



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE TESTIGOS DE SONDAJES DIAMANTINOS EN ROCAS FRACTURADAS, AUMENTANDO LA VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y VARIANDO PARÁMETROS OPERACIONALES EN MINERA CONDESTABLE, 2016.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autores:**

Bach. Julio Eduardo Urteaga Gastolomendo  
Bach. Segundo Juan Cotrina Vilela

**Asesor:**

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

Cajamarca – Perú  
2016

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  | Pág.        |
|--|-------------|
| <b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>                           | <b>II</b>   |
| <b>DEDICATORIA.....</b>                                      | <b>III</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>                                  | <b>IV</b>   |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>                            | <b>V</b>    |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                                 | <b>VIII</b> |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                               | <b>XI</b>   |
| <b>ÍNDICE DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....</b>                | <b>XII</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>XIII</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>XIV</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>                        | <b>15</b>   |
| 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....                             | 15          |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                           | 16          |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN.....                                      | 16          |
| 1.3.1. Justificación teórica.....                            | 16          |
| 1.3.2. Justificación técnica.....                            | 16          |
| 1.3.3. Justificación económica .....                         | 16          |
| 1.3.4. Justificación académica .....                         | 17          |
| 1.4. LIMITACIONES .....                                      | 17          |
| 1.5. OBJETIVOS .....   | 17          |
| 1.5.1. Objetivo General.....                                 | 17          |
| 1.5.2. Objetivos Específicos .....                           | 17          |
| <b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>                       | <b>18</b>   |
| 2.1. ANTECEDENTES.....                                       | 18          |
| 2.2. BASES TEÓRICAS.....                                     | 20          |
| 2.2.1. El Triángulo Del Éxito En La Perforación.....         | 20          |
| 2.2.2. Sistema de Perforación a Rotación Diamantina .....    | 20          |
| 2.2.2.1. Sonda de Perforación Diamantina.....                | 22          |
| 2.2.2.2. Bomba Impulsadora de Agua.....                      | 23          |
| 2.2.2.3. Coronas de Perforación o Brocas.....                | 24          |
| 2.2.2.4. Ensanchadores o Escariadores (reaming shells) ..... | 32          |
| 2.2.2.5. Barras o Tuberías de Perforación.....               | 32          |
| 2.2.2.6. Muestreadores (Core Barel) .....                    | 33          |
| 2.2.2.7. Barras o Tuberías de Revestimiento (Casing).....    | 34          |
| 2.2.2.8. Zapatas de Revestimiento (Casing Shoes) .....       | 35          |
| 2.2.2.9. Cajas Porta testigo.....                            | 36          |
| 2.2.2.10. Recuperación de testigos diamantinos.....          | 36          |
| 2.2.3. Criterios generales de selección de coronas.....      | 37          |
| 2.2.4. Guía De Selección De Coronas .....                    | 38          |
| 2.2.5. Análisis de perfil de desgaste de matriz.....         | 40          |
| 2.2.5.1. Diamantes Excesivamente Expuestos.....              | 40          |

