNÉTICA
(Historia de Perforación)**

**Tabla G-1. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-18.
“Primera Desviación”**

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	
26,000	0-110	Totco	90	0,500		Viaje
	485-576	Totco	575	1,000		Final de Hoyo
17,500	920-1283	Totco	1283	0,750		Viaje
	1590-1770	Totco	1770	0,750		Viaje
	1770-2320	Totco	2320	0,750		Viaje
	4731-4763	Totco	4763	7,500		Viaje
	4731-4763	Totco	3063	0,500		Confirmar Lectura
	4731-4763	Single Shot	4700	12,000	No Reportada	Confirmar Lectura
	4731-4763	Totco	4731	8,000		Confirmar Lectura

**Tabla G-1. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-18
(Continuación). “Corrección de la Primera Desviación”**

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	
17,500	3526-3561	Totco	3645	2,000		Viaje
	3561-3681	Totco	3677	2,000		Viaje

**Tabla G-1. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-18
(Continuación). “Corrección de la Segunda Desviación”**

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	
17,500	3423-3464	Totco	3454	1,500		Control de Inclinación (Cada 30 y 60 pies)
	3464-3526	Totco	3516	1,000		
	3226-3556	Totco	3546	1,500		
	3556-3587	Totco	3550	1,750		
	3587-3650	Totco	3650	1,750		
	3721-3732	Totco	3732	2,615		
	3732-3773	Totco	3773	2,000		
	3773-3803	Totco	3803	1,500		
	3807-3834	Totco	3834	1,250		Cambio de Mecha
	3871-3896	Totco	3896	1,500		Control de Inclinación (Cada 30 y 60 pies)
	3896-3956	Totco	3956	1,750		
	4151-4171	Totco	4171	2,875		
	4171-4232	Totco	4232	3,000		
	4248-4292	Totco	4292	3,000		
	4292-4324	Totco	4324	2,500		
	4324-4354	Totco	4354	2,000		
	4384-4415	Totco	4415	1,750		
	4438-4446	Totco	4446	2,000		
	4446-4476	Totco	4476	1,250		
4476-4506	Totco	4506	1,875			
4531-4537	Totco	4537	1,875			
4573-4595	Totco	4595	0,500			

**Tabla G-1. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-18
(Continuación). “Corrección de la Primera Desviación”**

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	
17,500	4595-4626	Totco	4626	1,000		Control de Inclinación (Cada 30 y 60 pies)
	4626-4658	Totco	4658	1,500		
	4658-4687	Totco	4687	1,000		
	4687-4719	Totco	4719	1,500		
	4738-4750	Totco	4750	1,500		
	4750-4780	Totco	4780	1,750		
	4780-4812	Totco	4812	1,500		
	4812-4872	Totco	4872	1,875		
	48142-4903	Totco	4903	2,250		
	4920-4934	Totco	4934	2,000		
	4934-4965	Totco	4915	1,500		Cambio de Mecha
	5050-5086	Totco	5086	2,250		Control de Inclinación (Cada 30 y 60 pies)
	5086-5166	Totco	5166	3,250		
	5166-5206	Totco	5206	3,000		
	5206-5236	Totco	5236	3,000		
	5236-5298	Totco	5298	3,500		Cambio de Mecha
	5375-5456	Totco	5455	3,000		Control de Inclinación (Cada 60 y 100 pies)
	5456-5556	Totco	5549	2,750		
	5556-5644	Totco	5644	1,750		
	5644-5705	Totco	5705	2,000		
	5705-5765	Totco	5765	1,500		
	5993-6030	Totco	6030	1,750		
	6030-6131	Totco	6131	2,000		
	6214-6220	Totco	6220	2,000		
	6220-6318	Totco	6318	1,750		
	6318-6378	Totco	6378	Sin Lectura		Cambio de Mecha
6318-6378	Totco	6378	2,000		Control de Inclinación (Cada 60 pies)	
6515-6530	Totco	6530	1,250			
6530-6592	Totco	6592	0,750			
6592-6655	Totco	6655	1,750			
6655-6713	Totco	6713	1,750			
6729-7540	Totco	7540	1,250		Final de Hoyo	
12,250	4644-7695	Totco	7695	1,500		Control de Inclinación (Cada 90 y 100 pies)
	7695-7788	Totco	7788	0,875		
	7788-7910	Totco	7910	1,500		
	7910-8003	Totco	8003	1,500		
	8003-8125	Totco	8125	1,750		
	8155-8217	Totco	8217	1,500		
	8217-8310	Totco	8310	1,500		Cambio de Mecha
	8798-8950	Totco	8950	1,875		
	8950-9041	Totco	9041	Sin Lectura		Control de Inclinación
	9055-9073	Totco	9073	1,875		
	9073-9230	Totco	9230	1,750		
	9230-9418	Totco	9418	1,875		
	10516-10673	Totco	10673	2,500		

