



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL**

**CARRERA DE GEOLOGÍA**

**APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES PARA LA  
EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS RESERVORIOS “U” INFERIOR Y “T”  
INFERIOR DE UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO.**

Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Geólogo.

Autor:

**CÉSAR ANDRÉS FONSECA AMAYA**

Tutor:

**ING. BENIGNO TRUJILLO**

Auspiciado por:

**GEOSERVICES, A SCHLUMBERGER COMPANY**

**QUITO, 2012**

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL

CARRERA DE GEOLOGÍA

**APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES PARA LA  
EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS RESERVORIOS “U” INFERIOR Y “T”  
INFERIOR DE UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO.**

Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Geólogo.

Autor:

CÉSAR ANDRÉS FONSECA AMAYA

Tutor:

ING. BENIGNO TRUJILLO

Quito

Octubre, 2012

## DEDICATORIA

A Dios y a mi familia:

a Dios por darme la vida,

y a mi familia por cuidar de ella.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Central del Ecuador, especialmente a la  
FIGEMPA y sus maestros.

A Geoservíces, a Schlumberger Company; por su patrocinio y  
respaldo en este trabajo.

A mis amigos, por su brindarme su apoyo constante, sus buenos  
deseos y su aliento.

## INFORME DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor del Trabajo de Grado, presentado por el señor CÉSAR ANDRÉS FONSECA AMAYA, certifico que ha elaborado bajo mi tutoría la Tesis de Grado cuyo título es **“APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES PARA LA EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS RESERVORIOS “U” INFERIOR Y “T” INFERIOR DE UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO”**.

Considero que dicho Trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación, ya que cumple con las normas y metodología dispuesta en el reglamento de Grado de Título a obtener de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.



Firma

Ing. Benigno Trujillo

TUTOR

**APROBACIÓN DEL TRABAJO / TRIBUNAL**

Certificamos que el señor César Andrés Fonseca Amaya, ha elaborado bajo nuestra dirección la Tesis de Grado cuyo título es “**APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES PARA LA EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS RESERVORIOS “U” INFERIOR Y “T” INFERIOR DE UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO**”. Consideramos que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación, ya que cumple con las normas y metodología dispuesta en el reglamento de Grado de Título a obtener de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Para constancia de lo actuado, firman:



Ing. Benigno Trujillo  
TUTOR

-----

Ing. Nelson Suquilanda  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

-----

Ing. Guillermo Alvarado  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Pedro Espín  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

En calidad de miembros del Tribunal de Grado por la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, de la Universidad Central del Ecuador, declaramos que:

La tesis titulada “**APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES PARA LA EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS RESERVORIOS “U” INFERIOR Y “T” INFERIOR DE UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO**”, es original y ha sido desarrollada íntegramente por el señor César Andrés Fonseca Amaya.

Para constancia de lo actuado, firman:



Ing. Benigno Trujillo  
TUTOR

-----

Ing. Nelson Suquilanda  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

-----

Ing. Guillermo Alvarado  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



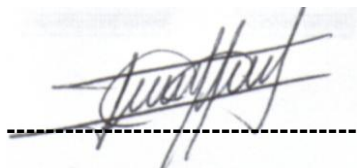
Ing. Pedro Espín  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, Fonseca Amaya César Andrés, en calidad de autor del trabajo de investigación o tesis realizada sobre **“APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES PARA LA EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS RESERVORIOS “U” INFERIOR Y “T” INFERIOR DE UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO”**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, 04 de octubre de 2012.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'César Amaya', is written over a horizontal dashed line.

César Andrés Fonseca Amaya

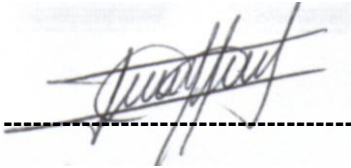
C.I.: 171762870-3



## AUTORIZACIÓN

Yo, César Andrés Fonseca Amaya, autorizo a la BIFIGEMPA, para que esta tesis sea difundida a través de su BIBLIOTECA VIRTUAL por INTERNET.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'César Amaya', is written over a horizontal dashed line. The signature is fluid and cursive.

