

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.**

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“CEMENTACIÓN PRIMARIA EN EL POZO EDJO 15”

Ubicado en el Campo Virginia del Oriente Ecuatoriano

## **TESINA DE GRADUACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:

## **TECNÓLOGO EN PETRÓLEO**

**Presentado por:**

Borbor Muñoz Edinson

Torres Reyes Johnny

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2014**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, padres, hermanos, amigos, personas cercanas quienes estuvieron allí durante mi etapa de estudio.

Al Ingeniero Alberto Galarza, director de tesina por su ayuda , colaboración y por la disposición que tuvo para resolver toda inquietud que se presentó en el desarrollo de este trabajo.

**Borbor Muñoz Edinson**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, padres, hermanos, amigos,  
personas cercanas quienes  
estuvieron allí durante mi etapa de  
estudio.

**Torres Reyes Johnny**

## **DEDICATORIA**

A Dios porque sin él no hubiera podido llegar hasta esta instancia, a nuestros padres, compañeros, amigos y a todas las personas que creyeron en mi y siempre contamos con su apoyo en todo momento.

**Borbor Muñoz Edinson**

## DEDICATORIA

A Dios.

A mi familia en general.

A la distinguida Escuela Superior  
Politécnica del Litoral(ESPOL).

A la F.I.CT.

A mis compañeros colegas.

A mis verdaderos amigos.

“ESTOY TAN ALTO”... Gracias al apoyo  
incondicional que me dan los “GRANDES”.

**Torres Reyes Johnny**

## **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Heinz Terán Mite  
DECANO DE LA FICT

---

Ing. Alberto Galarza  
DIRECTOR DE SEMINARIO

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

---

Edinson Borbor Muñoz.

---

Johnny Torres Reyes.

## **RESUMEN**

El objetivo de este informe consiste en la descripción de la cementación primaria en el pozo EDJO 15 ubicado en el Campo Virginia del Oriente Ecuatoriano, para lo cual se emplea los datos generales del pozo.

Para ello el desarrollo de esta tesina se ha estructurado en cuatro capítulos:

En el Capítulo I encontramos la descripción de los equipos de superficie y de laboratorio, herramientas y accesorios de fondo, al igual que las clases de cemento, aditivos utilizados en la Cementación del Pozo.

En el Capítulo II se describen las generalidades del Campo Virginia y del Pozo EDJO 15, tales como historia, ubicación, datos generales y características del pozo.

En el Capítulo III se muestran las secuencias operativas de las Tuberías de Revestimiento, al igual que los cálculos de los volúmenes tanto las lechadas de relleno, cola, desplazamiento, al igual que sus respectivos excesos.

En Capítulo IV finalmente se presentan la interpretación de los resultados obtenidos en la cementación del Pozo EDJO 15.



## ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS .....	XVII
OBJETIVO GENERAL .....	XIX
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XIX
CAPÍTULO 1 .....	21
1. CEMENTACIÓN DE POZOS PETROLEROS .....	21
1.1. Tipos de Cementación.....	21
1.1.1. Cementación Primaria.....	2
1.1.1.1. Circulación de lodo, para acondicionar el pozo. ....	2
1.1.1.2. Prueba de presión. ....	3
1.1.1.3. Bombeo de lavador y espaciador. ....	4
1.1.1.4. Lanzamiento del tapón inferior.....	4
1.1.1.5. Bombeo de la lechada de relleno. ....	5
1.1.1.6. Bombeo de la lechada de cola.....	5
1.1.1.7. Lanzamiento del tapón superior.....	6
1.1.1.8. Desplazamiento de las lechadas. ....	6
1.1.1.9. Comprobación de retorno de fluido.....	7
1.1.1.10. Perforación del siguiente tramo si corresponde.....	8
1.1.2. Cementación Secundaria o Squeeze.....	8
1.2. Cemento .....	9
1.2.1. Tipos y Características del Cemento.....	9
1.3. Aditivos. ....	10
1.4. Espaciadores y Lavadores.....	12
1.5. Equipos de cementación.....	12

1.5.1.	Equipos de superficie.....	12
1.5.1.1.	Cabezal de cementación.....	12
1.5.1.2.	Unidades de Cementación y Bombeo.....	13
1.5.1.3.	Unidades de mezclado o batch mixer.....	15
1.5.1.4.	Unidades de almacenamiento de cemento seco.....	15
1.5.2.	Dispositivos de fondo y accesorios de cementación.....	16
1.5.2.1.	Revestidor.....	16
1.5.2.2.	Zapata Guía.....	17
1.5.2.3.	Collar Flotador.....	18
1.5.2.4.	Colgador de Liner (Liner Hanger).....	18
1.5.2.5.	Dardo de desplazamiento.....	19
1.5.2.6.	Tapón de desplazamiento de liner.....	19
1.5.2.7.	Diverter Tool o DV Tool.....	20
1.5.2.8.	Centralizadores.....	20
1.5.2.9.	Raspadores.....	21
1.5.2.10.	Tapones de Cementación.....	21
1.5.2.10.1.	Tapón Inferior.....	21
1.5.2.10.2.	Tapón Superior.....	22
1.5.3.	Equipos de ensayos de laboratorio.....	23
1.5.3.1.	Analizador ultrasónico de cemento(UCA).....	23
1.5.3.2.	Consistómetro de presión atmosférica.....	23
1.5.3.3.	Consistómetro presurizado.....	24
1.5.3.4.	Filtro Prensa.....	25
1.5.3.5.	Permeabilímetro.....	25
1.5.3.6.	Viscosímetro Fann.....	26
CAPÍTULO 2.....		27
2.	GENERALIDADES DEL CAMPO VIRGINIA Y EL POZO EDJO 15.....	27

2.1.	Historia.....	27
2.2.	Ubicación.....	28
2.3.	Datos Generales.....	31
2.4.	Características del pozo. ....	32
CAPÍTULO 3.....		33
3.	CEMENTACIÓN DEL POZO EDJO 15. ....	33
3.1.	Generalidades del Pozo.....	33
3.2.	Programa de Cementación.....	33
3.2.1.	Sección 26".....	34
3.2.2.	Sección 16".....	34
3.2.3.	Sección 12 ¼ ". ....	34
3.2.4.	Sección 8 ½ ". ....	35
3.3.	Cementación Tubería de Revestimiento Conductora Sección 26".....	36
3.3.1.	Cálculos de Volúmenes para Cementación de la Sección 26".....	37
3.3.2.	Resultados Volúmenes para la Cementación. ....	39
3.3.3.	Secuencia Operacional. ....	39
3.4.	Cementación Tubería de Revestimiento Sección 16".....	40
3.4.1.	Cálculos de Volúmenes para Cementación Sección 16".....	41
3.4.2.	Resultados Volúmenes para la Cementación. ....	45
3.4.3.	Secuencia Operacional. ....	45
3.5.	Cementación Tubería de Revestimiento Sección 12 ¼ ". ....	47
3.5.1.	Cálculos de Volúmenes para Cementación 12 ¼ ". ....	47
3.5.2.	Resultados Volúmenes para la Cementación. ....	52
3.5.3.	Secuencia Operacional. ....	53
3.6.	Cementación del Sección 8 ½ ". ....	55
3.6.1.	Cálculos de Volúmenes para Cementación del Liner.....	55
3.6.2.	Resultados Volúmenes para la Cementación. ....	60

3.6.3. Secuencia Operacional. ....	61
CAPÍTULO 4 .....	70
4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	70
4.1. Análisis de Resultados.....	70
4.2. Resultados de la Cementación. ....	65
4.2.1. Análisis de Resultados Sección 26". ....	66
4.2.2. Análisis de Resultados Sección 16". ....	66
4.2.3. Análisis de Resultados de Sección 12 ¼ ". ....	67
4.2.4. Análisis de Resultados Sección 7"(Liner). ....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
CONCLUSIONES .....	70
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 - Circulación de lodo, para acondicionar el pozo .....	3
Figura 1.2 - Bombeo de lavador y espaciador .....	4
Figura 1.3 - Bombeo de la lechada inicial o de relleno .....	5
Figura 1.4 - Bombeo de la lechada de cola .....	5
Figura 1.5 - Desplazamiento de las lechadas y tapones.....	7
Figura 1.6 - Comprobación de retorno de fluido.....	8
Figura 1.7 - Perforación del siguiente tramo si corresponde.....	8
Figura 1.8 – Cabezal de cementación .....	13
Figura 1.9 - Unidad de cementación on-shore.....	14
Figura 1.10 - Unidad de cementación off-shore .....	14
Figura 1.11 - Unidad de mezcla o batch mixer.....	15
Figura 1.12 - Almacenamiento de cemento seco.....	16
Figura 1.13 - Tipos de casing.....	17
Figura 1.14 - Zapato guía .....	17
Figura 1.15 - Collar flotador .....	18
Figura 1.16- Colgador de liner .....	18
Figura 1.17 - Dardo de desplazamiento.....	19
Figura 1.18 - Tapón de desplazamiento .....	19
Figura 1.19 - Dv Tool .....	20
Figura 1.20 - Centralizadores.....	20
Figura 1.21 - Raspadores .....	21
Figura 1.22 - Tapón inferior .....	22
Figura 1.23 - Tapón superior .....	22
Figura 1.24 - Ubicación de las herramientas .....	22
Figura 1.25 - Analizador ultrasónico de cemento.....	23
Figura 1.26 - Consistómetro de presión atmosférica .....	24
Figura 1.27 - Consistómetro presurizado.....	24
Figura 1.28 - Filtro prensa.....	25
Figura 1.29 - Permeabilímetro .....	25
Figura 1.30 - Viscosímetro Fann.....	26
Figura 2.1 - Diagrama propuesto para la cementación.....	32
Figura 3.1 - Diagrama propuesto para la cementación.....	36

Figura 3.2 - Diagrama de la Cementación de T.R. Conductora .....	40
Figura 3.3 - Diagrama de la Cementación T.R. Superficial.....	46
Figura 3.4 - Diagrama de la Cementación T.R. Intermedia .....	54
Figura 3.5 - Diagrama de la Cementación de Liner. ....	62
Figura 4.1 - Diagrama de la cementación del programa original.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I - Clasificación API del Cemento.....	9
Tabla II - Clasificación de aditivos y sus funciones .....	11
Tabla III - Datos generales del Campo Virginia .....	31
Tabla IV - Nomenclaturas y valores del T.R Conductora .....	37
Tabla V - Resultados del T.R Conductora .....	39
Tabla VI - Nomenclaturas y valores del T.R Superficial.....	41
Tabla VII - Resultados del T.R Superficial .....	45
Tabla VIII - Nomenclaturas y valores del T.R Intermedio .....	48
Tabla IX - Resultados del T.R Intermedio .....	52
Tabla X - Nomenclaturas y valores del Liner Producción .....	56
Tabla XI - Resultados del Liner de Producción.....	60
Tabla XII - Resultados del Programa Cementación del Pozo .....	65

## ÍNDICE DE MAPAS

	Pág.
Mapa I – Ubicación de los Pozos del Campo Virginia.....	29
Mapa II – Ubicación General del Campo Virginia .....	30



## ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute
WTA	Analizador de Tratamiento de Pozos
UCA	Analizador Ultrasónico de Cemento
Bbls	Barriles
Bbls/pie	Barriles por Pie
BHA	Bottom Hole Assemble
BPPD	Barriles de Petróleo Por Día
BSW	Porcentaje de Agua y Sedimentos
CSG	Casing (Tubería de Revestimiento)
CBL	Cement Bond Log
Cp	Centipoises
CEPE	Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana
OD	Diámetro Externo
ID	Diámetro Interno
WOC	Esperando Fraguado de Cemento
Gal	Galones
Gpm	Galones por Minutos
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
GE	Gravedad Específica del Petróleo

Lb	Libras
Ppg	Libra por Galón
Psi	Libra por Pulgada Cuadrada
PSM	Mezclador de Lechadas de Precisión
LCD	Pantalla de Cristal Líquida
Ft	Pies
PVT	Presión, Volumen, Temperatura
MD	Profundidad Medida
TVD	Profundidad Vertical Verdadera
Pulg	Pulgadas
GOR	Relación Gas – Petróleo
Sxs	Sacos de cemento
Sw	Saturación de Agua
Sg	Saturación de Gas
So	Saturación de Petróleo
T.P.	Tubería de perforación
TR	Tubería de Revestimiento
V	Volumen

## **OBJETIVO GENERAL**

Analizar el proceso de Cementación Primaria realizada en la Sección 12 ¼ " del pozo EDJO 15 ubicado en el Campo Virginia del Oriente Ecuatoriano.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.- Determinar los cálculos de las lechadas de cementación en la sección 12 ¼".
- 2.- Describir el equipo de fondo y superficie: los procesos de campo, laboratorio y aditivos que se utilizan en el proceso de cementación.
- 3.- Analizar si los resultados y determinar si el programa es aplicable.
- 4.- Lograr una eficaz circulación de lavadores, espaciadores y cemento por el espacio anular.

## INTRODUCCIÓN

Este informe nos detalla los aspectos generales de la cementación en un pozo petrolero, definiendo conceptos hasta el desarrollo de un programa de cementación real.

Con el propósito de comprender este proceso se debe familiarizar con todas las terminologías de la industria o sector petrolero, se comienza explicando cada uno de los procesos y las herramientas que se necesitarán.

Se explicarán tanto la ubicación de nuestro pozo como las características del campo en el cuál se encuentra y se detallarán las profundidades de las diferentes zonas de interés.

Luego se detalla las generalidades del pozo con el que se trabajará y se explican los debidos cálculos para encontrar los volúmenes de cemento que se requiere en cada una de las secciones.

Para finalizar se realizará un análisis de los resultados, comparando los obtenidos con otros de un pozo de similares características, sugiriendo recomendaciones para futuros trabajos.

# CAPÍTULO 1

## 1. CEMENTACIÓN DE POZOS PETROLEROS

Se dice por cementación al proceso de mezclar cemento y agua y que es llevado a través del casing y luego hacia el espacio anular formado entre el casing y la formación.

El proceso de cementación incluye la preparación de la lechada, que se compone de cemento en polvo, agua, y aditivos químicos para controlar las propiedades del cemento. (BJ Services-EDC LAR, 2004, pág. 2)

### 1.1. Tipos de Cementación

Su clasificación depende de los objetivos que se persiguen, en este caso tenemos:

- Cementación Primaria.
- Cementación Secundaria o Forzada.