**Tabla G-1. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-18
(Continuación). “Side Track realizado por Tubería Pegada”**

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	
12,250	9636-9955	Totco	9955	1,000		Cambio de Mecha
	9955-10297	Totco	10285	1,250		Control de Inclinación
	11798-11836	Totco	11836	1,250		Cambio de Mecha
	11920-11925	Totco	11925	Sin Lectura		Cambio de Mecha
	12207-12251	Totco	12230	3,500		Control de Inclinación
	12423-12440	Totco	12440	3,500		Final de Hoyo
8,375	12450-12609	Totco	12609	3,500		Cambio de Mecha
	12850-12860	Totco	12850	6,000		Viaje

Tabla G-2. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-25

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	
26,000	730-752	Totco	740	1,50		Cambio de Mecha
	786-1506	Totco	1506	0,50		Viaje
	997-1497	Totco	1484	0,75		Final de Hoyo
17,500	1506-1539	Totco	1494	0,75		Viajes
	3831-4036	Totco	4030	2,00		
	5137-5258	Single Shot	5084	7,75	208,00	Confirmar Lectura
	5137-5258	Totco	5211	7,75		Viaje
	5137-5258	Single Shot	5211	7,50	197,00	Confirmar Lectura
	6252-6260	Single Shot	6217	4,00	175,00	Cambio de Mecha
	6252-6260	Totco	6217	5,25		Confirmar Lectura
	6615-6893	Multi Shot	1500	0,50	299,00	Final de Hoyo
	6615-6893	Multi Shot	3918	2,50	159,00	
	6615-6893	Multi Shot	4662	2,00	203,00	
	6615-6893	Multi Shot	4848	7,75	202,00	
6615-6893	Multi Shot	6894	3,00	159,00		
12,250	6935-7237	Single Shot	7208	1,75	159,00	Viaje
	7435-7767	Single Shot	7744	1,25	199,00	Cambio de Mecha
	8243-8482	Single Shot	8454	1,75	200,00	Viaje
	8588-9031	Single Shot	7208	1,50	159,00	Cambios de Mecha
	10517-10579	Single Shot	No Funcionó	No Funcionó	No Funcionó	
	10951-11210	Single Shot	11192	1,75	203,00	
	11681-11721	Single Shot	11703	2,00	125,00	
	11912-11943	Totco	11943	3		
12535-12550	Single Shot	12532	5,75	125,00	Final de Hoyo	
8,500	12594-12625	Single Shot	12532	5,75	125,00	Control de Inclinación
	12627-12691	Single Shot	12664	5,00	144,00	
	12904-12964	Single Shot	12943	3,75	167,00	Viaje
	13441-13499	Single Shot	13478	3,00	184,00	Cambios de Mecha
	13614-13632	Totco	13620	3,00		
	13670-13721	Totco	13705	5,00		
13832-13862	Single Shot	13844	5,00	222,00		

Tabla G-3. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-26

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azímut]	
26,000	821-1040	Totco	1035	0,50		Final de Hoyo
17,500	5444-5500	Multi Shot	Sin Lectura	Sin Lectura	Sin Lectura	Final de Hoyo
	5444-5500	Gyro	5430	4,43	101,96	Nuevo Intento

Tabla G-4. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-27

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azímut]	
26,000	656-812	Totco	812	0,50		Final de Hoyo
17,500	2005-2919	Totco	No Disponible	No Disponible	No Disponible	Viaje
	4140-4500	Single Shot	4477	3,30	116,32	Final de Hoyo

Tabla G-5. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-29

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azímut]	
24,000	530-795	Totco	795	0,75		Final de Hoyo
17,500	4370-4450	Multi Shot	4425	4,25	95,68	Final de Hoyo
12,250	6503-6600	Totco	6590	1,25		Viaje
	8439-8852	Multi Shot	8824	1,61	79,35	Profundidad Kop