César Andrés Fonseca Amaya

C.I.: 171762870-3

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁG.
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>xvii</b>
<b>EXECUTIVE ABSTRACT .....</b>	<b>xviii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Definición del problema:.....	2
1.2. Objetivos .....	3
<i>1.2.1 Objetivo general.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>3</i>
1.3. Justificación.....	3
1.4. Factibilidad y accesibilidad.....	4
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Marco institucional.....	5
<i>2.1.1 Perfil de la empresa .....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2. Misión.....</i>	<i>5</i>

2.1.3. Valores .....	5
2.2. Marco ético.....	6
2.3. Marco referencial .....	6
2.3.1. Antecedentes.....	6
2.3.2. Generalidades .....	8
2.3.2.1. Ubicación y geomorfología de la Cuenca Oriente .....	8
2.3.2.2. Resumen geológico de la Cuenca Oriente.....	10
2.3.3. Principios de gases.....	27
2.3.3.1. El gas en la perforación.....	34
2.3.3.2. Fuentes de manifestaciones de gas.....	35
2.3.3.3. Tipos de gases de perforación .....	36
2.3.3.4. Composición química de los gases de hidrocarburos.....	42
2.3.3.5. Unidades de medida de los gases .....	45
2.3.3.6. Factores que afectan la detección del gas.....	46
2.3.4. Equipos de registro de gas durante la perforación.....	49
2.3.4.1. Proceso de detección del gas .....	50
2.3.4.2. Cromatógrafos.....	52
2.3.4.3. Equipos accesorios para la cromatografía .....	53
2.3.4.3.1. Generador de Hidrógeno .....	53
2.3.4.3.2. Compresor de aire seco .....	54
2.3.5. Análisis cromatográfico .....	55

2.3.5.1. Método Gas Ratio.....	55
2.3.5.2. Método Indicador de petróleo e Inverso de petróleo.....	57
2.3.5.3. Método Pixler.....	57
2.3.5.4. Método del Triángulo.....	58
2.3.5.5. Método New Gas Ratios .....	60
2.3.6. <i>Registros de resistividad de formación</i> .....	61
2.3.6.1. Reseña histórica del registro de resistividad .....	62
2.3.6.2. Principio del registro de resistividad.....	66
2.3.6.3. Tipos de registros de resistividad.....	67
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>73</b>
<b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>73</b>
3.1. Tipo de estudio.....	73
3.2. Universo y muestra.....	73
3.3. Técnicas.....	73
3.4. Análisis e interpretación de resultados.....	73
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>75</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS .....</b>	<b>75</b>
4.1. Principio de Redes Neuronales. ....	75
4.1.1. <i>Características de las redes neuronales</i> .....	76

4.1.2. Modelo de una neurona.....	77
4.1.3. Arquitectura de las redes neuronales.....	78
4.1.4. Algoritmo de aprendizaje Backpropagation .....	81
4.1.5. Entrenamiento de la red neuronal.....	82
4.1.6. Generalización .....	83
4.2. Diseño del instrumento de transformación.....	83
4.3. Análisis de resultados.....	85
4.4. Códigos de la red neuronal.....	106
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>110</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
CONCLUSIONES .....	110
RECOMENDACIONES .....	111
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>112</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>112</b>
<b>WEBGRAFÍA.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>116</b>
<b>CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>154</b>

**ÍNDICE DE ANEXOS**

	<b>PÁG.</b>
ANEXO A: CRONOGRAMA TENTATIVO DE ACTIVIDADES .....	116
ANEXO B: PRESUPUESTO.....	117
ANEXO C: GLOSARIO .....	118
ANEXO D: MATRIZ DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	121
ANEXO E: DATOS DE ENTRADA POR POZO (“U” INFERIOR).....	122
ANEXO F: DATOS DE ENTRADA POR POZO (“T” INFERIOR).....	126
ANEXO G: PERFILES DE RESISTIVIDAD Y TOTAL GAS POR POZO (“U” INFERIOR)...	130
ANEXO H: PERFILES DE RESISTIVIDAD Y TOTAL GAS POR POZO (“T” INFERIOR) ...	138
ANEXO I: DATOS DE SALIDA POR POZO (“U” INFERIOR).....	146
ANEXO J: DATOS DE SALIDA POR POZO (“T” INFERIOR).....	150