### **1.1.1. Cementación Primaria**

Es la técnica utilizada para colocar lechadas en el espacio anular entre el revestidor y las paredes del hoyo. El cemento, se endurece y forma un sello hidráulico en el hoyo, evitando la migración de fluidos de la formación hacia el espacio anular o yacimientos de menor presión. Los principales objetivos de una cementación primaria son:

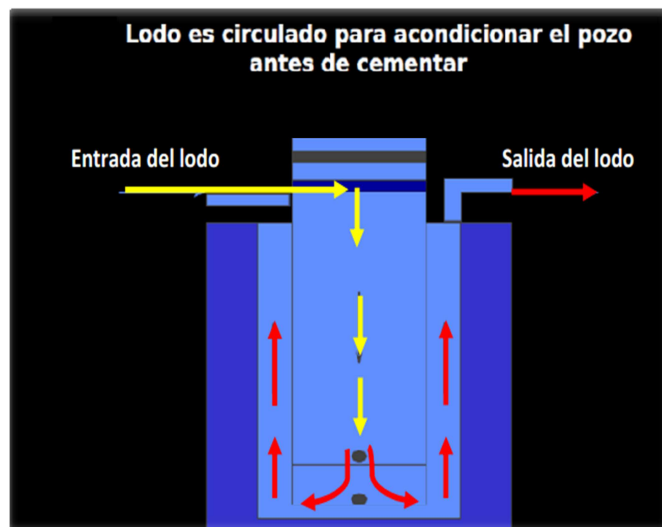
- Evitar el flujo de los fluidos entre las formaciones.
- Fijar la tubería de revestimiento con la formación.
- Aíslar la zapata de revestimiento.
- Aíslar las zonas productoras.
- Proteger la sarta contra la corrosión.

La técnica de cementación primaria utilizada consiste en lo siguiente:

#### **1.1.1.1. Circulación de lodo, para acondicionar el pozo.**

Utilizando la bomba del equipo de perforación se hace circular lodo de perforación (también conocido como fluido de perforación) en el pozo, con el fin de acondicionar el lodo y lavar el pozo.

Si no se lleva a cabo el acondicionamiento, el paso de fluido (la lechada de cemento) por el anular puede verse dificultado por la presencia de sectores con lodo de corte gelificado.



**Figura 1.1** - Circulación de lodo, para acondicionar el pozo.  
**Fuente:** Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera.

#### 1.1.1.2. Prueba de presión.

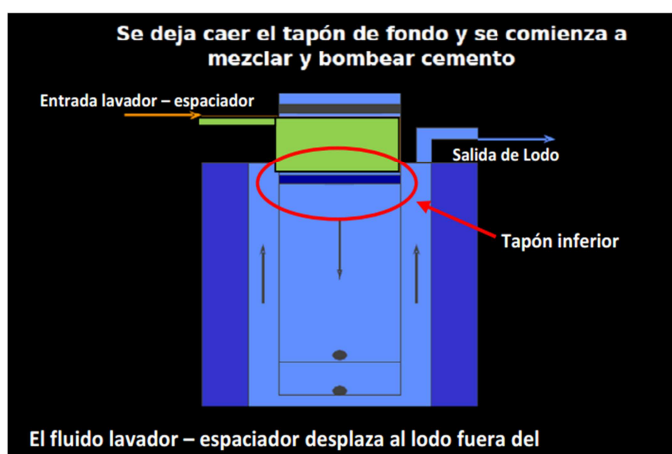
Se debe hacer una prueba de presión a las líneas de tratamiento de alta presión que van desde la unidad de cementación hasta el pozo. Se debe reparar cualquier fuga que se detecte y repetir la prueba de presión hasta conseguir el resultado adecuado.

Los resultados de la prueba de presión deben registrarse y documentarse en un gráfico.

### 1.1.1.3. Bombeo de lavador y espaciador.

A continuación son bombeados el lavador o un espaciador para que actúe como buffer entre el lodo de perforación y el cemento.

Estos productos sirven para eliminar los fluidos de perforación del anular antes de inyectar la lechada de cementación.



**Figura 1.2 - Bombeo de lavador y espaciador.**

**Fuente:** Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera.

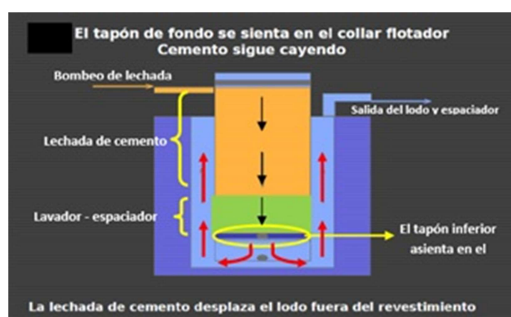
### 1.1.1.4. Lanzamiento del tapón inferior.

En labores de cementación son lanzados los tapones limpiadores, en este caso es lanzado el tapón inferior que cumple con la labor de separar la lechada de los fluidos de perforación, limpiar las paredes internas del casing y obtener la presión indicada de que el cemento ya está en posición fuera de la tubería de revestimiento.



### 1.1.1.5. Bombeo de la lechada de relleno.

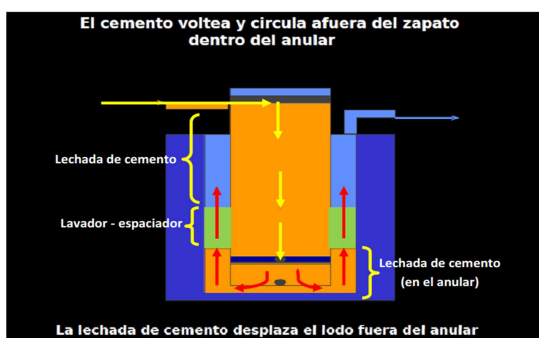
Una de las características principales es que la lechada inicial es de menor densidad y protege la parte superior del anular del revestimiento.



**Figura 1.3** - Bombeo de la lechada inicial o de relleno.  
**Fuente:** Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera.

### 1.1.1.6. Bombeo de la lechada de cola.

La lechada cola presenta propiedades superiores a las de la lechada de relleno. La lechada de cola es una lechada de mayor densidad, para cubrir la sección inferior del anular desde el fondo del agujero.



**Figura 1.4** - Bombeo de la lechada de cola.  
**Fuente:** Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera.

#### **1.1.1.7. Lanzamiento del tapón superior.**

El tapón superior es lanzado al final del trabajo de cementación con el objeto de separar la lechada del fluido de desplazamiento que se bombea en la siguiente etapa del proceso, y evitar así que sea contaminada por dicho fluido.

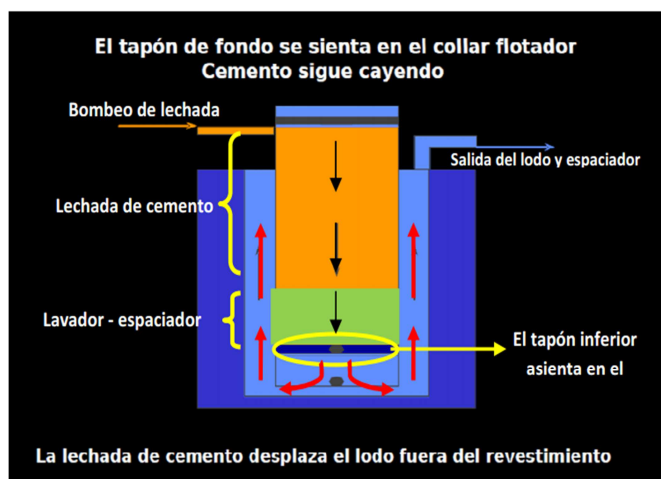
#### **1.1.1.8. Desplazamiento de las lechadas.**

El fluido de desplazamiento empuja el tapón superior y la lechada hacia abajo por la tubería de revestimiento.

Cuando el tapón limpiador inferior llega al collar de flotación, la membrana situada en su parte superior se rompe y la lechada es bombeada, saliendo de la parte inferior de la tubería de revestimiento y subiendo por el anular. (Halliburton, Manual de Técnicas de Cementación, 1997, págs. 8-13)

En el instante en el que el tapón superior llega al tapón inferior, existirá un incremento de presión. Las lechadas de cementación se encuentran en el espacio anular y en el recorrido de la zapata. El trabajo habrá terminado cuando se indique un aumento de presión en la superficie y el proceso de desplazamiento haya terminado.

Al final retornarán de 2 a 5 barriles y parará el flujo. Si este flujo de retorno continúa, significa que hay fugas en el collar de flotación.



**Figura 1.5** - Desplazamiento de las lechadas y tapones.  
**Fuente:** Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera.

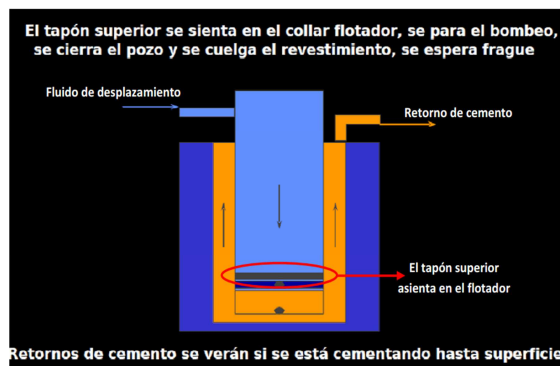
#### 1.1.1.9. Comprobación de retorno de fluido.

El collar consta de una válvula de retención que evita que los fluidos retornen por la tubería de revestimiento.

Es importante comprobar al final del trabajo que el collar de flotación o la zapata de flotación no presenten fugas.

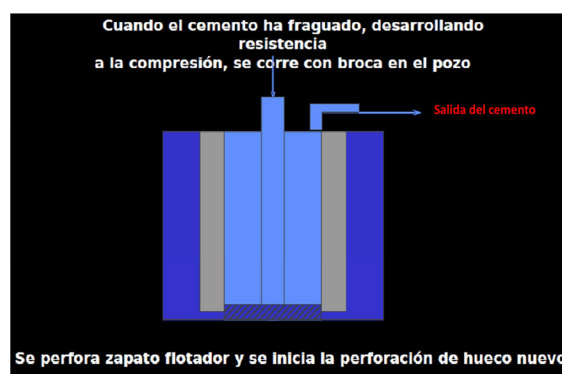
Tienen que funcionar correctamente para que así puedan retornar de 2 a 5 barriles y luego se interrumpirá el flujo.

Si éste flujo de retorno continúa, significa que el collar de flotación tiene algún defecto.



**Figura 1.6** - Comprobación de retorno de fluido.  
**Fuente:** Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera.

#### 1.1.1.10. Perforación del siguiente tramo si corresponde.



**Figura 1.7** - Perforación del siguiente tramo si corresponde.  
**Fuente:** Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera.

#### 1.1.2. Cementación Secundaria o Squeeze.

Es el proceso que consiste en inyectar cemento a presión a través de disparos en la tubería de revestimiento al espacio anular. Esta es una medida para remediar una cementación primaria defectuosa en la TR. (BJ Services-EDC LAR, Manual de Cementación, 1998, pág. 22)

## 1.2. Cemento

Se denomina cemento a un conglomerante hidráulico que, mezclado con agregados pétreos (grava, arena, etc.) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, formando el concreto. (EP Petroecuador, Glosario de la Industria Hidrocarburífera, 2001, pág. 26)

### 1.2.1. Tipos y Características del Cemento.

Según el API, los cementos pueden ser clasificados en:

Clase API	Agua de mezcla (gl/sxs)	Densidad de lechada (lb/gal)	Profundidad (pies)	Temperatura de fondo (°F)
A (Portland)	5,2	15,6	0 - 6000	80 - 170
B (Portland)	5,2	15,6	0 - 6000	80 - 170
C (Alta Temprana)	6,3	14,8	0 - 6000	80 - 170
D (Retardada)	4,3	16,4	6000 - 10000	170 - 230
E (California Básico)	4,3	16,4	10000 - 14000	170 - 230
F	4,3	16,4	10000 - 16000	230 - 320
G	5	15,8	0 - 8000	80 - 200
H	5	16,4	0 - 8000	80 - 200

**Tabla I** - Clasificación API del Cemento.

**Elaborado por:** Borbor Edinson-Torres Johnny, 2014

### 1.3. Aditivos.

Las mezclas agua-cemento utilizadas en la industria petrolera, contienen un tipo de aditivo para variar alguna propiedad de la mezcla original.

Para el diseño de las lechadas de cada una de las secciones del pozo EDJO 15 se utilizó 2 tipos de cementos, en este caso el A y G, dependiendo de las profundidades y condiciones de nuestro pozo como la presión y la temperatura de fondo; de la misma manera el empleo de diferentes tipos de aditivos que se describen a continuación:

- A-7L y A-3L son aceleradores que reducen el tiempo de fraguado.
- R-8 es un retardador que prolonga el tiempo de fraguado.
- EC-1 es un aditivo expansivo.
- CD-33 es un dispersante para controlar la viscosidad de las lechadas.
- BA-10B es aditivo para mejorar la adherencia del cemento a las paredes de la formación y del casing.
- FL-54 es un aditivo para evitar la pérdida de agua y promover una sedimentación o deshidratación de la lechada.

- MPA-33 es un aditivo multipropósito para dar más estabilidad a las lechadas de cemento.
- FP-6L y FP-12L son antiespumantes usados para minimizar la formación de espuma.
- GW-22 es un gelificante.

Categoría de aditivos	Funciones
Aceleradores	Reducen el tiempo de fraguado de los sistemas de cemento
Retardadores	Prolongan el tiempo de fraguado de los sistemas de cemento.
Extendedores	Bajan la densidad de los sistemas de cemento.
Densificantes	Incrementan la densidad de los sistemas de cemento.
Dispersantes	Reducen la viscosidad de las lechadas de cemento.
Controladores de filtrado	Controlan la pérdida de la fase acuosa de los sistemas de cemento, frente a zonas permeables.
Controladores de pérdida de circulación	Controlan la pérdida de cemento hacia zonas débiles de la formación o fracturas.
Aditivos especiales	Aditivos para la cementación, tales como espumantes, etc.

**Tabla II** - Clasificación de aditivos y sus funciones.  
**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014

#### **1.4. Lavadores y espaciadores.**

Es necesario el uso de espaciadores y lavadores para separar el fluido de perforación de la lechada de cemento, lavar el fluido de perforación en el hueco y acondicionarlo para la lechada de cemento.

Los lavadores y espaciadores utilizados en el diseño de cemento en el pozo EDJO 15 son los siguientes:

- Agua tratada
- Spacer
- Mud Clean Acid
- MCS-W Spacer
- Sure Bond

#### **1.5. Equipos de cementación.**

##### **1.5.1. Equipos de superficie.**

##### **1.5.1.1. Cabezal de cementación.**

Este equipo de superficie conecta a la línea de descarga de la unidad de cemento hacia la parte superior de la tubería de revestimiento.

Sirve para alojar los tapones de barrido superior e inferior; está provista de un manifold o arreglo de válvulas, y al hacer un determinado alineamiento de ellas se puede desplazar los tapones de barrido hasta su punto de asentamiento.