Tabla G-6. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-30

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azímut]	
26,000	560-1010	Totco	1000	1,50		Final de Hoyo
17,500	4463-4484	Multi Shot	4462	0,29	254,23	Final de Hoyo
12,250	6082-6980	Multi Shot	6951	1,40	190,00	Viaje

Tabla G-7. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-31

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azímut]	
26,000	500-1050	Totco	Sin Lectura	Sin Lectura		Final Hoyo
	500-1050	Totco	Sin Lectura	Sin Lectura		Nuevo Intento
17,500	6100-6206	Multi Shot	6184	0,74	184,00	Final Hoyo
12,250	6655-6700	Totco	Sin Lectura	Sin Lectura		Final Hoyo
	6655-6700	Totco	6700	2		Nuevo Intento

Tabla G-8. Base de Datos de Registros de Desviación Utilizados en el Pozo ORC-32

Hoyo [pulg.]	Intervalo Perforado [pies]	Registro	Profundidad [pies]	Lectura		Frecuencia de Lanzamiento
				Inclinación [grados]	Dirección [Azímut]	
26,000	967-1030	Totco	Sin Lectura	Sin Lectura		Final de Hoyo
	967-1030	Totco	-	6,00		Nuevo Intento
17,500	4663-5000	Single Shot	4985	2,23	138,85	Final de Hoyo Piloto
	4900-5000	Multi Shot	5000	2,30	No Indicó Dirección	Final de Hoyo Planificado
12,250	10805-11468	Multi Shot	11455	21,00	No Indicó Dirección	Viaje
	10805-11468	Multi Shot	11455	21,13	204,96	Confirmar Lectura

APÉNDICE H

BASE DE DATOS DE SURVEYS
(Historia de Perforación)

Tabla H-1. Base de Datos Survey del Pozo ORC-18. “Primera Desviación”

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]						
0	0,000	450	0,750	1770	0,750	4731	8,000
90	0,500	575	1,000	2320	0,750	4763	7,500
190	0,000	920	0,750	3063	0,500		
330	1,000	1283	0,750	4700	12,000		

Tabla H-2. Base de Datos Survey del Pozo ORC-18. “Survey Final”

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]						
0	0,000	4232	3,000	5549	2,750	7610	1,500
90	0,500	4292	3,000	5572	1,750	7628	1,500
190	0,000	4324	2,500	5644	1,750	7695	1,500
330	1,000	4354	2,000	5705	2,000	7788	0,875
450	0,750	4384	1,750	5765	1,500	8003	1,500
575	1,000	4415	1,750	5825	2,000	8125	1,750
920	0,750	4446	2,000	5885	1,500	8217	1,500
1283	0,750	4476	1,250	5948	1,750	8270	0,750
1770	0,750	4506	1,875	6131	2,000	8294	1,250
2320	0,750	4537	1,875	6220	2,000	8410	3,500
3063	0,500	4557	1,750	6318	1,750	8377	1,000
3403	1,500	4595	0,500	6330	1,750	8533	3,500
3454	1,500	4626	1,000	6378	2,000	8627	4,250
3464	1,500	4658	1,500	6440	1,500	8828	3,250
3516	1,500	4687	1,000	6530	1,250	9030	3,500
3546	1,500	4719	1,500	6592	0,750	9310	3,000
3550	2,000	4780	1,750	6655	1,750	9626	3,500
3587	2,000	4812	1,500	6713	1,750	9955	1,000
3650	1,750	4872	1,875	6775	0,750	10270	3,250
3732	2,125	4903	2,250	6898	1,250	10285	0,250
3737	2,250	4934	2,000	6961	2,250	11836	1,250
3773	2,000	4965	1,500	7020	2,000	12230	3,500
3803	1,500	5086	2,250	7144	1,500	12440	3,500
3834	1,250	5166	3,250	7206	2,250	12609	3,500
3896	1,500	5206	3,000	7267	2,250	12850	6,000
3956	1,750	5236	3,000	7328	1,250	13490	4,750
4046	2,000	5298	3,500	7389	2,000	13662	3,750
4171	2,875	5363	2,750	7450	1,500	13993	2,750
4202	2,500	5455	3,000	7540	1,250	14328	4,000

Nota: desde 8270 pies hasta 8627 pies, se utilizó BHA direccional para realizar un side track, debido a la pérdida de parte de la sarta de perforación en el pozo; ocasionada por pega de la misma. De allí en adelante, se usó BHA convencional.