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁG.</b>
Fig. 1. Ubicación de la Cuenca Oriente en los Andes Centrales y Septentrionales. ....	7
Fig. 2. Equema de ubicación .....	8
Fig. 3. Configuración morfo-estructural de la Cuenca Oriente .....	10
Fig. 4. Columna estratigráfica de la Cuenca Oriente .....	12
Fig. 5. Esquema de un pozo de petróleo .....	27
Fig. 6. Fuentes de manifestación de gas.....	36
Fig. 7. Esquema del Gas Liberado .....	37
Fig. 8. Esquema del Gas Producido en el caso Bajo-balance.....	38
Fig. 9. Presentación típica de un pico de Gas Reciclado.....	39
Fig. 10. Alcanos Parafínicos .....	43
Fig. 11. Iso-Alcanos Parafínicos .....	43
Fig. 12. Isómero Neo-pentano.....	43
Fig. 13. Grupo de los Naftenos .....	44
Fig. 14. Hidrocarburos Aromáticos.....	45
Fig. 15. Proceso de detección del gas durante la perforación .....	51
Fig. 16. Cromatógrafo y Desgasificador .....	53
Fig. 17. Generador de Hidrógeno.....	54
Fig. 18. Compresor de aire seco.....	55
Fig. 19. Interpretación del Método Pixler .....	58
Fig. 20. Interpretación del Método del Triángulo .....	59

Fig. 21. Evaluación del Método del Triángulo.....	59
Fig. 22. Comparación entre New Gas Ratios y TG & CHR .....	60
Fig. 23. Zonas de resistividad de un intervalo permeable .....	61
Fig. 24. Camión de registro de Schlumberger en la década de 1940 .....	63
Fig. 25. Esquemas de las herramientas Normal y Lateral .....	67
Fig. 26. Esquema de la herramineta del Doble Laterolog .....	68
Fig. 27. Esquema de la herramienta de microresistividad.....	69
Fig. 28. Esquema básico de la herramienta de inducción .....	70
Fig. 29. Comportamiento del SP ante diferentes rocas .....	71
Fig. 30. Modelo No lineal de una neurona .....	77
Fig. 31. Red neuronal unidireccional con una capa de neuronas .....	79
Fig. 32. Red neuronal unidireccional multicapa con una capa oculta y una capa de salida.....	80
Fig. 33. Red neuronal unidireccional multicapa con una capa oculta y una capa de salida.....	80
Fig. 34. Esquema de la red neuronal utilizada para el reservorio “U” Inferior .....	86
Fig. 35. Entrenamiento de la red neuronal utilizada para el reservorio “U” Inferior .....	86
Fig. 36. Regression plot de la red entrenada para el reservorio “U” Inferior.....	87
Fig. 37. Esquema de la red neuronal utilizada para el reservorio “T” Inferior .....	96
Fig. 38. Entrenamiento de la red neuronal utilizada para el reservorio “T” Inferior.....	97
Fig. 39. Regression plot de la red entrenada para el reservorio “T” Inferior .....	97



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL

CARRERA DE GEOLOGÍA

**APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE GASES PARA LA  
EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS RESERVORIOS “U” INFERIOR Y “T”  
INFERIOR DE UN CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO.**

**RESUMEN EJECUTIVO**

Tesis sobre cromatografía de gases y resistividad de formación de reservorio de hidrocarburos. El objetivo principal es aplicar los valores del análisis cromatográfico de gases para obtener parámetros de resistividad, con el objeto de trazar límites productivos de reservorios. El problema identificado: evaluación de formaciones únicamente después de correr los registros eléctricos, análisis cromatográfico de gases tomado como una herramienta cualitativa de evaluación de formaciones. Marco referencial: ubicación, geomorfología y geología de la Cuenca Oriente, principios de gases, análisis cromatográfico, registros de resistividad, redes neuronales y predicción de variables. Diseño metodológico: estudio de tipo exploratorio, documental, descriptivo, analítico y prospectivo, 15 pozos estudiados con sus variables de resistividad y gas total. La conclusión general es la aplicación de los datos de gas total para la obtención de resistividad y trazar límites productivos de pozos.