**Figura 1.8 - Cabezal de cementación.**  
**Fuente: BJ-Services.**

#### **1.5.1.2. Unidades de Cementación y Bombeo.**

Son equipos con sistemas mecánicos, electrónicos y de flujo diseñados para mezclar y bombear la lechada de cemento en el pozo; estas unidades están equipadas con motores estacionarios que proveen toda potencia hidráulica, eléctrica, neumática y mecánica que se necesita durante una operación.

Este tipo de unidades en su diseño tienen un perfecto sistema de líneas de flujo de fluidos, ya que cuenta con líneas de flujo para la succión, para la descarga y para la recirculación de cualquier tipo de fluido.

Todo está controlado con válvulas para una adecuada operación del sistema.

En las unidades de cementación podemos encontrar una batea de mezcla de lechada, donde se prepara la misma de una forma continua y se envía al pozo ayudado por las bombas de desplazamiento positivo por lo general triplex.

En la industria petrolera existen diseños de unidades de cementación para trabajos en tierra las mismas que pueden estar montadas en camiones o plataformas; y también diseños para trabajos costa afuera que pueden estar montadas sobre skid. El uso de cada uno depende de los requerimientos y disponibilidades de las empresas tanto contratistas como de las de servicios.



**Figura 1.9** - Unidad de cementación on-shore.  
**Fuente:** BJ-Services.



**Figura 1.10** - Unidad de cementación off-shore.  
**Fuente:** BJ-Services.

### 1.5.1.3. Unidades de mezclado o batch mixer.

Este tipo de unidades son un tipo de compartimentos de mezcla donde se puede preparar una lechada de cemento garantizando que será homogénea y que tendrá propiedades óptimas de diseño.

La mezcla se logra utilizando energía centrífuga, que se logra recirculando el fluido que se encuentra en los compartimentos con una bomba centrífuga; y a su vez accionada hidráulicamente mediante la fuerza mecánica de un motor de combustión interna.



**Figura 1.11** - Unidad de mezcla o batch mixer.

**Fuente:** BJ-Services.

### 1.5.1.4. Unidades de almacenamiento de cemento seco.

Pueden ser silos montados sobre skids o también silos montados en plataformas para ser transportados con camiones.

Su funcionamiento es bastante sencillo, simplemente utilizando un compresor de aire se procede a presurizar el compartimento donde se encuentra el cemento con unos +/-28 Psi, es así que cuando se descarga, el aire presurizado empuja al cemento al punto de menor presión; esto sería en la línea de recirculación justo en el punto donde se une el cemento con el fluido de mezcla. (BJ Services-EDC LAR, Manual de Equipos de Cementación, 2004, págs. 98-113)

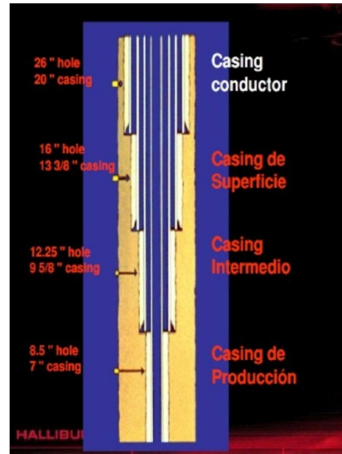


**Figura 1.12** - Almacenamiento de cemento seco.  
**Fuente:** BJ-Services.

## **1.5.2. Dispositivos de fondo y accesorios de cementación.**

### **1.5.2.1. Revestidor.**

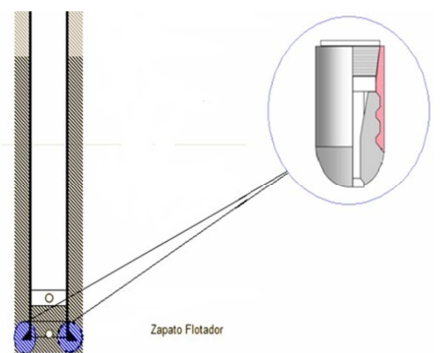
Tuberías de acero que se introducen en el hoyo perforado y que son cementadas para lograr la protección del hoyo y permitir el flujo de fluidos desde el yacimiento hasta superficie. (Halliburton, Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera I, 1997, pág. 5)



**Figura 1.13 - Tipos de casing.**  
**Fuente:** Manual de Halliburton.

#### 1.5.2.2. Zapata Guía.

La zapata guía es una herramienta de fondo que va roscado justo en la punta de la sarta del casing para guiar a la misma hasta su punto de asentamiento y así evitar cualquier atrapamiento durante la corrida; está provisto de un orificio justo en el centro del dispositivo para permitir la circulación tanto del lodo como de la lechada de cemento.

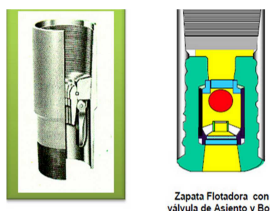


**Figura 1.14 - Zapata guía.**  
**Fuente:** BJ-Services.

### 1.5.2.3. Collar Flotador.

El collar flotador sirve como punto de asentamiento para los tapones de barrido y como sistema de cierre para evitar el retorno del fluido actuando como una válvula Check; 2 o 3 juntas antes de la zapata.

Cuenta una válvula de bola, que ayuda a prevenir que el cemento que se encuentra en el espacio anular regrese a la tubería de revestimiento.



**Figura 1.15 - Collar flotador.**  
Fuente: BJ-Services.

### 1.5.2.4. Colgador de Liner (Liner Hanger)

El colgador del liner es una herramienta cuya función es sujetarlo al revistidor por medio de una manobra hidráulica o mecánica y está colocada en la parte superior de la tubería de liner.



**Figura 1.16 - Liner Hanger.**  
Fuente: Manual de Halliburton.

#### 1.5.2.5. Dardo de desplazamiento.

El dardo de desplazamiento es un dispositivo utilizado para separar las fases de los fluidos de perforación y las lechadas de cemento cuando es cementado el liner.

Este dispositivo limpia la cañería de perforación, hasta llegar al tapón de desplazamiento que se encuentra en la herramienta fijadora.



**Figura 1.17** - Dardo de desplazamiento.

**Fuente:** BJ-Services.

#### 1.5.2.6. Tapón de desplazamiento de liner.

El tapón de desplazamiento es un accesorio de cementación que se utiliza para separar las fases entre los fluidos de desplazamiento y la lechada de cemento en el interior de la cañería nueva cuando se cementa un liner.

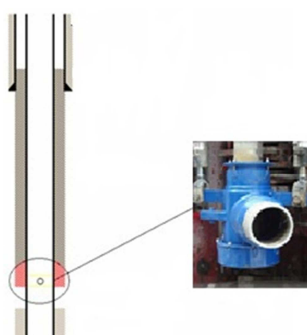


**Figura 1.18** - Tapón desplazamiento liner.

**Fuente:** BJ-Services.

### 1.5.2.7. Diverter Tool o DV Tool.

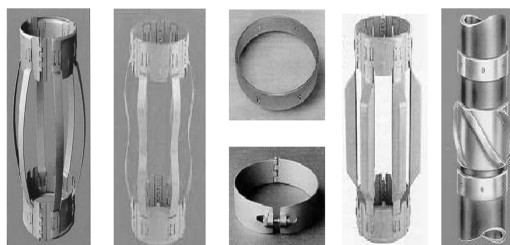
El diverter tool es una herramienta utilizada en cementaciones multi etapas o para colocar tapones de cemento en una profundidad requerida en pozo abierto, con el efecto de aislar zonas, controlar pérdidas de circulación, abandono de pozos u otras aplicaciones.



**Figura 1.19 - Dv Tool.**  
**Fuente:** BJ-Services.

### 1.5.2.8. Centralizadores.

Los centralizadores son accesorios que sirven para centralizar la tubería de revestimiento en el hueco para lograr una distribución uniforme del cemento alrededor del pozo, evitar zonas sin cemento y lodos no removidos.

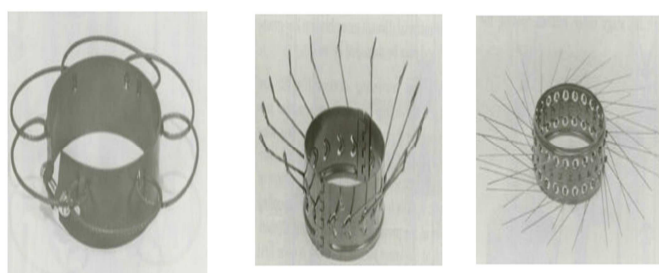


**Figura 1.20 – Centralizadores.**  
**Fuente:** BJ-Services.



### 1.5.2.9. Raspadores.

Cepillos de acero que pueden ser amordazados en el exterior de la tubería de revestimiento y asegurados con collares de parada. Utilizado para remover el revoque grueso dejado por el lodo de perforación.



**Figura 1.21 – Raspadores.**

**Fuente:** BJ-Services.

### 1.5.2.10. Tapones de Cementación.

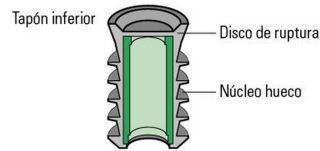
Los tapones de cemento son utilizados para separar la lechada de cementación del espaciador o lodo para prevenir la contaminación.

Según su posición se tiene el tapón superior y el tapón inferior.

(Schlumberger, 2014)

#### 1.5.2.10.1. Tapón Inferior.

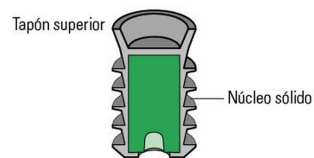
El tapón inferior limpia las paredes del revestidor y separa el cemento del lodo de perforación, su interior es de caucho y al asentarse en el collar flotador permite el paso del cemento.



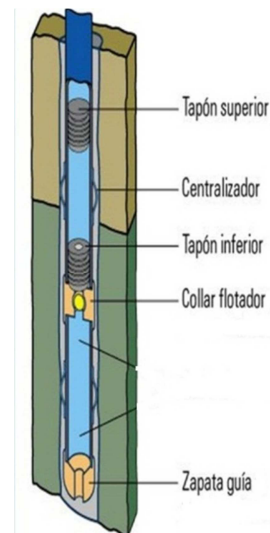
**Figura 1.22 - Tapón inferior.**  
**Fuente:** Oilfield Glossary, Schlumberger

#### 1.5.2.10.2. Tapón Superior.

Separa la mezcla de cemento con el fluido desplazante reduciendo al mínimo la contaminación.



**Figura 1.23 - Tapón superior.**  
**Fuente:** Oilfield Glossary, Schlumberger



**Figura 1.24 - Ubicación de las herramientas.**  
**Fuente:** Oilfield Glossary, Schlumberger.

### 1.5.3. Equipos de ensayos de laboratorio.

Los laboratorios están equipados para diseñar, probar y evaluar cementos y aditivos para todas las cementaciones de pozos.

#### 1.5.3.1. Analizador ultrasónico de cemento (UCA).

El UCA es el instrumento que se emplea para monitorear el desarrollo de la resistencia a la compresión de una muestra de cemento (sus valores nominales son 400°F y 20.000 psi). Determina cuando el cemento ha alcanzado un nivel satisfactorio de desarrollo de resistencia a la compresión y le evita tener que esperar que transcurra un tiempo arbitrario de curado.



**Figura 1.25** - Analizador ultrasónico de cemento.  
**Fuente:** BJ-Services.

#### 1.5.3.2. Consistómetro de presión atmosférica.

El consistómetro de presión atmosférica es un aparato que se utiliza para acondicionar lechadas para realizar los ensayos destinados a determinar la cantidad de agua libre que existe en una lechada y la cantidad de pérdida por filtrado.

El dispositivo puede ser calibrado a temperaturas en un rango de entre 32°F (0°C) y 200°F (93.3°C).



**Figura 1.26 - Consistómetro de presión atmosférica.**  
**Fuente: BJ-Services.**

### **1.5.3.3. Consistómetro presurizado.**

El consistómetro presurizado es un dispositivo utilizado para determinar el tiempo de bombeabilidad o el tiempo que una lechada de cemento permanecerá fluida bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, que pueden ir hasta 40000 Psi y 600°F (315°C).

Estas pruebas resultan de utilidad al comparar varios cementos de pozos petroleros.



**Figura 1.27 - Consistómetro presurizado.**  
**Fuente: BJ-Services.**

#### 1.5.3.4. Filtro Prensa.

El filtro prensa es un dispositivo que se utiliza para determinar la cantidad de pérdida de fluido en una prueba de filtración.

El filtro prensa se encuentra disponible en dos modalidades: una que opera a temperatura ambiente y una presión de 100 psi y otra que funciona a alta presión (1000 psi) y alta temperatura (400° F).



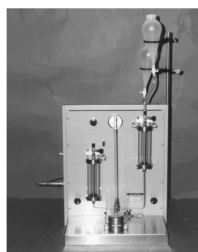
**Figura 1.28 - Filtro prensa.**

**Fuente:** BJ-Services.

#### 1.5.3.5. Permeabilímetro.

El permeabilímetro es un equipo usado para determinar la permeabilidad al agua del cemento fraguado.

Esta constituido de un molde de acero inoxidable, un sujetador, un manómetro de presión y pipetas graduadas.

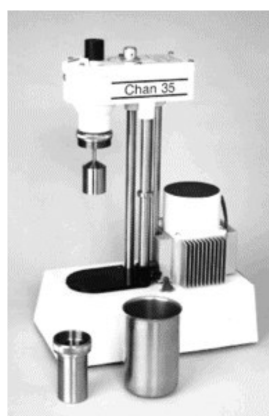


**Figura 1.29 - Permeabilímetro.**

**Fuente:** BJ-Services.

#### 1.5.3.6. Viscosímetro Fann.

El viscosímetro fann es un instrumento versátil que se utiliza en el laboratorio para determinar las características de la viscosidad de una lechada en función del tiempo.



**Figura 1.30 - Viscosímetro Fann.**  
**Fuente: BJ-Services.**

# CAPÍTULO 2

## **2. GENERALIDADES DEL CAMPO VIRGINIA Y EL POZO EDJO**

### **15**

En esta parte del informe se desarrolla una descripción general de las características que presenta el campo Virginia. También se expondrán las características del pozo EDJO 15, que se perforó en el campo antes mencionado.

#### **2.1. Historia**

El Campo Virginia fue descubierto por la Compañía Texaco en el año 1970 mediante la perforación del pozo EDJO-01, con una producción inicial de 740 BPPD de la arenisca Hollín y 23' BPPD de la arenisca "T", considerado a ese entonces económicamente no rentable.