Tabla H-3. Base de Datos Survey del Pozo ORC-25

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0,00	0,00	3639	1,50	111,00	5964	4,50	172,00
740	1,50	360,00	3732	1,75	139,00	6057	4,25	174,00
1496	0,75	360,00	3825	2,00	149,00	6150	4,00	175,00
1500	0,50	299,00	3918	2,50	159,00	6336	4,00	172,00
1593	0,50	279,00	4011	3,00	174,00	6343	3,25	170,00
1686	0,50	209,00	4104	3,50	174,00	6429	3,50	169,00
1779	0,75	199,00	4197	4,00	181,00	6522	3,00	174,00
1872	0,75	209,00	4290	4,50	188,00	6615	3,50	172,00
1965	1,00	219,00	4383	5,00	190,00	6708	3,00	162,00
2058	1,00	209,00	4476	5,25	194,00	6801	3,00	159,00
2151	1,25	224,00	4569	5,50	196,00	6894	3,00	159,00
2244	1,25	249,00	4662	7,00	203,00	7208	1,75	159,00
2337	1,00	274,00	4755	7,50	202,00	7744	1,25	199,00
2430	1,00	289,00	4848	7,75	202,00	9013	1,50	203,00
2523	1,00	284,00	4941	7,75	204,00	11192	1,75	203,00
2616	0,75	329,00	5034	7,25	199,00	11703	2,00	125,00
2709	0,50	329,00	5084	7,00	208,00	12532	5,75	125,00
2802	0,50	61,00	5127	7,00	196,00	12664	5,00	144,00
2865	0,50	109,00	5220	7,50	198,00	12943	3,75	167,00
2988	0,50	109,00	5313	6,50	194,00	13478	3,00	184,00
3081	0,75	110,00	5406	6,00	194,00	13844	5,00	222,00
3174	1,00	109,00	5499	5,00	193,00	13946	5,00	139,00
3267	1,00	104,00	5592	4,50	174,00	13977	6,00	157,00
3360	1,50	104,00	5685	4,50	172,00	13989	5,00	139,00
3453	1,50	109,00	5778	4,25	173,00	14070	6,75	138,00
3546	1,50	104,00	5871	4,25	172,00	14082	5,00	138,00

Tabla H-4. Base de Datos Survey del Pozo ORC-26

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0	0,00	1900	0,47	336,35	3800	1,74	101,45
100	0,11	263,76	2000	0,44	279,94	3900	2,04	101,92
200	0,42	343,47	2100	0,31	176,81	4000	2,40	107,29
300	0,51	311,14	2200	0,51	331,61	4100	2,76	109,46
400	0,45	248,96	2300	0,64	281,83	4200	2,98	115,73
500	0,18	36,11	2400	0,43	25,73	4300	3,47	96,01
600	0,47	327,89	2500	0,73	295,59	4400	3,32	108,64
700	0,57	301,43	2600	0,51	267,97	4500	3,05	98,61
800	0,70	290,11	2700	0,39	55,17	4600	3,11	98,86
900	0,41	4,14	2800	0,31	328,06	4700	3,33	98,40
1000	0,65	319,78	2900	0,44	126,32	4800	3,48	97,61
1100	0,73	304,60	3000	0,61	88,78	4900	3,74	96,49
1200	0,39	222,85	3100	0,23	312,90	5000	3,86	106,81
1300	0,65	326,75	3200	0,47	116,77	5100	3,84	107,18
1400	0,66	299,90	3300	0,67	63,81	5200	3,84	116,36
1500	0,52	235,00	3400	0,02	160,82	5300	4,20	102,62
1600	0,49	352,08	3500	0,84	65,97	5400	4,08	100,32
1700	0,68	296,47	3600	1,04	64,51	5430	4,43	101,96
1800	0,14	113,64	3700	0,89	102,75			