**DESCRIPTORES:** <CROMATOGRAFÍA DE GASES - GASES DE HIDROCARBUROS>  
<EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS - REGISTROS ELÉCTRICOS> <RESISTIVIDAD -  
PETRÓLEO> <REDES NEURONALES - PREDICCIÓN>

**CATEGORÍAS TEMÁTICAS:** <CP – INGENIERÍA EN GEOLOGÍA> <CP – GEOLOGÍA  
DEL PETRÓLEO> <CP – EVALUACIÓN DE RESERVORIOS>

**GAS CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS APPLICATION FOR HIDROCARBONS  
EVALUATION IN “U” INFERIOR AND “T” INFERIOR RESERVOIRS OF AN  
ECUADORIAN ORIENT FIELD.**

**EXECUTIVE ABSTRACT**

Thesis about gas chromatography and resistivity hydrocarbon reservoir formations. The main objective is to apply the values of the gas chromatographic analysis to get resistivity parameters, in order to draw productive limits of reservoirs. The problem identified: formation evaluation only after running electric logs, gas chromatographic analysis taken as a qualitative tool for formation evaluation. Frame of reference: location, geomorphology and geology of the Cuenca Oriente, gas chromatographic analysis, resistivity logs, neural networks and predictive variables. Methodological design: an exploratory, documentary, descriptive, analytical and prospective study, 15 wells studied with variable resistivity and total gas. The general conclusion is the application of total gas data to obtain resistivity and draw boundaries productive wells.

**DESCRIBERS:** <GAS CHROMATOGRAPHY – HIDROCARBON’S GAS> <OIL EVALUATION – ELECTRICAL LOGS> <RESISTIVITY - OIL> <NEURAL NETWORKS - PREDICTIONS>

**THEMATIC CATEGORIES:** <CP – GEOLOGY ENGINEERING> <CP – PETROLEUM GEOLOGY> <CP – RESERVOIRS EVALUATION>

## INTRODUCCIÓN

La cromatografía de gases brinda información valiosa que contribuye a la caracterización de un reservorio, siempre ha servido como un parámetro de apoyo cualitativo, esta es la motivación de este trabajo, llegar a determinar un parámetro cuantitativo, específicamente de resistividad de formación para la evaluación de hidrocarburos.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental aplicar la cromatografía de gases para la evaluación de hidrocarburos en los reservorios “U” Inferior y “T” Inferior de un campo petrolero localizado en el Oriente ecuatoriano, con el fin de establecer una nueva técnica para trazar niveles productivos de dichos reservorios, comparar la información de los registros de resistividad de pozo con los nuevos datos de resistividad obtenidos, mediante el tratamiento de los datos de la cromatografía.

La principal limitación está dada por las distintas litologías cuyas respuestas de gases, frente a las de resistividad no se pueden correlacionar, por lo que el estudio se centrará netamente en los reservorios en los cuales si existe una relación apreciable a simple vista de las respectivas curvas.

Se prevee como resultados la determinación de una red neuronal que permita la conversión de los datos de la cromatografía en datos de resistividad con fines predictivos, con el objeto de distinguir zonas de petróleo, zonas de transición y zonas de agua, consecuentemente definiendo contactos agua-petróleo.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Definición del problema:

La Cuenca Oriente se considera como una cuenca subandina y es parte de la Gran Cuenca Amazónica que se extiende desde los Andes Septentrionales hasta los Centrales y es el resultado de varios eventos geológicos que marcan su actual configuración, permitiendo acumulaciones importantes de hidrocarburos.

La evaluación de hidrocarburos de reservorios en la Cuenca Oriente ha sido realizada históricamente con los registros eléctricos en toda su gama, sin contemplar el apoyo que puede ofrecer el análisis cromatográfico de gases como una herramienta para una evaluación del reservorio en tiempo real.

La aplicación de la cromatografía de gases como un aporte cualitativo para la evaluación de reservorios es muy utilizada y siempre como complemento de los registros eléctricos, sin embargo nunca ha sido empleada de forma cuantitativa por lo que el presente estudio no ha sido realizado.

Este estudio pretende aplicar el análisis cromatográfico de gases para obtener valores de resistividad de los niveles “U” Inferior y “T” Inferior de la Formación Napo de un campo del Oriente ecuatoriano, con el objeto de trazar límites productivos de los reservorios en cada pozo analizado.