|  |            |
|--|------------|
| 2.2.5.2. Broca Pulida O Vidriosa .....   | 40         |
| 2.2.5.3. Broca Quemada .....   | 41         |
| 2.2.5.4. Segmentos fracturados .....   | 41         |
| 2.2.5.5. Pérdida de diámetro interior .....  | 41         |
| 2.2.5.6. Pérdida de diámetro exterior .....  | 42         |
| 2.2.5.7. Desgaste interior .....   | 42         |
| 2.2.5.8. Desgaste exterior .....   | 43         |
| 2.2.6. Parámetros operativos a considerar para perforar rocas fracturadas .....                    | 43         |
| 2.2.6.1. Velocidad De Rotación .....   | 43         |
| 2.2.6.2. Peso sobre la corona .....  | 44         |
| 2.2.6.3. Velocidad Del Fluido .....  | 46         |
| 2.2.7. Fluidos de perforación .....  | 46         |
| 2.2.7.1. Funciones de los fluidos de perforación .....   | 48         |
| 2.2.7.2. Propiedades de los fluidos de perforación .....   | 49         |
| 2.2.7.3. Equipos utilizados para determinar las propiedades de los fluidos de perforación.<br>55   |            |
| 2.2.7.4. Fluidos de perforación base agua .....  | 69         |
| 2.2.7.5. Fluidos de perforación base aceite .....  | 70         |
| 2.2.7.6. Fluidos 100% aceite .....   | 72         |
| 2.2.7.7. Programación de un fluido de perforación .....  | 74         |
| 2.2.8. Polímeros .....   | 75         |
| 2.2.8.1. Clasificación de acuerdo a su origen .....  | 75         |
| 2.2.8.2. Clasificación según su estructura .....   | 76         |
| 2.2.8.3. Clasificación según su utilidad .....   | 76         |
| 2.2.8.4. Factores que afectan los polímeros .....  | 79         |
| 2.2.8.5. Degradación de los polímeros .....  | 80         |
| 2.2.8.6. Especificaciones y Características de polímeros a utilizarse. (Proyecto Cerro Azul)<br>80 |            |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....  | 91         |
| <b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS .....</b>   | <b>98</b>  |
| 3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....   | 98         |
| 3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....   | 99         |
| <b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>  | <b>100</b> |
| 4.1. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....   | 100        |
| 4.2. MATERIAL .....  | 100        |
| 4.2.1. Unidad de estudio .....   | 100        |
| 4.2.2. Población .....   | 100        |
| 4.2.3. Muestra .....   | 100        |
| 4.3. MÉTODOS .....   | 100        |
| 4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos .....                                  | 100        |
| 4.3.2. Procedimientos .....  | 101        |
| <b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO .....</b>  | <b>102</b> |
| 5.1. UBICACIÓN .....   | 104        |
| 5.2. CLIMA .....   | 105        |
| 5.3. GEOLOGÍA .....  | 105        |
| 5.3.1. Geología regional .....   | 105        |