Una vez que está área fue revertida a CEPE, esta corporación a base de una compañía de investigación sísmica y de reinterpretación sísmica del campo, perfora el pozo de desarrollo EDJO-02 del cual se obtuvo 2553 BPPD de 26° API de la arenisca Hollín, 1583 BPPD de 34° API de la arenisca “ T” y 120 BPPD de 29° API de la arenisca “U” considerándose rentables. A inicios del año 2008, el Campo Virginia fue adjudicado como Campo Marginal al Consorcio Petrolero CPA, el cual nominó a SUELPETROL como compañía operadora y entró en operación el 18 de abril del 2008, con una producción inicial aproximada de 2200 BPPD. Como dato histórico relevante cabe mencionar la producción del pozo EDJO-08, misma que fue de 456 BPPD con gravedad de 44° API de la arena T superior. Al 30 de junio del 2011 el Campo Virginia cuenta con un total de 12 pozos productores y un pozo reinyector con una producción aproximada de 2300 BPPD. (EP Petroecuador, 2014)

## **2.2. Ubicación.**

El Campo Virginia se encuentra ubicado en la Provincia de Francisco de Orellana, en el centro oeste de la cuenca oriente; al este el Campo Sacha, al suroeste de los Campos Paraíso, Biguno, Huachito y al norte el Campo Palo Azul.



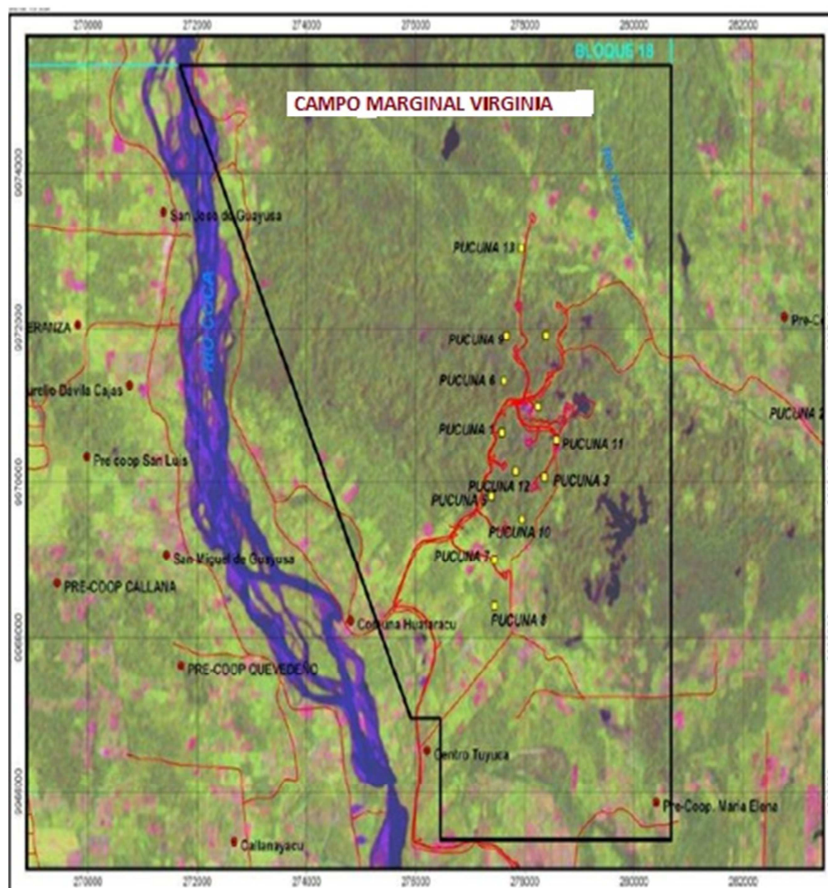
La ubicación geográfica del campo se suscribe a:

LONGITUD 76°58'00" OESTE

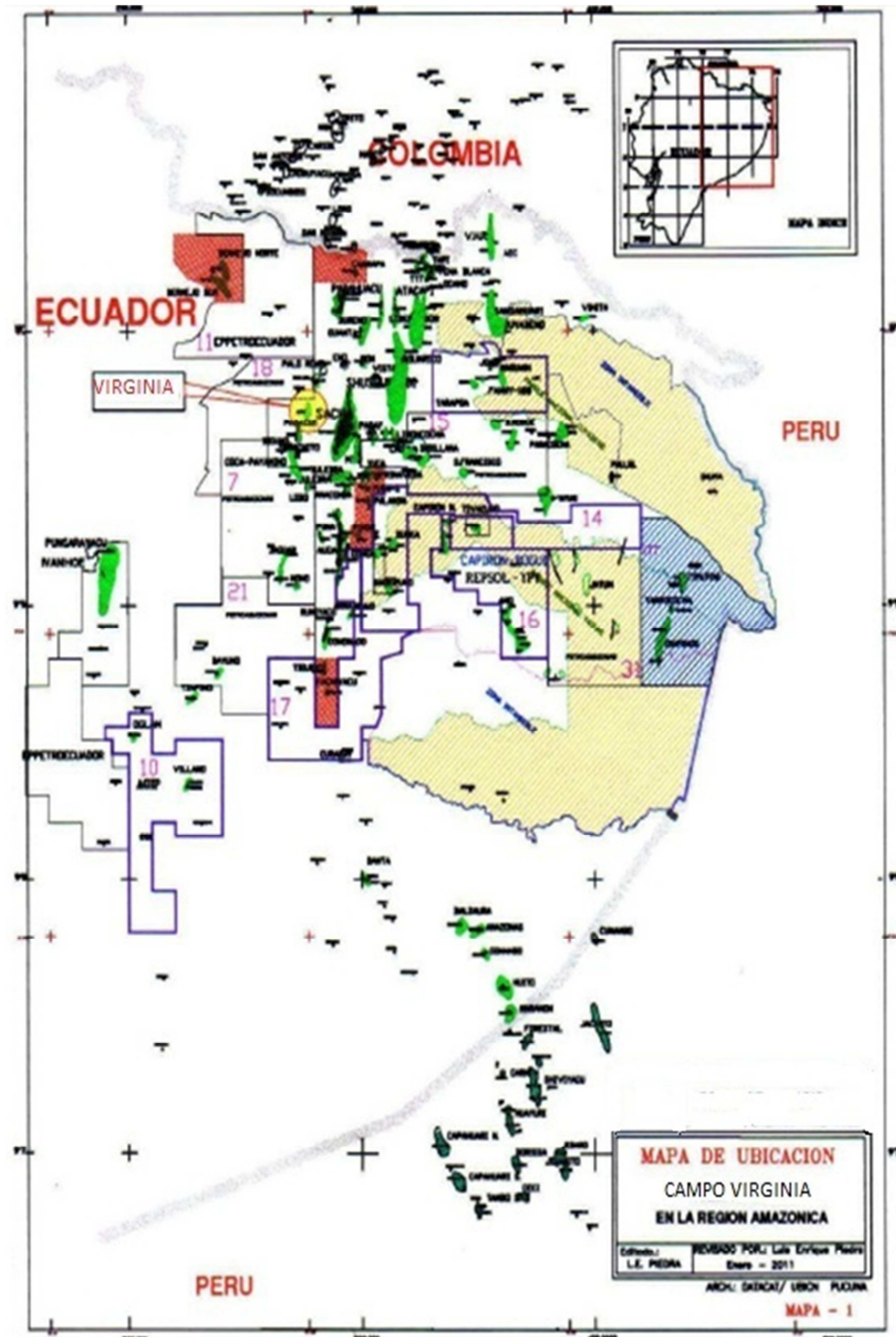
77°04'00" ESTE

LATITUD 00°13'00" SUR

00°18'00" SUR



**Mapa I - Ubicación de Pozos del Campo Virginia.**  
**Fuente:** Ingeniería de Petróleo – EP Petroecuador.



**Mapa II – Ubicación General del Campo Virginia.**  
**Fuente:** Ingeniería de Petróleo – EP Petroecuador.

### 2.3. Datos Generales.

El Campo Virginia cuenta con una estación de producción denominada Estación Virginia, en la cual se procesa todo el crudo, gas y agua proveniente de los 15 pozos productores.

La Estación Virginia, de los 15 pozos productores, maneja un promedio de producción diaria de 2300 bbls de petróleo con un 25,6% de BWS, de 30,8° API y una producción de gas de 554 MPC.

La producción del Campo se inició el 4 de Abril de 1990 con el Pozo EDJO-02, durante ese mes de abril la producción promedio de Campo fue de 1600 BPPD con tres pozos: EDJO-02, EDJO-03 y EDJO-05 de la arenisca T.

Nº De Pozos	15
Nº De Pozos Productores	15
Nº De Pozos Inyectores	0
Fecha de Inicio de Producción, Año	1,990
Grado API (°) Promedio de campo	30,8
BSW (%)	25,6
Producción diaria de petróleo, BPPD	2300
Producción diaria de gas	554

**Tabla III** - Datos generales del Campo Virginia.

**Fuente:** Ingeniería de Petróleo – EP Petroecuador.

## 2.4. Características del pozo.

Se perforó un pozo direccional tipo “S”(EDJO 15), con el objetivo de alcanzar las arenas “U inferior”, “T inferior”, “Hollín inferior”.

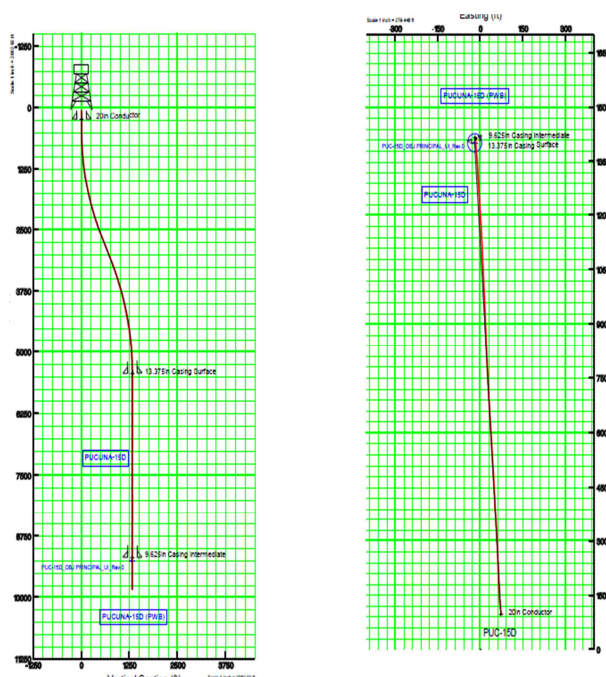
En este pozo se programara realizar la cementación en 4 etapas:

1º etapa.- T.R. Conductor.

2º etapa.- T.R. Superficial.

3º etapa.- T.R. Intermedio.

4º etapa.- Liner de Producción.



**Figura 2.1 - Diagrama propuesto para la cementación.**  
Fuente: EP Petroecuador

# CAPÍTULO 3

## **3. CEMENTACIÓN DEL POZO EDJO 15.**

### **3.1. Generalidades del Pozo.**

El pozo EDJO 15 es un pozo direccional tipo “S” de desarrollo, perforado para evaluar reservas del reservorio “Hollín Inferior”

Inició perforación el 24 de marzo de 2012 a las 10:00 horas y culminó con Setting Tool en superficie el 17 de abril de 2012 a las 23:00 horas.

### **3.2. Programa de Cementación.**

El programa de cementación constará de 4 secciones, que se desarrollarán luego de cada una de las perforaciones a diferentes profundidades:

**3.2.1. Sección 26"**

- Se armó y se probó líneas de cementación con 2000 psi.
- Se bombeó 10 bbls de agua tratada.
- Se mezcló y se bombeó 60 bbls de lechada principal de 15.6 lb/g.
- Se desplazó con 2.5 bbls de agua.
- Se desplazó con 79 bbls de lodo.

**3.2.2. Sección 16"**

- Se bombeó 5 bbls de agua tratada a 8.3 ppg.
- Se bombeó 50 bbls de Spacer a 11.5 ppg.
- Se bombeó 10 bbls de agua tratada y se soltara tapón inferior.
- Se mezcló y se bombeó 451 bbls de lechada de relleno a 13.5 ppg.
- Se mezcló y se bombeó 42 bbls de lechada de cola a 15.8 ppg.
- Se liberó tapón de tope con 10 bbls de agua.
- Se desplazó con bomba del taladro 830 bbls de lodo.
- La presión final de asentamiento fue 1050 psi y se asentó el tapón a 1650 psi.

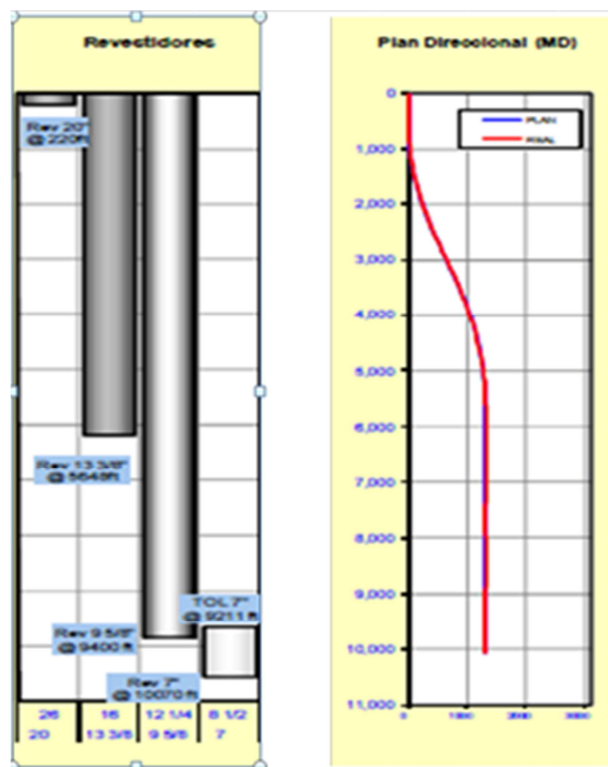
**3.2.3. Sección 12 ¼ "**

- Se bombeó 30 bbls de Mud Clean Acid a 9.6 ppg.
- Se bombeó 10 bbls de agua densificada a 9.6 ppg.
- Se soltó tapón inferior con 10 bbls de agua.

- Se bombeó 65 bbls de lechada removedora a 13.0 ppg.
- Se bombeó 173 bbls de lechada de relleno a 13.5 ppg.
- Se bombeó 71 bbls de lechada de cola a 14.8 ppg.
- Se soltó tapón superior con 10 bbls de agua.
- Se desplazó con bombas del taladro 685 bbls de lodo a 10.4 ppg.
- La presión final de desplazamiento fue 1000 psi y se asentó el tapón a 1600 psi.

#### **3.2.4. Sección 8 ½ ”.**

- Se probó líneas con 6000 psi x 10 min.
- Se bombeó 40 bbls de Mud Clean Acid de 9.6 ppg.
- Se bombeó 10 bbls de agua tratada de 9.6 ppg.
- Se bombeó 40 bbls de MCS-W Spacer de 11 ppg.
- Se bombeó 5 bbls de agua tratada de 9.6 ppg.
- Se bombeó 20 bbls de Sure Bond de 9 ppg.
- Se bombeó 10 bbls de agua tratada de 9.6 ppg.
- Se mezcló y se bombeó 15 bbls de lechada de relleno de 14.8 ppg.
- Se mezcló y se bombeó 25 bbls de lechada de cola de 14.8 ppg.
- Se soltó tapón dardo.
- Se desplazó con 190 bbls.