Por lo expuesto anteriormente, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo la aplicación del análisis cromatográfico de gases sirve para la evaluación de hidrocarburos en los reservorios “U” Inferior y “T” Inferior de un campo del Oriente ecuatoriano?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Aplicar los valores del análisis cromatográfico de gases para obtener parámetros de resistividad de los niveles “U” Inferior y “T” Inferior de la Formación Napo de un campo del Oriente ecuatoriano, con el objeto de trazar límites productivos de los reservorios en cada pozo analizado.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Analizar la información obtenida de la cromatografía de gases de pozo en los reservorios “U” Inferior y “T” Inferior.
- Diseñar una red neuronal que permita la conversión de datos de cromatografía de gases en datos de resistividad de la formación.
- Comparar e interpretar los resultados obtenidos después de la aplicación de dicha red neuronal.
- Presentar los resultados del proyecto a los directivos de la empresa para la toma de decisiones, a la vez, este proyecto de investigación servirá como requisito para la titulación como Ingeniero Geólogo de la Universidad Central del Ecuador.

## **1.3. Justificación**

En el campo de los registros eléctricos, las tendencias de las curvas presentan características que pueden ser correlacionables con los parámetros petrofísicos, pero la aplicación de datos de cromatografía de gases para la obtención de la resistividad de Formación no se ha empleado todavía, por lo que su desarrollo representará un avance en lo que se refiere la evaluación hidrocarburífera de reservorios.

Las respuestas de las curvas de los registros eléctricos obedecen al volumen, al tipo de fluido que contiene la formación atravesada y la geometría poral (distribución y tamaño de los granos del estrato) de la misma, en consecuencia, todos los parámetros petrofísicos pueden ser correlacionables. Especialmente en el caso de la resistividad, su cuantificación es importante para la determinación de horizontes productores ya que cuando muestra valores altos, generalmente en litologías compuestas de areniscas se infiere en ellas la presencia de hidrocarburos.

La cromatografía de gases es considerada un parámetro petroquímico que responde netamente a la presencia de materia orgánica que pudo haberse transformado en kerógeno, bitumen, gases de hidrocarburos o petróleo crudo.

Según lo expuesto, teóricamente la determinación de valores de resistividad de una formación debe tener una relación cuantificable con los datos de la cromatografía de gases especialmente en los horizontes compuestos de areniscas que son los objetivos principales para la perforación de pozos.

El estudio es innovador a la vez que optimiza tiempo y recursos al aplicar el análisis cromatográfico de gases cuantitativamente para la ubicación de límites productivos de hidrocarburos en los reservorios.

Este análisis pretende ampliar el campo de acción del *Mud Logging*, planteando un método para la determinación cuantitativa de la resistividad de una formación en base a los datos de la cromatografía de gases.

Es necesario recalcar que en la industria petrolera la inversión económica es alta por lo que se pretende utilizar todas las herramientas, técnicas y procedimientos a bajo costo; desde este punto de vista el presente estudio pretende mejorar los actuales procedimientos optimizando tiempo y dinero.

#### **1.4. Factibilidad y accesibilidad**

El estudio propuesto es factible debido a la existencia de recursos bibliográficos y webgráficos además de la disponibilidad tanto de tiempo, recursos económicos y sobre todo de talento humano del estudiante y tutor.

Es accesible gracias al compromiso y colaboración de *Geoservices, a Schlumberger Company*, que permitirá realizar el presente estudio facilitando la información y el ingreso a sus instalaciones.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Marco institucional

Geoservices, a Schlumberger Company, es líder en el sector de mud logging, ayudando a los clientes a perforar pozos con mayor eficacia y llevar una comprensión más completa de la litología y los fluidos de formación, complementando las mediciones del reservorio. El monitoreo en tiempo real de los datos en superficie permite integrar la información de LWD (Logging While Drilling) para optimizar el rendimiento de la perforación. Los registros Wire line (Registros a hueco abierto) también pueden ser integrados para proporcionar una interpretación geológica más detallada y precisa.

##### 2.1.1 Perfil de la empresa

Con más de 5.000 empleados en más de 50 países, Geoservices ofrece una serie de servicios que ayudan a evaluar los reservorios de hidrocarburos y a optimizar la exploración, desarrollo y producción de los mismos.