Tabla I-5. Base de Datos Survey del Pozo ORC-27

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0	21,39	2168	0,13	310,55	3504	0,81	101,00
833	0,36	185,67	2264	0,30	326,33	3599	0,70	97,18
928	0,58	190,45	2360	0,58	12,19	3790	0,82	98,73
1023	0,47	189,82	2454	0,34	64,26	3885	0,79	97,63
1119	0,45	184,73	2550	0,18	86,03	3981	0,94	124,15
1214	0,34	136,21	2645	0,15	140,51	4076	0,86	125,37
1310	0,24	15,30	2741	0,16	156,25	4172	1,18	107,62
1405	0,20	29,98	2836	0,09	134,73	4267	1,77	114,54
1500	0,41	71,39	2931	0,10	107,86	4362	2,72	116,94
1596	0,18	45,19	3027	0,33	92,63	4458	3,35	116,96
1787	0,45	54,16	3122	0,17	59,75	4477	3,30	116,32
1882	0,54	3,32	3218	0,40	130,41	4521	3,40	113,20
1977	0,28	343,89	3313	0,73	143,24			
2073	0,26	309,93	3408	0,81	125,92			

Tabla I-6. Base de Datos Survey del Pozo ORC-29

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0,00	0,00	3363	0,26	75,10	6133	1,63	109,80
790	0,00	0,00	3553	0,20	150,00	6323	1,86	110,70
795	0,02	47,10	3648	0,65	149,00	6418	1,78	109,50
888	0,35	47,10	3743	0,99	155,80	6513	1,39	115,30
983	0,38	47,60	3839	1,04	150,90	6608	1,38	109,20
1078	0,56	53,40	3934	1,84	128,20	6703	1,39	103,10
1269	0,27	26,00	4124	2,87	120,30	6893	1,30	112,10
1364	1,42	41,60	4219	3,44	113,80	6988	1,59	119,80
1459	0,33	60,50	4314	3,90	105,20	7083	1,48	104,20
1554	0,29	36,30	4425	4,25	95,70	7178	1,53	113,10
1649	0,25	22,90	4449	4,18	96,60	7273	1,42	110,90
1840	0,52	85,90	4613	3,58	102,10	7463	1,33	101,00
1935	0,46	46,00	4708	3,74	105,30	7558	1,49	95,10
2030	0,45	59,60	4803	3,59	107,80	7653	1,59	100,30
2125	0,12	23,80	4898	3,16	112,30	7748	1,47	98,60
2220	0,15	77,60	4993	2,92	111,90	7843	1,61	94,80
2411	0,30	50,10	5183	3,15	106,50	8033	1,95	101,70
2506	0,22	34,00	5278	2,96	104,90	8128	2,00	101,10
2601	0,17	2,00	5373	2,77	107,60	8223	2,03	95,20
2696	0,09	43,50	5468	2,59	108,00	8318	2,13	96,60
2792	0,06	281,20	5564	2,53	106,60	8413	2,18	93,70
2982	0,16	100,00	5753	2,12	108,80	8603	2,00	79,00
3077	0,43	117,70	5848	2,01	113,60	8698	2,01	72,80
3172	0,60	131,10	5943	1,74	99,20	8793	1,93	78,00
3267	0,65	112,80	6038	1,82	97,30	8828	1,61	79,30

Tabla I-7. Base de Datos Survey del Pozo ORC-30

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0,00	0,00	3037	0,70	287,28	5234	0,59	161,09
1000	0,00	0,00	3132	0,22	262,51	5329	0,46	217,32
1042	0,46	311,93	3227	0,43	265,58	5425	0,55	223,92
1137	0,35	296,05	3322	0,47	293,24	5520	0,55	226,81
1232	0,61	324,09	3417	0,27	260,09	5615	0,65	228,92
1327	0,61	309,54	3512	0,38	261,61	5711	0,62	224,52
1422	0,45	324,57	3607	0,55	266,76	5806	0,54	162,95
1517	0,33	330,50	3702	0,93	277,58	5902	0,57	164,46
1612	0,30	310,68	3797	0,64	246,79	5997	0,73	175,54
1707	0,44	10,30	3892	0,66	224,70	6092	0,84	180,05
1802	0,67	296,21	3987	1,02	226,37	6188	0,60	178,42
1897	0,54	336,38	4082	1,02	230,93	6283	0,76	180,24
1992	0,72	355,08	4177	0,97	229,74	6379	1,12	211,85
2087	0,59	2,83	4272	0,81	251,82	6474	1,01	217,92
2182	0,84	15,79	4367	0,45	264,00	6569	1,41	211,33
2277	0,65	2,56	4462	0,29	254,23	6665	1,45	208,26
2372	0,32	25,03	4566	0,27	342,59	6760	1,32	184,60
2467	0,74	339,28	4661	0,24	354,46	6856	1,46	188,69
2562	0,92	298,08	4757	0,19	8,95	6951	1,48	190,77
2657	1,10	287,71	4852	0,47	19,96	8085	2,73	197,12
2752	1,17	293,07	4948	0,43	118,29	8117	2,74	196,62
2847	0,79	270,81	5043	0,51	126,11	8149	2,72	197,32
2942	0,68	282,44	5138	0,59	144,37			