**Figura 3.1 - Diagrama propuesto para la cementación.**  
**Fuente:** EP Petroecuador.

### 3.3. Cementación Tubería de Revestimiento Conductora Sección 26”.

Se perforó hasta alcanzar la profundidad de 220 pies (MD) con una broca de 26”, en este punto se procedió a bajar una tubería de revestimiento de 20” OD.

La cementación contó con una lechada principal, y se probó líneas de cementación con 2000 psi, que se colocó en el fondo de ésta hasta 220 pies sobre el zapato guía; y la lechada estuvo compuesta de CEMENTO "A" + 0,2%CD-33 + 2 GHS FP-6L (TODO AL AGUA) .



### 3.3.1. Cálculos de Volúmenes para Cementación de la Sección 26”.

Para calcular el volumen (V) en barriles (bbls) de los diferentes tipos de fluidos se utilizó las siguientes fórmulas y los siguientes datos del pozo:

Superficial	Valor	Unidad	Descripción
D <sub>1</sub>	26 (ID)	Pulgadas	ID de la Broca.
D <sub>2</sub>	20 (OD)	Pulgadas	OD de la TR Conductor.
D <sub>3</sub>	19,124 (ID)	Pulgadas	ID de la TR Conductor.
H <sub>1</sub>	220	Pies	Longitud del Conductor
R <sub>1</sub>	1,36	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de la Lechada de Cola.

**Tabla IV - Nomenclaturas y valores del T.R. Conductor.**  
**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014

- Capacidad del anular.

$$C_1 = \left[ \frac{D_1^2 - D_2^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_1 = \left[ \frac{(ID)^2 - (OD)^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_1 = \left[ \frac{(26")^2 - (20")^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_1 = \left[ \frac{276}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_1 = 0,268117349 \text{ bbls/ft}$$

- Volumen de lechada de cola.

$$V_1 = \left[ (C_1) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_1) \text{ft} \right]$$

$$V_1 = \left[ (0,2681) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (220) \text{ft} \right]$$

$$V_1 = 60 \text{ bbls}$$

- Volumen de desplazamiento.

$$V_2 = \left[ \frac{D_3^2}{1029,4} \times H_1 \right] \Rightarrow$$

$$V_2 = \left[ \frac{(\text{ID})^2}{1029,4} \times H_1 \right] \Rightarrow$$

$$V_2 = \left[ \frac{(19,124")^2}{1029,4} \times 220 \text{ ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_2 = \left[ 0,355282082 \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times 220 \text{ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_2 = 79 \text{ bbls}$$

- Cantidad de sacos lechada de cola.

$$Sx_1 = \frac{(V_1 \times 5,615)}{R_1} \Rightarrow$$

$$Sx_1 = \frac{(60 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,36 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow$$

$$Sx_1 = 248 \text{ Sxs}$$

### 3.3.2. Resultados Volúmenes para la Cementación.

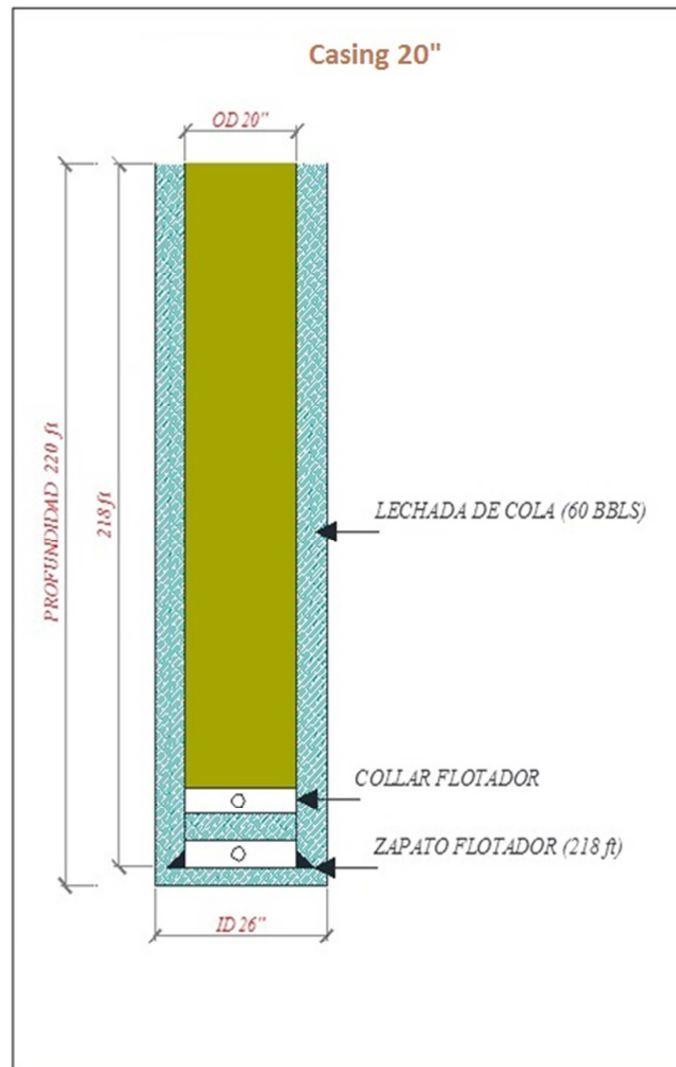
	T.R. Conductor	
	Sin Exceso	Con Exceso
Volumen lechada de Cola (bls.)	60	
Sacos de lechada de cola	248	
Volumen de desplazamiento (bls.)	79	

**Tabla V** - Resultados del T.R Conductor.

**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014

### 3.3.3. Secuencia Operacional.

- Con T.R. en el fondo circular con bombas del taladro hasta obtener retornos limpios.
- Instalar cabezal de cementación.
- Llenar y probar líneas a 2000 psi por 5 minutos para verificar que no existen ningún tipo de fugas.
- Bombear 10 bbls de agua tratada.
- Soltar tapón inferior flexible (Hembra).
- Mezclar y bombear 60 bbls de lechada de cola a 15.6 lb/gal.
- Soltar tapón de tope.
- Bombear 2.5 bbls de agua atrás del tapón de tope.
- Desplazar 79 bbls con bombas del taladro.



**Figura 3.2 - Diagrama de la Cementación de T.R. Conectora.**  
**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014

#### 3.4. Cementación Tubería de Revestimiento Sección 16".

Se perforó hasta alcanzar la profundidad de 5650 pies (MD) con una broca de 16", en este punto se procedió a bajar una tubería de revestimiento de 13 3/8" de diámetro.

La cementación contó con una lechada de relleno, que se colocó en el fondo de esta hasta 5150 pies antes del zapato guía; y una lechada de cola desde la lechada anterior hasta 5650 pies sobre el zapato guía anterior.

### 3.4.1. Cálculos de Volúmenes para Cementación Sección 16”.

Para calcular el volumen (V) en barriles (bbls) de los diferentes tipos de fluidos se utilizó las siguientes fórmulas y los siguientes datos del pozo:

Intermedio	Valor	Unidad	Descripción
D <sub>3</sub>	19.124	pulgadas	ID de la T.R. Conductor.
D <sub>4</sub>	16	pulgadas	ID de broca.
D <sub>5</sub>	13.375	pulgadas	OD de la T.R. Superficial.
D <sub>6</sub>	12.347	pulgadas	ID de la T.R. Superficial.
H <sub>1</sub>	220	pies	Longitud de la T.R. Conductor.
H <sub>2</sub>	5150	pies	Longitud del tope del cemento de relleno T.R. Superficial.
H <sub>3</sub>	5650	pies	Longitud del pozo.
H <sub>4</sub>	5608	pies	Longitud hasta el collar flotador del T.R Superficial.
R <sub>2</sub>	1,98	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada de relleno.
R <sub>3</sub>	1,35	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada de cola.

**Tabla VI - Nomenclaturas y valores del T.R Superficial.  
Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014

- Capacidad del anular #2.

$$C_2 = \left[ \frac{D_4^2 - D_5^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = \left[ \frac{(ID)^2 - (OD)^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = \left[ \frac{(16")^2 - (13,375")^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = \left[ \frac{77,11}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = 0,074907106 \text{ bbls/ft}$$

- Capacidad del anular #3.

$$C_3 = \left[ \frac{D_3^2 - D_5^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_3 = \left[ \frac{(ID)^2 - (OD)^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_3 = \left[ \frac{(19,124")^2 - (13,375")^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_3 = \left[ \frac{187}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_3 = 0,181500632 \text{ bbls/ft}$$

- Volumen de lechada de relleno.

$$V_2 = \left[ (C_2) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_2)\text{ft} \right] + \left[ (C_3) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_1)\text{ft} \right]$$

$$V_2 = \left[ (0,074907106) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (4930)\text{ft} \right] + \left[ (0,181500632) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (220)\text{ft} \right]$$

$$V_2 = [(370)\text{bbls}] + [(40)\text{bbls}]$$

$$V_2 = 410 \text{ bbls}$$

- Volumen de lechada de cola.

$$V_3 = \left[ (C_2) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_3) \text{ft} \right]$$

$$V_3 = \left[ (0,074907106) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (500) \text{ft} \right]$$

$$V_3 = 38 \text{bbls}$$

- Volumen de desplazamiento.

$$V_2 = \left[ \frac{D_6^2}{1029,4} \times H_4 \right] \Rightarrow$$

$$V_2 = \left[ \frac{(\text{ID})^2}{1029,4} \times H_4 \right] \Rightarrow$$

$$V_2 = \left[ \frac{(12,347)^2}{1029,4} \times 5608 \text{ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_2 = \left[ 0,148094432 \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times 5608 \text{ft} \right] \Rightarrow 830 \text{bbls}$$

- Volumen con exceso.

$$V_{2t} = V_2 + (V_2 \times \text{Exceso})$$

$$V_{3t} = V_3 + (V_3 \times \text{Exceso})$$

- Volumen de lechada de relleno con exceso de 10%.

$$V_{2t} = V_2 + (V_2 \times \text{Exceso})$$

$$V_{2t} = 410 \text{bbls} + (410 \text{bbls} \times 0,1)$$

$$V_{2t} = 410 \text{bbls} + (41 \text{bbls})$$

$$V_{2t} = 451 \text{bbls}$$

- Volumen de lechada de cola con exceso de 10%.

$$V_{3t} = V_3 + (V_3 \times \text{Exceso})$$

$$V_{3t} = 38 \text{ bbls} + (38 \text{ bbls} \times 0,1\%)$$

$$V_{3t} = 38 \text{ bbls} + (3,8 \text{ bbls})$$

$$V_{3t} = 42 \text{ bbls}$$

Según trabajos realizados anteriormente se consideró un exceso del 10 % en las lechadas, tanto de relleno como la de cola.

- Cantidad de sacos lechada de relleno.

$$Sx_2 = \frac{(V_{2t} \times 5,615)}{R_2} \Rightarrow$$

$$Sx_2 = \frac{(410 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,98 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow$$

$$Sx_2 = \frac{(2302,15)}{1,98 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow$$

$$Sx_2 = 1162 \text{ Sxs}$$

- Cantidad de sacos lechada de cola.

$$Sx_3 = \frac{(V_{3t} \times 5,615)}{R_3} \Rightarrow$$

$$Sx_3 = \frac{(42 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,35 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow$$

$$Sx_3 = \frac{(235,83)}{1,35 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow 175 \text{ Sxs}$$



### 3.4.2. Resultados Volúmenes para la Cementación.

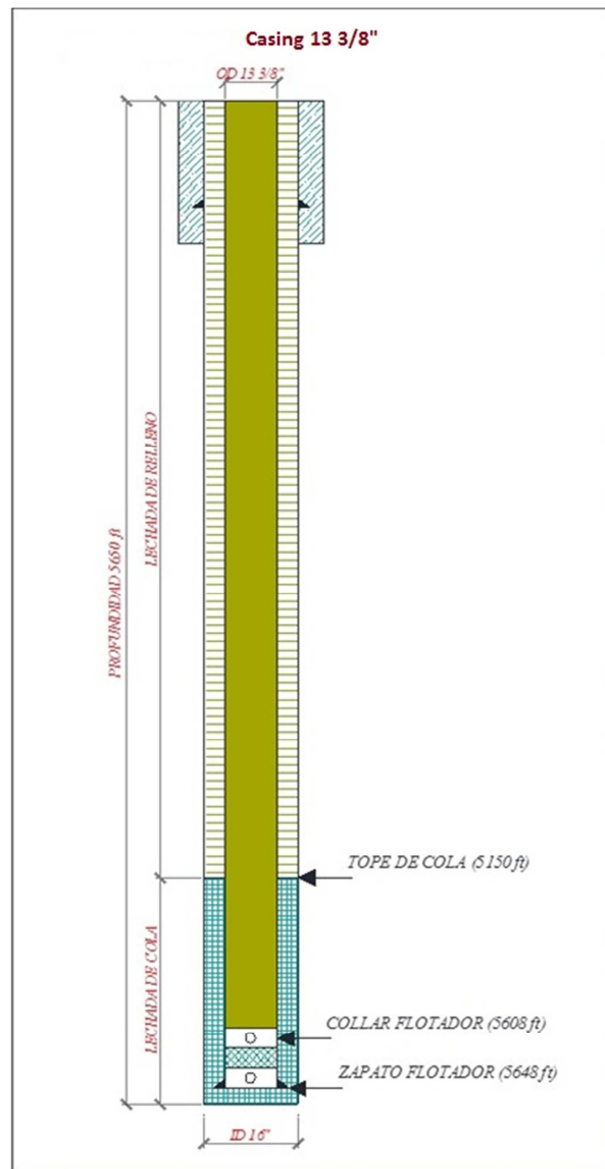
	T.R. Superficial	
	Sin Exceso	Con Exceso
Volumen lechada de cola (bls.)	38	42
Sacos de lechada de cola	175	
Volumen lechada de relleno (bls.)	410	451
Sacos de lechada de relleno	1162	
Volumen de desplazamiento (bls.)	830	

**Tabla VII - Resultados del T.R Superficial.**  
**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014

### 3.4.3. Secuencia Operacional.

- Tubería de Revestimiento en el fondo, circular con bombas del taladro.
- Se instala cabezal de cementación.
- Se reinicia circulación a través de la cabeza de cementación.
- Prueba de líneas 300 psi x 5 min.
- Bombeó 5 bbls de agua tratada a 8.3 ppg.
- Bombeó 50 bbls de Spacer a 11.5 ppg
- Soltando tapón inferior flexible, con 10 bbls de agua tratada.
- Mezcló y bombeó 451 bbls de lechada de relleno a 13.5 ppg.
- Mezcló y bombeó 42 bbls de lechada de cola a 15.8 ppg.
- Suelta tapón superior + inicia desplazamiento con 10 bbls. de agua fresca.