|  |            |
|--|------------|
| 5.3.1.1. Estratigrafía.....                          | 105        |
| 5.3.2. Geología local.....                           | 107        |
| 5.3.2.1. Mantos.....                                 | 108        |
| 5.3.2.2. Diseminaciones.....                         | 108        |
| 5.3.2.3. Vetas.....                                  | 108        |
| 5.4. PROCESO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA.....          | 108        |
| 5.5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE PRUEBAS DE CAMPO..... | 113        |
| 5.6. PRUEBA DE VISCOSIDAD.....                       | 119        |
| <b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS.....</b>                   | <b>122</b> |
| 6.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....                        | 130        |
| <b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....</b>                    | <b>133</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                             | <b>138</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                          | <b>139</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                              | <b>140</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                   | <b>141</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | pág. |
|--|------|
| Tabla N° 1.1. Consolidado resultados de perforación de los tres primeros taladros proyecto Cerro Azul..... | 15   |
| Tabla N° 2.1. Diámetros coronas diamantinas.....   | 21   |
| Tabla N° 2.2. Procedimiento para calibración balanza de lodos. ....  | 56   |
| Tabla N° 2.3. Procedimiento para determinar la densidad del fluido. ....                                   | 56   |
| Tabla N° 2.4. Procedimiento para calibración Embudo Marsh. ....  | 58   |
| Tabla N° 2.5. Procedimiento para medir la viscosidad de embudo. ....                                       | 58   |
| Tabla N° 2.6. Procedimiento para determinar el volumen de líquido o filtrado de lodo. ....                 | 60   |
| Tabla N° 2.7. Procedimiento de calibración del pH-metro. ....  | 61   |
| Tabla N° 2.8. Procedimiento para determinar el grado de acidez o basicidad del fluido. ....                | 62   |
| Tabla N° 2.9. Procedimiento para determinar el % de arena en el fluido. ....                               | 63   |
| Tabla N° 2.10. Procedimiento de calibración Retorta. ....  | 65   |
| Tabla N° 2.11. Procedimiento para determinar el porcentaje en volumen de los sólidos. ....                 | 65   |
| Tabla N° 2.12. Capacidad y tolerancia cilindros graduados (laboratorio).....                               | 67   |
| Tabla N° 2.13. Clasificación de polímeros según su utilidad. ....  | 77   |
| Tabla N° 2.14. Factores para el desarrollo de la viscosidad en los polímeros. ....                         | 77   |
| Tabla N° 2.15. Factores que afectan los polímeros. ....  | 80   |
| Tabla N° 2.16. Tipos de degradación en los polímeros. ....   | 80   |
| Tabla N° 2.17. Uso y aplicación recomendada del polímero EZEE-TROL.....                                    | 86   |
| Tabla N° 3.1. Matriz Operacionalización de variables. ....   | 99   |
| Tabla N° 5.1 Índice de calidad de Deere. ....  | 103  |
| Tabla N° 5.2 Guía de la profundidad de perforación LF™90D.....   | 108  |
| Tabla N° 5.3 Fuerza motriz de la sonda de perforación LF™90D.....  | 109  |
| Tabla N° 5.4 Par torsor y clasificación de la sonda de perforación LF™90D.....                             | 109  |
| Tabla N° 5.5 Sistema hidráulico sonda de perforación LF™90D.....   | 110  |
| Tabla N° 5.6 Mástil de perforación y sistema de avance Sonda de perforación LF™90D.....                    | 110  |
| Tabla N° 5.7 Sistema de tensión Sonda de perforación LF™90D.....   | 110  |
| Tabla N° 5.8 Peso de la Sonda de perforación LF™90D.....   | 112  |
| Tabla N° 5.9. Dosificación y tiempos de preparación para 1m³ en Terreno Fracturado.....                    | 114  |
| Tabla N° 5.10. Cuadro de resumen Taladro DDH-101 Proyecto Cerro Azul 1ra etapa.....                        | 115  |
| Tabla N° 5.11. Cuadro de resumen Taladro DDH-102 Proyecto Cerro Azul 1ra etapa.....                        | 115  |
| Tabla N° 5.12. Cuadro de resumen Taladro DDH-103 Proyecto Cerro Azul 1ra etapa.....                        | 116  |
| Tabla N° 5.13. Dosificación y tiempos de preparación para 1m³ (1000 Litros).....                           | 117  |
| Tabla N° 5.14. Materiales utilizados para la pérdida de circulación.....                                   | 117  |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Tabla N° 5.15. | Cuadro de resumen Taladro DDH-104 Proyecto Cerro Azul 2da etapa .....  | 117 |
| Tabla N° 5.16. | Cuadro de resumen Taladro DDH-105 Proyecto Cerro Azul 2da etapa .....  | 118 |
| Tabla N° 5.17. | Cuadro de resumen Taladro DDH-106 Proyecto Cerro Azul 2da etapa .....  | 119 |
| Tabla N° 5.18  | Análisis de la viscosidad de los fluidos de perforación en los primeros tres sondajes. ....  | 120 |
| Tabla N° 5.19  | Análisis de la viscosidad de los fluidos de perforación en los últimos tres sondajes .....   | 121 |
| Tabla N° 6.1   | Regresión y Correlación del Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos para Pozo 13, ANTES de incrementar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros de operación: Eficiencia de la corona de perforación y las Revoluciones de la corona. ....   | 122 |
| Tabla N° 6.2   | Regresión y Correlación del Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos para Pozo 14, ANTES de incrementar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros de operación: Eficiencia de la corona de perforación y las Revoluciones de la corona. ....   | 123 |
| Tabla N° 6.3   | Regresión y Correlación del Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos para Pozo 15, ANTES de incrementar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros de operación: Eficiencia de la corona de perforación y las Revoluciones de la corona. ....   | 124 |
| Tabla N° 6.4   | Regresión y Correlación del Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos para Pozo 16, DESPUES de incrementar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros de operación: Eficiencia de la corona de perforación y las Revoluciones de la corona. .... | 125 |
| Tabla N° 6.5   | Regresión y Correlación del Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos para Pozo 17, DESPUES de incrementar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros de operación: Eficiencia de la corona de perforación y las Revoluciones de la corona. .... | 126 |
| Tabla N° 6.6   | Regresión y Correlación del Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos para Pozo 18, DESPUES de incrementar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros de operación: Eficiencia de la corona de perforación y las Revoluciones de la corona. .... | 127 |
| Tabla N° 6.7   | Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos ANTES de aumentar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros operacionales. ....   | 128 |
| Tabla N° 6.8   | Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos DESPUÉS de aumentar la Viscosidad de los fluidos de perforación y variar los parámetros operacionales. ....   | 129 |
| Tabla N° 6.9   | Resúmen del Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos ANTES y DESPUÉS de aumentar la Viscosidad de los fluidos de perforación   |     |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
|               | y variar los parámetros operacionales.....  | 129 |
| Tabla N° 6.10 | Prueba de Hipótesis para diferencia de medidas en grupos independientes                     | 131 |
| Tabla N° 6.11 | Consolidado resultados de perforación de los tres últimos taladros proyecto Cerro Azul..... | 132 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Figura 2.1. Caja portatestigos CA-14-16.....   | 19   |
| Figura 2.2. Triangulo de la perforación diamantina.....  | 20   |
| Figura 2.3. Perforación Diamantina Perforando Inclinadamente. ....   | 23   |
| Figura 2.4: Bomba Impulsadora de Agua “Bean Royal” .....   | 23   |
| Figura 2.5: Broca con Diamantes Insertados.....  | 28   |
| Figura 2.6: Broca con Diamantes Impregnados.....   | 31   |
| Figura 2.7. Escariadores. ....   | 32   |
| Figura 2.8. Muestreador (core barrel) .....  | 34   |
| Figura 2.9. Tuberías de Revestimiento (Casing). ....   | 35   |
| Figura 2.10. Zapatas de Revestimiento. ....  | 35   |
| Figura 2.11. Recorrido o ciclo del fluido durante la perforación de un pozo. ....  | 47   |
| Figura 2.12. Balanza de lodo. ....   | 55   |
| Figura 2.13. Filtro prensa API. ....   | 59   |
| Figura 2.14. pH-metro. ....  | 61   |
| Figura 2.15. Kit de arena.....   | 63   |
| Figura 2.16. Retorta. ....   | 64   |
| Figura 2.17. Cilindro graduado (laboratorio). ....   | 67   |
| Figura 2.18. Pipetas graduadas. ....   | 68   |
| Figura 2.19. Envase Erlenmeyer.....  | 68   |
| Figura 2.20. Comparación emulsión inversa vs emulsión directa.....   | 72   |
| Figura 5.1. Pozos de perforación proyecto Cerro Azul.....  | 103  |
| Figura 5.2. Mapa de ubicación Minera Condestable.....  | 104  |
| Figura 5.3. Dimensiones de la sonda de perforación LF™90D.....   | 111  |
| Figura 5.4. Testigo de perforación diamantina DDH-104. Proyecto Cerro Azul.....  | 113  |
| Figura 5.5. Sonda de perforación LF™90D plataforma de perforación CA-16-16.....  | 114  |
| Figura 6.1. Resumen de Porcentaje de recuperación de testigos de sondajes diamantinos<br>ANTES Y DESPUES de incrementar la Viscosidad de los fluidos de<br>perforación y variar los parámetros de operación: Eficiencia de la<br>corona de perforación y las Revoluciones de la corona. .... | 130  |