La compañía ha invertido nuevos recursos en el desarrollo de nuevas tecnologías para la exploración y técnicas de evaluación de pozos y, en particular en el emergente mercado de aguas profundas.

En marzo de 2010 Geoservices fue adquirida por Schlumberger, adicionando la tecnología del mud logging a la existente cartera de Schlumberger, constituyendo un paso importante en el desarrollo de sistemas de perforación de alto rendimiento.

##### 2.1.2. Misión

Guiar a los segmentos de mercado por la introducción de avances tecnológicos y generando la excelencia operativa.

##### 2.1.3. Valores

**La dedicación al cliente:** Ofrece servicios que mejoran el rendimiento de los clientes y construir sobre éste, lealtad y confianza. Está frente a los retos de los clientes, escucha sus necesidades, anticipa y planifica el cumplimiento de los compromisos.

**Atención a las Personas:** Contrata profesionales con talento y se esfuerza por brindarles un ambiente de trabajo estimulante, ofreciendo el respeto de la individualidad, la recompensa a

la iniciativa y el logro, la formación amplia y oportunidades desafiantes. Promueve la eficacia alentando a la gente a trabajar juntos.

**Pasión por la innovación:** Está totalmente comprometida con la innovación en todos los ámbitos de sus actividades con el fin de conseguir el constante cumplimiento de las expectativas de los clientes; con la creatividad y la agilidad que le caracteriza.

**Excelencia en la Acción:** Está impulsada por la búsqueda de la excelencia como la raíz de todas sus acciones a través de la entrega de los servicios de alta calidad y dedicación a los más altos estándares de salud y de seguridad. Está constantemente elevando los niveles de disciplina.

**Conectado con el medio ambiente:** Respeta el medio ambiente aplicando los principios del desarrollo sostenible y eficiente gestión de los recursos. Tiene el mayor respeto por los países y comunidades que permiten sus actividades.<sup>1</sup>

## 2.2. Marco ético

El presente estudio tiene como objetivos únicamente los planteados en el Capítulo I, por tanto no atenta ni afecta a los intereses de la empresa y se maneja dentro del contexto del perfil de la misma y además no tiene consecuencias sobre el medio ambiente.

## 2.3. Marco referencial

### 2.3.1. Antecedentes

En la Cuenca Oriente (Fig. 1.) y de manera general en la mayoría de lugares con interés petrolero, la evaluación de hidrocarburos se realiza actualmente mediante la integración de los distintos tipos de registros de pozos sin mucha influencia de la información que se obtiene del *mud logging*, el cual es muy importante ya que en esencia representa un registro en tiempo real de las emanaciones de gas de la formación atravesada, que a su vez está en dependencia directa de la presencia o no de hidrocarburos en el subsuelo.

Por lo explicado en el párrafo anterior, los estudios previos para este proyecto son muy escasos, pero la base del mismo es la similitud que presenta en su forma tanto la curva del registro de gas

---

<sup>1</sup> <http://www.slb.com/services/geoservices/about.aspx>. Fecha de acceso: 24-03-2012.



total con su respectiva cromatografía, como la curva del registro de resistividad, al menos en las zonas de interés en las perforaciones.

Los pozos perforados de cuyos datos de gas y resistividad se realizará el análisis propuesto pertenecen a un campo del Oriente ecuatoriano.

La cromatografía de gases es una técnica que pertenece al registro de lodo de perforación o también llamado *mud logging*, el cual comprende el monitoreo y registro de una variedad de datos relacionados con los pozos y el proceso de perforación. Involucra el análisis de gases y los datos de los ripsos con información de perforación para construir un registro de evaluación continua de la formación cuando el pozo es perforado. Los equipos y servicios para mud logging pueden variar entre monitoreo simple hasta ambientes integrados de computación.



Fig. 1. Ubicación de la Cuenca Oriente en los Andes Centrales y Septentrionales. Baby P. et al., 2004.