- Desplazó con bomba del taladro 830 bbls de lodo.
- Presión final de asentamiento 1050 psi y asienta tapón con 1650 psi.
- Se termina desarmando equipo de cementación.



**Figura 3.3 - Diagrama de la Cementación T.R. Superficial.**  
**Elaborado por: Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014**

### **3.5. Cementación Tubería de Revestimiento Sección 12 ¼ ”.**

Se comenzó a perforar en la profundidad de 5448 pies (MD) con una broca de 12 ¼ ”.

En este punto se procedió a bajar una tubería de revestimiento de 9 5/8” de diámetro.

La cementación contó con una lechada de relleno.

Se colocó en el fondo de ésta hasta 8266 pies antes del zapato guía.

Además una lechada de cola desde la lechada anterior hasta 9400 pies sobre el zapato guía anterior.

#### **3.5.1. Cálculos de Volúmenes para Cementación 12 ¼ ”.**

Para calcular el volumen (V) en barriles (bbls) de los diferentes tipos de fluidos se utilizó las siguientes fórmulas y los siguientes datos del pozo EDJO 15:

Intermedio	Valor	Unidad	Descripción
D <sub>6</sub>	12,347	pulgadas	Diámetro interno de la T.R. Superficial.
D <sub>7</sub>	12,25	pulgadas	Diametro de broca.
D <sub>8</sub>	9,625	pulgadas	OD de la T.R. Intermedia.
D <sub>9</sub>	8,681	pulgadas	ID de la T.R. Intermedia.
H <sub>3</sub>	5650	Pies	Longitud del hoyo 2 del pozo.
H <sub>5</sub>	200	Pies	Longitud adicional al relleno.
H <sub>6</sub>	861	Pies	Longitud de la lechada removedora.
H <sub>7</sub>	2818	pies	Longitud de la lechada de relleno.
H <sub>8</sub>	1132	pies	Longitud de la lechada de cola.
H <sub>9</sub>	9358	Pies	Longitud de la T.R. Intermedia hasta el zapato flotador.
R <sub>4</sub>	1,60	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada de cola.
R <sub>5</sub>	1,67	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada de relleno.
R <sub>6</sub>	1,85	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada removedora.

**Tabla VIII** - Nomenclaturas y valores del T.R Intermedio.  
**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014.

- Capacidad del anular #2.

$$C_2 = \left[ \frac{D_4^2 - D_5^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = \left[ \frac{(ID)^2 - (OD)^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = \left[ \frac{(16")^2 - (13,375")^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = \left[ \frac{77,11}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_2 = 0,074907106 \text{ bbls/ft}$$

- Capacidad del anular #4.

$$C_4 = \left[ \frac{D_7^2 - D_8^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_4 = \left[ \frac{(ID)^2 - (OD)^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_4 = \left[ \frac{(12,25")^2 - (9,625")^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_4 = \left[ \frac{57,42}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_4 = 0,055781887 \text{ bbls/ft}$$

- Volumen de lechada removedora.

$$V_4 = \left[ (C_2) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_6) \text{ft} \right]$$

$$V_4 = \left[ (0,074907106) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (861) \text{ft} \right]$$

$$V_4 = 65 \text{ bbls}$$

- Volumen de lechada de relleno.

$$V_5 = \left[ (C_2) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_5) \text{ft} \right] + \left[ (C_4) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_7) \text{ft} \right]$$

$$V_5 = \left[ (C_2) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (200) \text{ft} \right] + \left[ (C_4) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (2818) \text{ft} \right]$$

$$V_5 = [(15) \text{bbls}] + [(158) \text{bbls}]$$

$$V_5 = 173 \text{ bbls}$$

- Volumen de lechada de cola.

$$V_6 = \left[ (C_4) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_8) \text{ft} \right]$$

$$V_6 = \left[ (C_4) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (1132) \text{ft} \right]$$

$$V_6 = 64 \text{ bbls}$$

- Volumen de desplazamiento.

$$V_3 = \left[ \frac{D_9^2}{1029,4} \times H_9 \right] \Rightarrow$$

$$V_3 = \left[ \frac{(ID)^2}{1029,4} \times H_9 \right] \Rightarrow$$

$$V_3 = \left[ \frac{(8,681)^2}{1029,4} \times 9358 \text{ ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_3 = \left[ 0,073207461 \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times 9358 \text{ ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_3 = 685 \text{ bbls}$$

- Volumen con exceso.

$$V_{6t} = V_6 + (V_6 \times \text{Exceso})$$

- Volumen de lechada de cola con exceso de 10%.

$$V_{6t} = V_6 + (V_6 \times \text{Exceso})$$

$$V_{6t} = 64 \text{ bbls} + (64 \text{ bbls} \times 0,1\%)$$

$$V_{6t} = 64 \text{ bbls} + (6,4 \text{ bbls})$$

$$V_{6t} = 71 \text{ bbls}$$

Según trabajos realizados anteriormente se consideró un exceso del 10% en las lechada de cola.

- Cantidad de sacos lechada removedora.

$$Sx_4 = \frac{(V_4 \times 5,615)}{R_4} \Rightarrow$$

$$Sx_4 = \frac{(65 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,98 \text{ ft}^3/Sxs} \Rightarrow$$

$$Sx_4 = 185 \text{ Sxs}$$

- Cantidad de sacos lechada de relleno.

$$Sx_5 = \frac{(V_5 \times 5,615)}{R_5} \Rightarrow$$

$$Sx_5 = \frac{(173 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,67 \text{ ft}^3/Sxs} \Rightarrow$$

$$Sx_5 = 582 \text{ Sxs}$$

- Cantidad de sacos lechada de cola.

$$Sx_6 = \frac{(V_{6t} \times 5,615)}{R_6} \Rightarrow$$

$$Sx_6 = \frac{(71 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,60 \text{ ft}^3/Sxs} \Rightarrow$$

$$Sx_6 = \frac{(398,665)}{1,60 \text{ ft}^3/Sxs} \Rightarrow$$

$$Sx_6 = 250 \text{ Sxs}$$

### 3.5.2. Resultados Volúmenes para la Cementación.

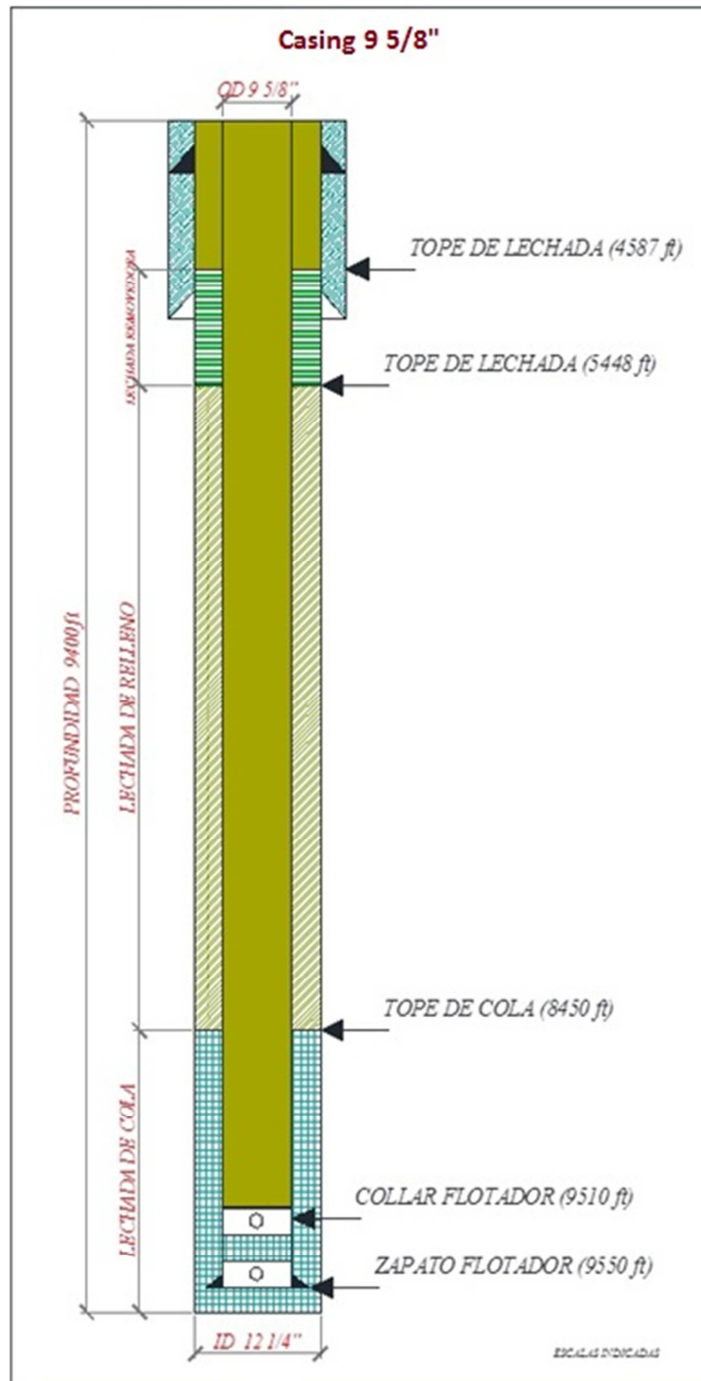
	T.R. Intermedia	
	Sin Exceso	Con Exceso
Volumen Lechada de Cola (bls.)	64	71
Sacos de lechada de cola	250	
Volumen lechada de Relleno (bls.)	173	
Sacos de lechada de relleno	582	
Volumen de lechada removedora (bls.)	65	
Sacos de lechada removedora	185	
Volumen de desplazamiento (bls.)	685	

**Tabla IX - Resultados del T.R Intermedia.**  
**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014



### 3.5.3. Secuencia Operacional.

- Tubería de Revestimiento en el fondo, circular con bombas del taladro.
- Se instala cabezal de cementación.
- Se reinicia circulación a través de la cabeza de cementación.
- Probó líneas de cementación con 3300 psi x 5 min.
- Bombeó 30 bbls de Mud Clean Acid a 9.6 ppg
- Bombeó 10 bbls de agua densificada a 9.6 ppg
- Soltando tapón inferior flexible, con 10 bbls agua tratada.
- Bombeo 65 bbls de lechada removedora a 13.0 ppg.
- Bombeó 173 bbls de lechada de relleno a 13.5 ppg.
- Bombeó 71 bbls de lechada de cola a 14.8 ppg.
- Suelta tapón superior + inicia desplazamiento con 10 bblsde agua fresca
- Desplazó con bombas del taladro 685 bbls de lodo a 10.4 ppg
- Presión final de desplazamiento 1000 psi y asentó tapón con 1600 psi.



**Figura 3.4 - Diagrama de la Cementación T.R. Intermedia.**  
**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014

### **3.6. Cementación del Sección 8 ½ ”.**

Se perforó hasta alcanzar la profundidad de 10072 psi (MD).

La perforación se hizo con una broca de 8 ½ ”, en este punto se procedió a bajar el liner de 7” con un diámetro interno de 6.276”.

El liner se lo asienta 290 pies (traslape) sobre el zapato guía de la tubería de revestimiento intermedio.

La cementación constó de una lechada de relleno a 9468ft antes del collar flotador.

La siguiente lechada de cola seguira después colocándose en el fondo sobre el colgador del liner.

#### **3.6.1. Cálculos de Volúmenes para Cementación del Liner.**

Para calcular el volumen en bbls de los diferentes tipos de fluidos se utilizó las siguientes fórmulas.

Se consideró la longitud del Liner se decide cementar con dos tipo de lechada una de relleno y otra de cola para el pozo EDJO 15, ubicado en el Campo Virginia del Oriente Ecuatoriano.

<b>Producción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>
D <sub>9</sub>	8,681	Pulgadas	ID de la T.R. Intermedia.
D <sub>10</sub>	9,00	Pulgadas	Diámetro promedio de la broca.
D <sub>11</sub>	7	Pulgadas	OD del Liner.
D <sub>12</sub>	6,276	Pulgadas	ID del Liner.
D <sub>13</sub>	5	Pulgadas	OD de T.P
D <sub>14</sub>	4,276	Pulgadas	ID de la T.P.
H <sub>10</sub>	100	Pies	Longitud del T.P de 5 para cimentar”.
H <sub>11</sub>	257	Pies	Longitud de la lechada de Relleno.
H <sub>12</sub>	604	Pies	Longitud de la lechada de cola.
H <sub>13</sub>	79	Pies	Longitud desde el collar hasta el zapato
H <sub>14</sub>	9211	Pies	Longitud de la profundidad T.P de 5”
H <sub>15</sub>	780	Pies	Longitud para el liner
R <sub>7</sub>	2,23	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada REMOVEDORA.
R <sub>8</sub>	1,39	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada de relleno.
R <sub>9</sub>	1,39	pies <sup>3</sup> /Sxs	Rendimiento de lechada de cola.