## ÍNDICE DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

| <b>Abreviatura / símbolo</b> | <b>Definición</b>  |
|------------------------------|--|
| CC:                          | Centímetros cúbicos.   |
| C F M                        | Cubic Feet per Minute: pies cúbicos/minuto.  |
| D T H:                       | Down the hole: Dentro del pozo (hoyo).   |
| D T H H:                     | Down the hole hammer: Martillo dentro del pozo.  |
| D D H:                       | Diamond drill hole. Pozo diamantino.   |
| ECD:                         | Densidad Equivalente de Circulación  |
| ft:                          | Pie.   |
| F P M:                       | Feet per Minute = pies por minuto.   |
| g p m:                       | Galón por minuto.  |
| h:                           | Hora.  |
| s:                           | segundo  |
| HE:                          | Horas efectivas de perforación.  |
| HI:                          | Horas de trabajo.  |
| kg:                          | Kilogramo.   |
| lb:                          | Libra.   |
| m                            | Metro.   |
| MBT:                         | Methylene Blue Test. Concentración total de sólidos arcillosos que contiene el fluido. |
| MPa                          | Mega pascal.   |
| ppq.                         | Piedras por quilate.   |
| P S I:                       | Pound Square Inch: Libras por pulgadas al cuadrado.                                    |
| ROP                          | Velocidad de penetración.  |
| RPI:                         | Revoluciones de la corona por cada pulgada de avance.                                  |
| RPC:                         | Revoluciones de la corona por cada centímetro de avance.                               |
| WOB:                         | Peso sobre la broca o pulldown.  |

## RESUMEN

La presente investigación detalla la optimización del porcentaje representativo de los testigos de perforación diamantina en rocas fracturadas variando algunos parámetros operativos y aumentando la viscosidad de los fluidos de perforación aplicados en minera condestable Proyecto Cerro Azul a los taladros de perforación diamantina que ejecuta la empresa especializada Boart Longyear SAC. Que posteriormente puede aplicarse en perforaciones que presenten este tipo de rocas. La perforación con recuperación de testigos es un sistema muy utilizado en la minería y construcción, mediante el uso de máquinas hidráulicas herramientas de corte y fluidos de perforación penetran grandes profundidades y extraen núcleos de rocas de diferentes diámetros que contienen toda la información real contenida en el subsuelo.