## 2.3.2. Generalidades

### 2.3.2.1. Ubicación y geomorfología de la Cuenca Oriente

La Cuenca Oriente del Ecuador nace de las estribaciones de la Cordillera Real hacia el Este, cubriendo gran parte del territorio ecuatoriano en aproximadamente 120000 km<sup>2</sup> desde la Zona Subandina hasta los límites políticos con Colombia en el área del Río Putumayo. Hacia el Norte se encuentra limitada por el Río San Miguel con los territorios colombianos y hacia el Sur con el Perú por los límites establecidos en el Tratado de Río de Janeiro territorio en el cual toma el nombre de Cuenca Marañón (Fig.2.).

Es considerada como una cuenca de ante-país de tras arco forma parte de le Gran Cuenca Amazónica que se desarrolla desde el Norte de Sudamérica cubriendo Guayana Francesa, Guyana, Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil



Fig. 2. Esquema de ubicación (Modificado de Daswood y Abbotts, 1990; Cooper et al., 1995, Rivadeneira y Baby, 1999, Vallejo et al., 2002, Roddaz et al., 2003).

Geomorfológicamente, se encuentra dividida en dos subregiones como son la Zona Subandina y la Llanura Amazónica (Fig. 3.).

**La Zona Subandina:** Comprende a su vez tres rasgos morfológicos:

- **El Levantamiento Napo:** Ubicado en la zona septentrional Subandina, corresponde a un gran domo alargado de orientación NNE–SSO, en el que afloran básicamente las formaciones sedimentarias cretácicas y terciarias de la Cuenca Oriente, estando limitado tanto al Este como al Oeste por fallas de rumbo transpresivas. Volcanes activos como el Reventador (3562 msnm) y el Sumaco (3732 msnm) yacen en esta región también conocida como Cordillera del Napo – Galeras.
- **La Depresión Pastaza:** A lo largo del río Pastaza, en la zona central Subandina, forma fisiográficamente un mega – abanico aluvial que se extiende hacia las Cuencas sedimentarias Oriente y Marañón. Esta zona de transición entre el Levantamiento Napo y la Cordillera del Cutucú expone en superficie las formaciones sedimentarias del Neógeno y Cuaternario de la Cuenca Oriente.
- **El Levantamiento Cutucú:** Ubicado en la zona meridional Subandina, el Levantamiento del Cutucú o Cordillera del Cutucú, interpretado como una estructura en flor (Baby P. et al, 1998), está caracterizado por un cambio de orientación de las estructuras N–S a NNO–SSE y por el afloramiento de formaciones sedimentarias triásicas y jurásicas (Formaciones Santiago y Chapiza), y en menor proporción formaciones paleozoicas (Formaciones Pumbuiza y Macuma).

**La Llanura Amazónica:** La Llanura Amazónica o Cuenca Oriente propiamente dicha, presenta un relieve con elevaciones no mayores de 200 m de altura sobre el nivel del mar y pendientes muy suaves, constituyendo la región menos accidentada morfológicamente. La enorme planicie amazónica que se desarrolla al Este de la Zona Subandina, está dividida en tres subcuencas que reciben el aporte sedimentario desde los Andes ecuatorianos, siendo estas la Subcuenca Napo, Subcuenca Pastaza y Subcuenca Santiago.