Tabla I-8. Base de Datos Survey del Pozo ORC-31

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0,00	0	3410	0,92	194,77	5235	0,33	155,36
1681	0,43	124,29	3506	1,04	182,90	5331	0,33	149,09
1777	0,47	103,85	3602	0,73	138,14	5428	0,33	197,99
1873	0,14	79,25	3698	0,78	118,18	5524	0,25	206,16
1969	0,14	302,47	3794	0,53	104,88	5620	0,36	223,68
2065	0,07	57,79	3891	0,78	76,16	5716	0,20	248,73
2161	0,32	77,87	3987	0,81	66,10	5812	0,58	228,55
2257	0,41	63,42	4083	0,81	80,48	5908	0,52	228,96
2353	0,65	30,75	4179	1,03	38,58	6004	0,35	199,03
2450	0,70	325,20	4275	0,72	36,78	6100	0,59	185,01
2546	0,35	19,50	4371	0,52	23,51	6184	0,74	184,00
2642	0,29	284,99	4467	0,52	16,28	6412	3,00	179,00
2738	0,56	284,73	4563	0,38	22,70	6507	2,70	291,50
2834	0,20	303,79	4659	0,41	45,92	6625	2,10	179,80
2930	0,42	25,75	4755	0,23	69,04			
3026	0,26	46,66	4851	0,28	125,29			
3122	0,21	190,18	4947	0,33	118,70			
3218	0,40	133,23	5043	0,23	125,63			
3314	0,50	223,57	5138	0,37	156,42			

Tabla I-9. Base de Datos Survey del Pozo ORC-32. “Desviación”

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0,00	0,00	4594	2,69	124,36	8147	9,28	196,82
1002	0,33	192,10	4688	2,54	121,72	8242	9,55	197,68
1087	0,21	112,61	4856	2,30	127,04	8336	9,90	198,86
1189	0,35	160,41	4877	2,42	131,20	8430	10,46	200,42
1286	0,29	193,26	4985	2,48	135,42	8525	11,22	201,19
1380	0,30	330,23	5029	2,02	129,84	8620	12,34	201,74
1475	0,33	208,28	5123	2,09	129,44	8714	13,02	200,96
1569	0,46	182,12	5218	2,16	132,41	8809	13,63	201,72
1664	0,49	187,47	5312	2,25	136,03	8903	13,99	201,61
1758	0,54	148,72	5406	2,41	138,85	8997	14,74	200,82
1803	0,49	168,27	5501	2,56	144,76	9092	15,46	200,16
1947	0,47	190,35	5595	2,59	148,19	9186	15,66	200,84
2042	0,40	122,29	5690	2,79	151,92	9281	16,17	200,55
2136	0,58	199,66	5785	3,09	156,89	9375	16,52	201,04
2231	0,34	126,57	5879	3,31	160,39	9469	17,17	200,59
2325	0,47	180,61	5973	3,49	160,84	9564	17,55	200,72
2419	0,61	332,67	6068	3,70	163,11	9659	18,03	200,60
2514	0,61	333,72	6162	3,99	156,11	9743	18,16	201,29
2608	0,60	103,84	6257	4,12	164,22	9847	18,51	201,55
2703	0,93	195,69	6351	4,70	162,54	9942	18,65	201,37
2797	0,31	152,83	6442	5,68	168,83	10036	18,79	202,23
2892	0,31	152,83	6540	6,12	166,69	10131	19,04	202,23
2986	0,44	151,28	6634	6,74	174,02	10225	19,05	202,28
3081	0,65	178,71	6759	7,26	177,80	10320	18,95	202,36
3270	0,80	192,44	6824	7,24	176,88	10415	18,45	202,27
3365	0,96	188,13	6918	7,44	181,24	10509	18,31	202,89
3459	0,66	180,70	7013	7,53	177,23	10604	18,49	203,54
3554	0,76	170,23	7107	7,53	182,18	10698	19,55	204,89
3648	0,96	148,48	7202	7,64	179,65	10793	20,09	204,38
3743	1,31	144,67	7296	7,67	177,70	10887	20,33	203,51
3848	1,46	140,97	7391	7,30	178,54	10982	20,41	202,21
3932	1,69	143,08	7486	6,19	174,73	11077	20,66	202,04
4027	2,06	135,48	7580	5,70	172,97	11171	20,82	203,85
4121	2,22	141,69	7675	6,34	173,10	11266	20,75	203,85
4215	2,24	138,34	7769	6,68	183,53	11360	21,01	204,60
4310	2,29	133,43	7864	7,54	188,23	11455	21,13	204,96
4404	2,44	131,31	7958	7,78	193,34			
4499	2,68	125,86	8053	8,40	196,52			