**Tabla X – Nomenclaturas y valores del Liner de Producción.  
Elaborado por: Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014**

- Capacidad del anular #5.

$$C_5 = \left[ \frac{D_9^2 - D_{13}^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_5 = \left[ \frac{(ID)^2 - (OD)^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_5 = \left[ \frac{(8,681")^2 - (5")^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_5 = 0,048921469 \text{ bbls/ft}$$

- Capacidad del anular #6.

$$C_6 = \left[ \frac{D_{10}^2 - D_{11}^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_6 = \left[ \frac{(ID)^2 - (OD)^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_6 = \left[ \frac{(9")^2 - (7")^2}{1029,4} \right] \Rightarrow$$

$$C_6 = 0,031086069 \text{ bbls/ft}$$

- Volumen de lechada de relleno.

$$V_7 = \left[ (C_5) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_{10})\text{ft} \right] + \left[ (C_6) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_{11})\text{ft} \right]$$

$$V_7 = \left[ (0,048921469) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (100)\text{ft} \right] + \left[ (0,031086069) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (257)\text{ft} \right]$$

$$V_7 = [(5)\text{bbls}] + [(7,9)\text{bbls}]$$

$$V_7 = 13 \text{ bbls}$$

- Volumen de lechada de cola

$$V_8 = \left[ (C_6) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_{12})\text{ft} \right] + \left[ \frac{(D_{12})^2}{1029,4} \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (H_{13})\text{ft} \right]$$

$$V_8 = \left[ (0,031086069) \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (604)\text{ft} \right] + \left[ \frac{(6,276)^2}{1029,4} \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times (79)\text{ft} \right]$$

$$V_8 = 19 \text{ bbls} + 3 \text{ bbls}$$

$$V_8 = 22 \text{ bbls}$$

- Volumen de desplazamiento #1

$$V_4 = \left[ \frac{D_{14}^2}{1029,4} \times H_{14} \right] \Rightarrow$$

$$V_4 = \left[ \frac{(ID)^2}{1029,4} \times H_{14} \right] \Rightarrow$$

$$V_4 = \left[ \frac{(4,276)^2}{1029,4} \times 9211 \text{ ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_4 = \left[ 0,017761973 \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times 9211 \text{ ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_4 = 163 \text{ bbls}$$

- Volumen de desplazamiento #2

$$V_5 = \left[ \frac{D_{12}^2}{1029,4} \times H_{15} \right] \Rightarrow$$

$$V_5 = \left[ \frac{(6,272)^2}{1029,4} \times 780 \text{ ft} \right] \Rightarrow$$

$$V_5 = \left[ 0,038214478 \frac{\text{bbls}}{\text{ft}} \times 780 \text{ ft} \right] \Rightarrow 30 \text{ bbls}$$

- Total de volumen de desplazamiento

$$V_t = 163 \text{ bbls} + 30 \text{ bbls}$$

$$V_t = 193 \text{ bbls}$$

- Volumen con exceso.

$$V_{7t} = V_7 + (V_7 \times \text{Exceso})$$

$$V_{8t} = V_8 + (V_8 \times \text{Exceso})$$

- Volumen de lechada de relleno con exceso de 10%.

$$V_{7t} = V_7 + (V_7 \times \text{Exceso})$$

$$V_{7t} = 13 \text{ bbls} + (13 \text{ bbls} \times 0,1\%)$$

$$V_{7t} = 13 \text{ bbls} + (1,3 \text{ bbls})$$

$$V_{7t} = 15 \text{ bbls}$$

- Volumen de lechada de cola con exceso de 10%.

$$V_{8t} = V_8 + (V_8 \times \text{Exceso})$$

$$V_{8t} = 22 \text{ bbls} + (22 \text{ bbls} \times 0,1\%)$$

$$V_{8t} = 22 \text{ bbls} + (2,2 \text{ bbls})$$

$$V_{8t} = 25 \text{ bbls}$$

Según trabajos realizados anteriormente se consideró un exceso del 10% en las lechada de cola y la lechada de relleno.

- Cantidad de sacos lechada de relleno.

$$S_{x7} = \frac{(V_{7t} \times 5,615)}{R_8} \Rightarrow$$

$$S_{x7} = \frac{(13 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,39 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow$$

$$S_{x7} = \frac{(72,995)}{1,39 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow 53 \text{ Sxs}$$

- Cantidad de sacos lechada de cola.

$$S_{x8} = \frac{(V_{8t} \times 5,615)}{R_9} \Rightarrow$$

$$S_{x8} = \frac{(24,2 \text{ bbls} \times 5,615)}{1,39 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow$$

$$S_{x8} = \frac{(135,883)}{1,39 \text{ ft}^3/\text{Sxs}} \Rightarrow 98 \text{ Sxs}$$

### 3.6.2. Resultados Volúmenes para la Cementación.

	Liner de producción	
	Sin Exceso	Con Exceso
Volumen Lechada removedora (bls.)		
Sacos de lechada removedora		
Volumen lechada de relleno (bls.)	13	15
Sacos de lechada de relleno	53	
Volumen lechada de cola (bls.)	22	25
Sacos de lechada de cola	98	
Volumen de desplazamiento (bls.)	193	

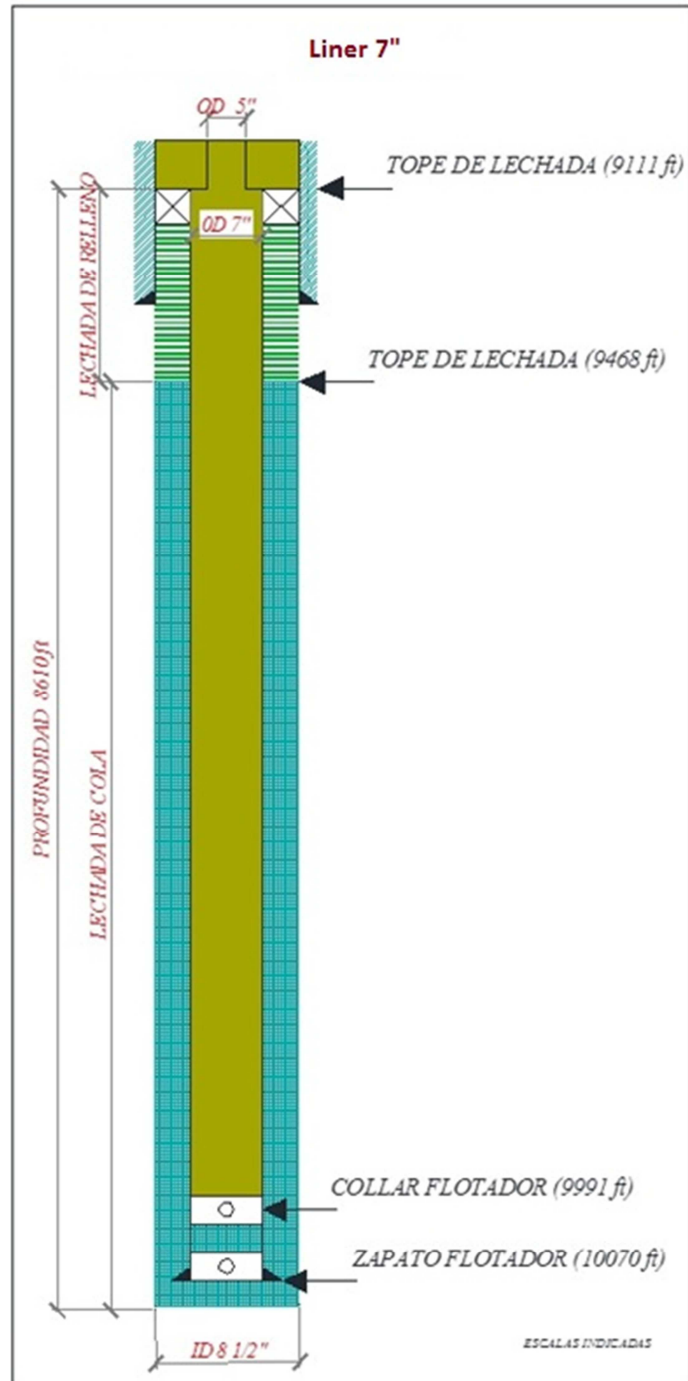
**Tabla XI** - Resultados del Liner de Producción.

**Elaborado por:** Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014



### 3.6.3. Secuencia Operacional.

- Liner en el fondo, circular con bombas del taladro.
- Suelta bala para accionar colgador de liner.
- Asienta liner y circula.
- Circular con bombas del taladro.
- Probó líneas con 6000 psi x 10 min OK.
- Bombeó 40 bbls de Mud Clean Acid de 9.6 ppg
- Bombeó 10 bbls de agua tratada de 9.6 ppg
- Bombeó 40 bbls de MCS-W Spacer de 11 ppg
- Bombeó 5 bbls de agua tratada de 9.6 ppg
- Bombeó 20 bbls de Sure Bond de 9 ppg
- Bombeó 10 bbls de agua tratada de 9.6 ppg
- Mezcló y bombeó 15 bbls de lechada de relleno de 14.8 ppg
- Mezcló y bombeó 25 bbls de lechada de cola de 14.8 ppg
- Soltó tapón dardo.
- Desplazó con 190 bbls



**Figura 3.5 - Diagrama de la Cementación del Liner de Producción.  
Elaborado por: Borbor Edinson – Torres Johnny, 2014.**

# CAPÍTULO 4

## 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

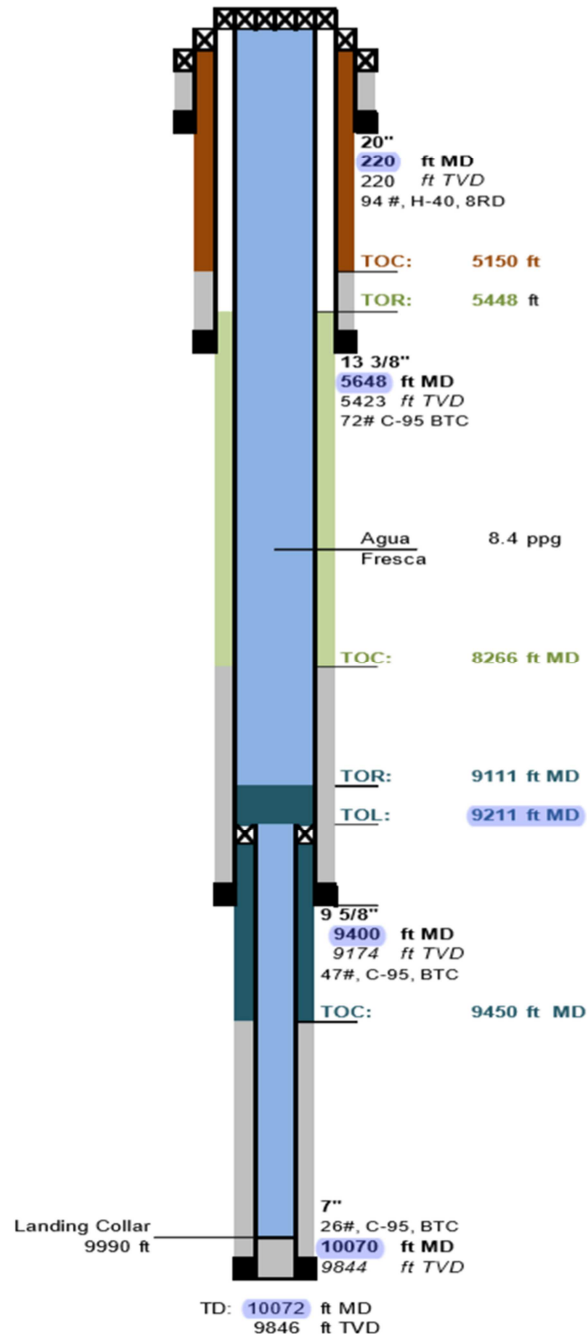
### 4.1. Análisis de Resultados.

El análisis de resultados del pozo "EDJO 15", se efectuó en base a la comparación de cada una sección del pozo realizada como un proyecto de cementación primaria. Se ejecutó cada volumen tanto de lechada de cola como el de lechada de relleno fundamentada a cálculos de matemática petrolera para establecer la realidad del pozo.

El programa del esquema mecánico del pozo utiliza los siguientes parámetros:

- T.R Conductora de 20".
- Casing de 13 3/8"

- Casing de 9 5/8”.
- Liner Producción 7”.



**Figura 4.1** - Diagrama de la cementación del programa original.  
**Fuente:** EP Petroecuador.

#### 4.2. Resultados de la Cementación.

A continuación en la tabla nos muestra los datos obtenidos como resultado de nuestro programa de cementación primaria, donde se detalla los volúmenes de lechada de cola y de relleno en las diferentes cuatro secciones del esquema mecánico del pozo ejecutado.

También se puntualiza los volúmenes con excesos del 10% en las lechadas a partir del casing de 13 3/8”.

Se especifica volúmenes de desplazamiento y las cantidades de sacos que se utilizó para la elaboración de las lechada de cementación.

			RESULTADOS			
			Conductora	Superficial	Intermedio	Liner Producción
Volúmenes	Lechada de Cola	Sin exceso (bls)	60	38	64	22
		Con exceso (bls)		42	71	24,2
		Sacos (sxs)	248	175	250	98
	Lechada de Relleno	Sin exceso (bls)		410	173	13
		Con exceso (bls)		451	.....	14,3
		Sacos (sxs)		1162	185	53
	Desplazamiento	(bls)	79	830	685	190

**Tabla XII - Resultados del Programa cementación.  
Elaborado por: Torres Johnny, 2014**

El esquema opcional muestra valores de exceso de 10% (en los volúmenes de lechadas tanto de cola como de relleno) en las secciones conductora, superficial, intermedia y del liner respectivamente. Por este motivo se considerará para efecto de análisis los volúmenes sin exceso para trabajar con las mismas condiciones.

En la presentación se observa que los cálculos son realizados con diferentes parámetros ya que aún usando los mismos datos los resultados son distintos.

#### **4.2.1. Análisis de Resultados Sección 26”.**

En la sección superficial de 26” del cual atrapa en el anular aproximadamente (Capacidad 0,268117349 bbls/ft).

Después del cálculo se procede a elaborar la mezcla del fluido a fragar en la que se obtiene un volumen de la lechadas de cola de un total de 60 bbls que fue bombeada a una profundidad de 220 ft de los cuales fueron desplazados por 79 bbls de lodo.

#### **4.2.2. Análisis de Resultados Sección 16”.**

En la sección 16” se bombeó una cementación en la que se encuentran las mayores diferencias en cuanto al volumen de lechada de relleno y la lechada de cola, también la cantidad de tubería de revestimiento.

Estas diferencias se deben a que en el programa del esquema mecánico que se diseñó para el pozo se utiliza una tubería de revestimiento 13 3/8" (es decir, la tubería llega hasta superficie) y la cementación se realizó desde la superficie hasta 5150 pies sobre el zapato guía de la T.R. Superficial y la lechada de cola se ubicó después de la lechada anterior hasta 5650 pies que es la profundidad del pozo. En esta sección también se notó que los volúmenes de desplazamiento varían debido a que la T.R. Superficial es de 13 3/8 pulgadas (capacidad 0.074907106bbls/pies).

En la ejecución de la cementación se mezcló y se bombeó 451 bbls de lechada de relleno a 13.5 ppg y 42 bbls de lechada de cola a 15.8 ppg y todo esto fue desplazado con bombas de taladro 830 bbls de lodo.

#### **4.2.3. Análisis de Resultados de Sección 12 1/4 ".**

En la sección intermedia 12 1/4" se bombeó tres tipos de cemento cada una con sus propias características que constó de lechada removedora, lechada de relleno y lechada de cola por eso se determina que se encuentran las mayores diferencias en cuanto a los volúmenes, también la cantidad de tuberías de revestimiento con respecto a la tubería anterior (Superficial). Estas diferencias se deben a que en el programa del esquema mecánico que se diseñó para el pozo se utiliza una tubería de revestimiento 9 5/8" hasta una profundidad de 9400 pies (es decir, la tubería llega hasta superficie).

La cementación de la lechada removedora se realizó desde 4587 pies hasta 5448 pies sobre el zapato guía de la T.R. Superficial.

La lechada de relleno continúa después de la lechada anterior hasta 8266 pies y por último seguirá la lechada de cola después de la lechada de relleno hasta 9400 pies que es la profundidad del pozo.

En esta sección también se notó que los volúmenes de desplazamiento varían debido a que la T.R. Intermedia es de 9 5/8 pulgadas (capacidad 0,055781887 bbls/pies).