El objetivo de la investigación es optimizar el porcentaje de recuperación de testigos de perforación en los taladros ejecutados por la Empresa Boart Longyear SAC, en Minera Condestable aplicando parámetros que se ajusten al tipo de terreno que permita mejorar la cantidad representativa de los testigos en los taladros diamantinos, dentro de estos parámetros operacionales está: los RPM, presión sobre la corona, tipo de broca de descarga frontal y aumentar la viscosidad de los fluidos de perforación para evitar el daño a las paredes del taladro en ejecución, mejorar la circulación de barrido y limpieza de los detritos. En este tipo de rocas, la recuperación es deficiente y afecta la calidad de los resultados de la exploración en tal sentido y con la aprobación del cliente es aceptada la investigación.

Realizando de manera prudente los cambios en los parámetros operacionales se establece la velocidad de rotación en 1000 RPM, presión sobre la corona al inicio de la perforación 1000 lb, considerando la profundidad y el peso de la sarta de perforación se reduce gradualmente hasta lograr el avance fino (RPI). Aumentamos la viscosidad de los fluidos de perforación de 35 a 49 segundos, se implementó el uso de corona de descarga frontal, Teniendo como resultado el incremento del porcentaje de recuperación de testigos en más del 15% después de haber realizado los cambios sugeridos de acuerdo a lo planteado en el proyecto de estudio.

## ABSTRACT

This research details the optimization representative percent of the witnesses of diamond drilling in fractures formations varying some operating parameters and increasing the viscosity of drilling fluids used in Mining Constable Cerro Azul Project, diamond drill run the specialized company Boart Longyear SAC. Which then can be applied to drilling representing such a formations. The core drilling witness is a system widely used in mining and constructions, using hydraulic machinery cutting tools and drilling fluids penetrate deep underground and extract cores of rocks of different diameters containing any real information of what it contains the subsoil.

The objective of this research is to optimize the recovery rate of the witnesses drilling holes exited by the Boart Longyear SAC company, in constable mining applying adjusted to the type of terrain to improve to representative number of witnesses in the diamond drill holes parameter within these parameters in the uses of crowns front discharge, RPM, pressure on the crown and increase the viscosity of drilling fluids to avoid damage to the walls drill running, improve circulation and cleaning sweep debris. In this type of formations the recovery is poor and affects the quality of the results of the exploration in this regard and with customer approval is accepted research.

Prudently making changes in the operating parameters rotational speed at 1000 RPM, pressure on the crown the start of drilling 1000lb set, Considering the depth and weight of the drill string it is gradually reduced to achieve the fine feed (RPI). Increase the viscosity of drilling fluids of 35 to 49 seconds, the use of crown front discharge was implemented, Resulting in the increase in the percentage of recovery of witnesses by more than 15% after making the suggested changes according to what was proposed in the draft study.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

1. American Petroleum Institute (2000). API RP 13B. Procedimientos Estándar para Pruebas Fluidos de Perforaciones, Sección 1, Densidad (Peso del Lodo) y Sección 2, Viscosidad y Resistencia del Material Gelatinoso.
2. AMC drilling fluids & products.
3. Atlas Copco <http://www.atlascopcoexploration.com/> Diamond drilling.
4. Baldeon Quispe Zoila Liliana (2011). Tesis gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cia. Minera Condestable S.A.
5. Catálogo de herramientas y accesorios Boart Longyear SAC
6. Chumpitaz Cari, César Raúl (2007). Tesis estudio geotécnico y geognóstico del sub suelo mediante perforación diamantina. Universidad Ricardo Palma Lima.
7. EQUIPOS DE PERFORACIÓN PARA SUPERFICIE; Descripción técnica, 2012 Boart Longyear.
8. <http://www.petroleumhistory.org/OilHistory/pages/Diamond/inventor.html>
9. Manual Técnico de perforación diamantina christensen. (2008)  
<http://www.diamantinachristensen.com/pdf/DCT>
10. Manual de Perforación Diamantina GEOTEC (2005).  
<http://www.geotec.com/pdf/DCT>
11. Manual perforación diamantina Boart Longyear. (2013)  
<http://www.boartlongyear.com>
12. Manual técnico de perforación diamantina Fordia.(2014)  
[www.fordia.com/wp-content/uploads/2015/06/manualtecnico.pdf](http://www.fordia.com/wp-content/uploads/2015/06/manualtecnico.pdf)
13. Manual técnico de fluidos de perforación de MI-SWACO, versión 2013.
14. Manual de fluidos de perforación Yrán Romai Mexico-2008.