Tabla I-10. Base de Datos Survey del Pozo ORC-32. “Corrección de la Desviación”

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
0	0,00	0,00	4856	2,30	127,04	9656	5,78	347,43
1002	0,33	192,10	4877	2,42	131,20	9750	5,12	349,86
1087	0,21	112,61	4985	2,48	135,42	9845	5,35	349,00
1189	0,35	160,41	6162	3,99	156,11	9940	5,76	347,17
1286	0,29	193,26	6257	4,12	164,22	10034	5,56	347,68
1380	0,30	330,23	6351	4,70	162,54	10129	5,90	347,81
1475	0,33	208,28	6442	5,68	168,83	10223	6,09	348,26

Tabla I-10. Base de Datos Survey del Pozo ORC-32. “Corrección de la Desviación”

(Continuación)

Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]	Profundidad [pies]	Inclinación [grados]	Dirección [Azimut]
1569	0,46	182,12	6540	6,12	166,69	10318	5,52	347,99
1664	0,49	187,47	6634	6,74	174,02	10412	5,44	348,89
1758	0,54	148,72	6759	7,26	177,80	10507	5,38	349,15
1803	0,49	168,27	6824	7,24	176,88	10601	5,07	348,72
1947	0,47	190,35	6918	7,44	181,24	10696	4,38	348,10
2042	0,40	122,29	7013	7,53	177,23	10791	3,88	347,20
2136	0,58	199,66	7107	7,53	182,18	10885	3,31	348,44
2231	0,34	123,57	7202	7,64	179,65	10980	2,92	348,71
2325	0,47	180,61	7296	7,67	177,70	11074	2,35	350,29
2419	0,61	332,67	7391	7,30	178,54	11169	1,73	352,07
2514	0,61	333,72	7486	6,19	174,73	11263	1,14	348,71
2608	0,60	103,84	7580	5,70	172,97	11358	0,50	326,81
2703	0,93	195,69	7675	6,34	173,10	11453	0,35	248,35
2797	0,31	152,83	7769	6,68	183,53	11547	0,64	294,64
2892	0,31	152,83	7861	6,82	188,55	11642	1,65	315,82
2986	0,44	151,28	7963	3,58	214,88	11736	2,74	327,46
3081	0,65	178,71	8050	2,37	262,74	11831	2,81	334,46
3270	0,80	192,44	8145	1,67	285,41	11925	2,60	338,88
3365	0,96	188,13	8239	1,30	314,19	12020	2,18	345,49
3459	0,66	180,70	8334	1,55	339,62	12114	2,17	353,38
3554	0,76	170,23	8428	1,93	353,19	12216	1,78	357,75
3648	0,96	148,48	8523	2,59	353,80	12310	0,81	1,79
3743	1,31	144,67	8617	3,23	351,16	12400	0,15	351,51
3838	1,46	140,97	8712	4,04	347,43	12500	0,38	183,45
3932	1,69	143,08	8806	4,67	349,52	12587	0,72	151,13
4027	2,06	135,48	8900	5,31	349,37	12681	1,26	155,72
4121	2,22	141,69	8995	5,84	348,83	12771	1,12	143,72
4215	2,24	138,34	9089	6,27	350,25	12817	1,02	154,47
4310	2,29	133,43	9184	6,21	350,82	12966	0,26	220,51
4404	2,44	131,31	9278	5,57	351,93	13064	0,58	88,69
4499	2,68	125,86	9373	5,04	352,44			
4594	2,69	124,36	9467	5,06	350,96			
4688	2,54	121,72	9562	5,71	346,64			