En la realización de la cementación se mezcló 65 bbls de lechada removedora a 13.0 ppg, 173 bbls de lechada de relleno a 13.5 ppg y por último 71 bbls de lechada de cola a 14.8 ppg y todo esto fue desplazado con bombas de taladro 685 bbls de lodo.

#### **4.2.4. Análisis de Resultados Sección 7”(Liner).**

Después del análisis de la longitud del liner de producción se decide la elaboración de tres lechada ya que este solo tendrá 861 pies colgado.

Pero el estudio se basa a que la lechada removedora facilita la limpieza del hoyo y las otras dos lechadas servirán una de relleno y otra de acabado.

Otro punto por el cual se decidió este programa fue la misma densidad de las lechadas, donde se utiliza (14,8ppg).



En consecuencia las variaciones se encuentran en los volúmenes, tanto en la lechada de cola con 24,2 bbls y el de relleno que contiene 14,3 bbls.

Y para finalizar la operación de la cementación se utilizó las bombas del taladro para el bombeo de 190 bbls de lodo.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- 1.- La cementación realizada en la sección 12 ¼ " fue exitosa debido a que el volumen del cemento calculado fue el adecuado.
  
- 2.- Se concluye que el conocimiento y entendimiento de los diferentes equipos y unidades de laboratorio y de campo involucradas en el campo son de suma importancia para el éxito de la cementación.
  
- 3.- Analizamos los resultados y determinamos que el programa propuesto es aplicable.
  
- 4.- Para asegurar una exitosa cementación primaria, se debe tener una eficaz circulación de lavadores y espaciadores y de cemento por el espacio anular, resultado de una correcta centralización de la tubería.

## **RECOMENDACIONES**

1.- Las pruebas de cemento deben realizarse 2 horas antes de realizar la lechada de cemento.

2.- Realizar un monitoreo constante del volumen de los tanques para detectar posibles pérdidas.

3.- La tubería debe estar limpia, sin grasas, de modo que facilite la adherencia del cemento.

4.- Preparación adecuada de la lechada de cemento en composición, volumen y tiempo.

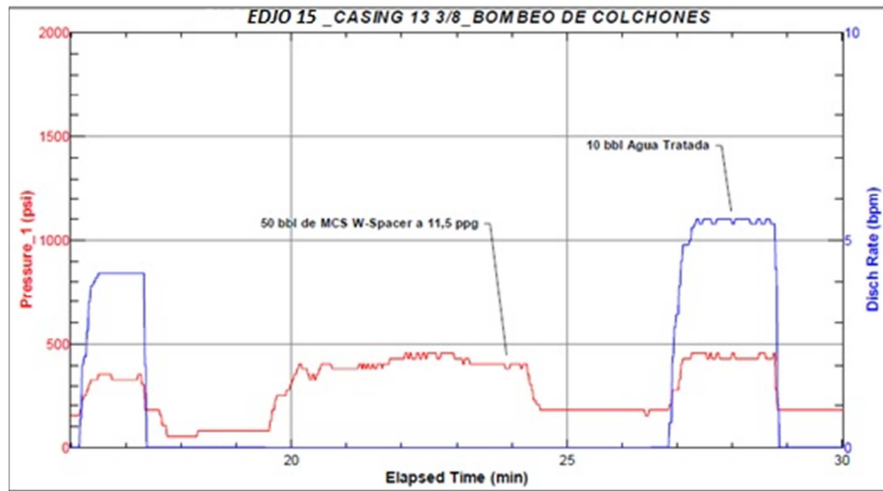
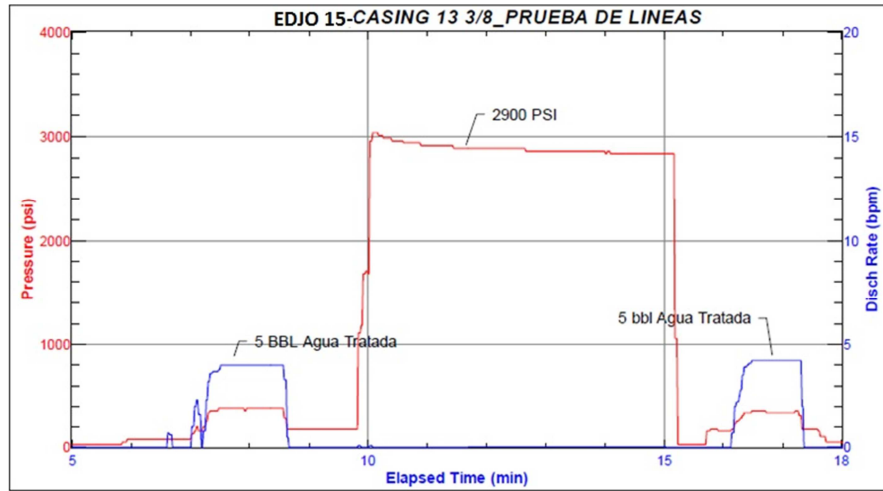
5.- Prueba minuciosa de las líneas de presión para evitar posibles fugas.

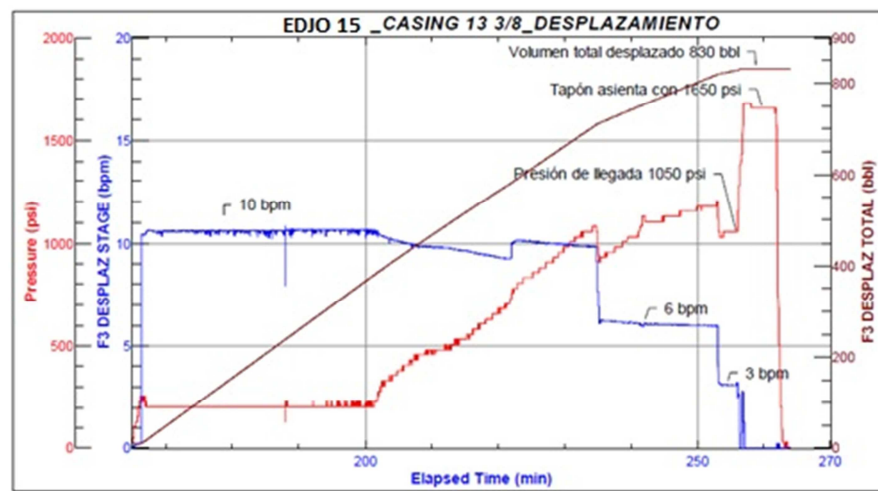
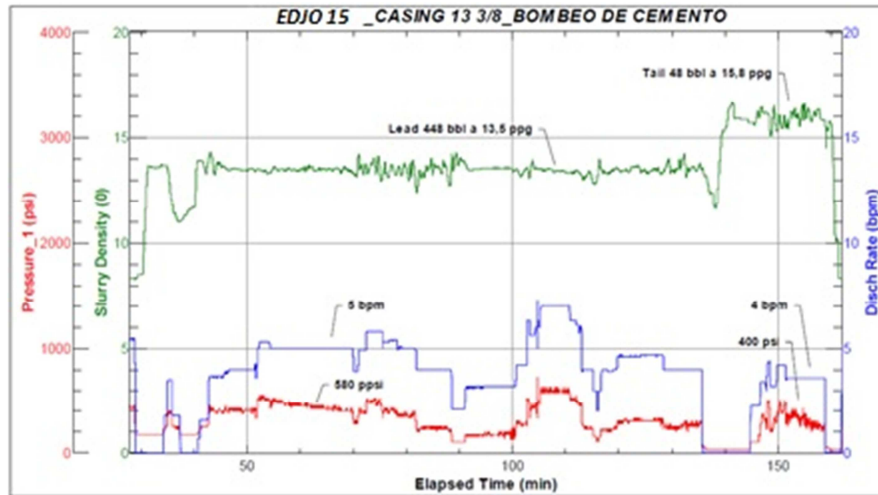
## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BJ Services–EDC LAR. Manual de Operaciones. Neuquén, Argentina, 2004, pág. 1-2.
2. Halliburton. Manual de Técnicas de Cementación. 1997. pág. 8-13.
3. BJ Services–EDC LAR. Manual de Cementación. Neuquén, Argentina, 1998, pág. 22-29.
4. EP Petroecuador. Glosario de la Industria Hidrocarburífera. Ecuador. Reedición 2001, pág. 26, 28,120.
5. BJ Services–EDC LAR. Manual de Equipos de Cementación. Neuquén, Argentina, 2004, pág. 98-113.
6. Halliburton. Manual de Ingeniería de Cementación Petrolera I, Cementación Primaria, 1997. pág. 5-7.
7. Schlumberger, Oilfield Glossary, Ecuador, 2014. Recuperado de <http://www.slb.com/>
8. EP Petroecuador. Ingeniería de Petróleo, 2014. Recuperado de <http://www.eppetroecuador.ec/>.

# APÉNDICES

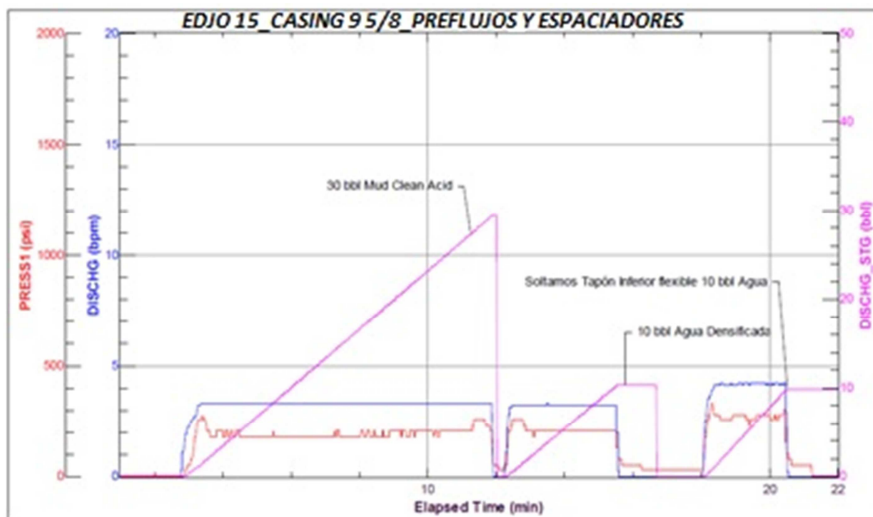
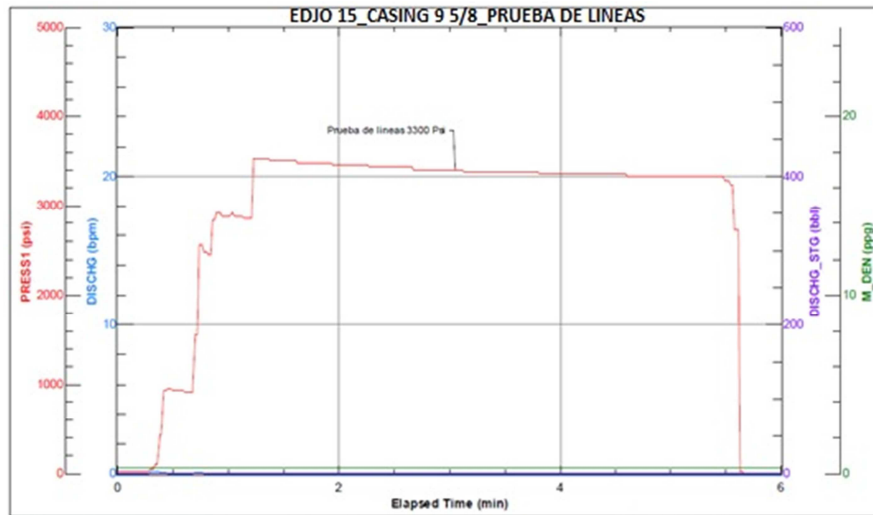
**APÉNDICE A**  
**CASING 13 3/8".**



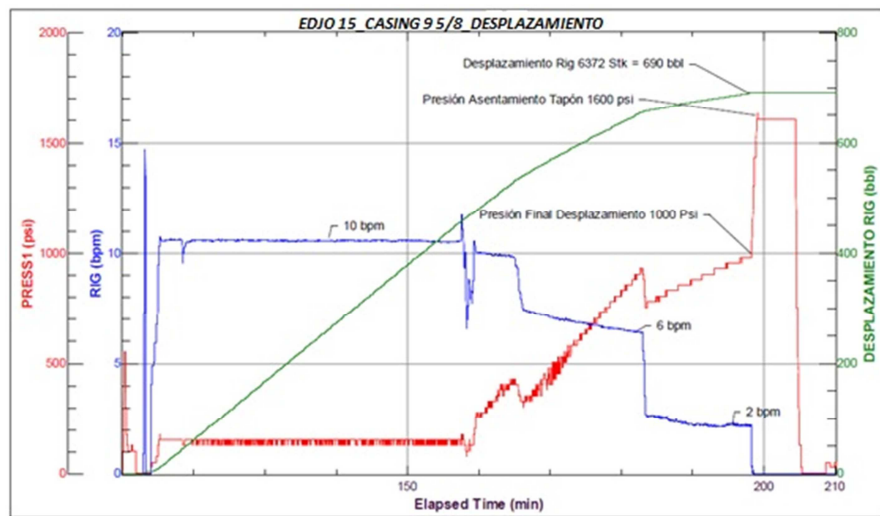
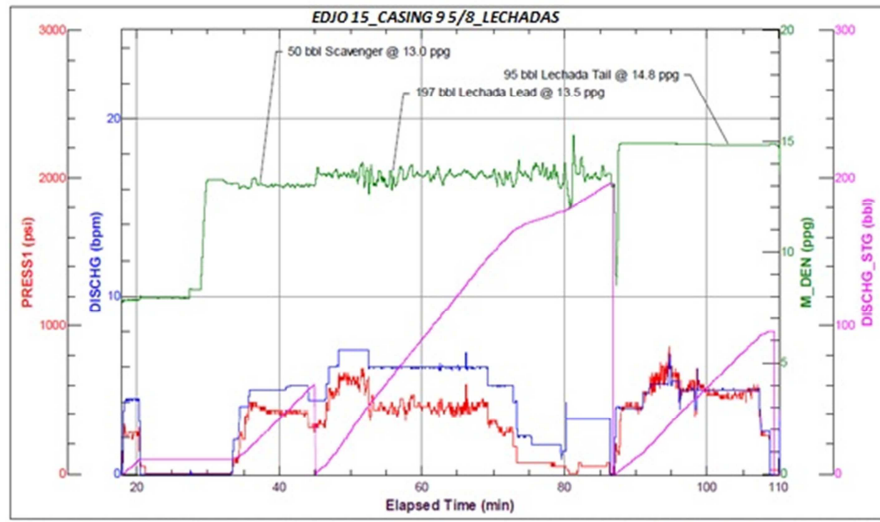


## APÉNDICE B

### CASING 9 5/8”.







# APÉNDICE C

## LINER 7".