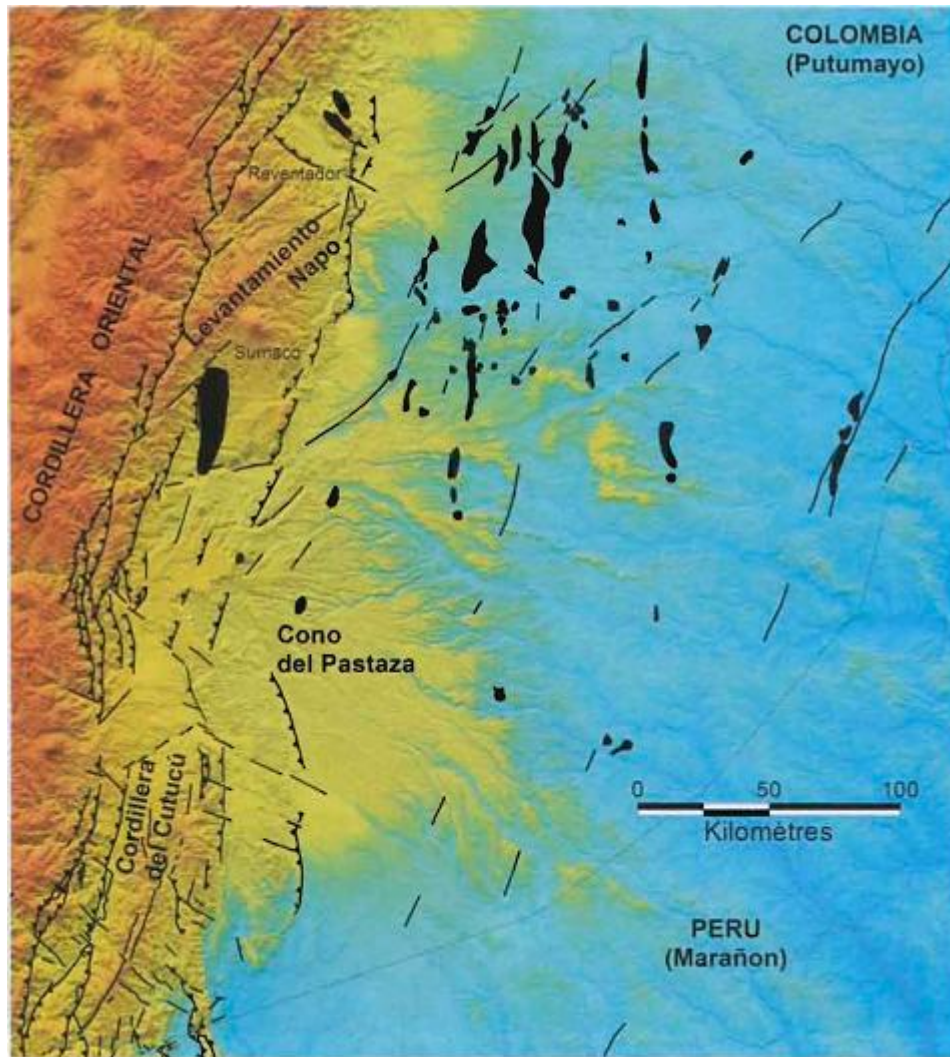


Fig. 3. Configuración morfo-estructural de la Cuenca Oriente. Baby P. et al., 2004.

### 2.3.2.2. Resumen geológico de la Cuenca Oriente

Debido a su ubicación, al pie de la Cordillera Andina, ha sido tradicionalmente considerada como una cuenca de ante-país, formando parte del conjunto de cuencas sedimentarias (conocidas también como cuencas subandinas) que se extienden desde Venezuela hasta el Sur de Argentina. Hacia el Este, el límite de la Cuenca Oriente está presente en el subsuelo, en el escudo Precámbrico de Guyana.

Al igual que la mayoría de cuencas subandinas, la posición de la Cuenca Oriente como cuenca de ante-país del Orógeno Andino representa el último episodio en su evolución geodinámica más reciente, iniciado a finales del Cretácico. En el caso de la Cuenca Oriente, las rocas sedimentarias más antiguas indican que su historia se inicia en el Paleozoico con la depositación de

los primeros sedimentos en una plataforma marina somera (Tschopp,1953), en un contexto geodinámico muy diferente del actual. Algunos de los principales rasgos estructurales y sedimentarios que caracterizarán la historia posterior de la cuenca se producen desde el Triásico hasta el Jurásico (Diaz et al., 2004).

Durante el Cretácico se produce una trasgresión marina que transformó la Cuenca Oriente en una cuenca marina somera. El Levantamiento de la Cordillera Andina, iniciado a finales del Cretácico, transformó esta cuenca marina en una cuenca de ante-país. La sedimentación desde finales del Cretácico hasta la actualidad es predominantemente de tipo continental, aunque existe una importante inundación marina durante el Oligoceno Inferior (Christophoul et al., 2004).

La mayoría de las formaciones afloran en el Sistema Subandino. La sección sedimentaria que cubre la cuenca está compuesta por rocas sedimentarias marinas y continentales, que tienen edades que van desde el Paleozoico hasta el Holoceno. Esta pila sedimentaria se encuentra sobreyaciendo a un basamento precámbrico. La figura 4 muestra la columna estratigráfica general de la Cuenca Oriente y a continuación la descripción de las formaciones:

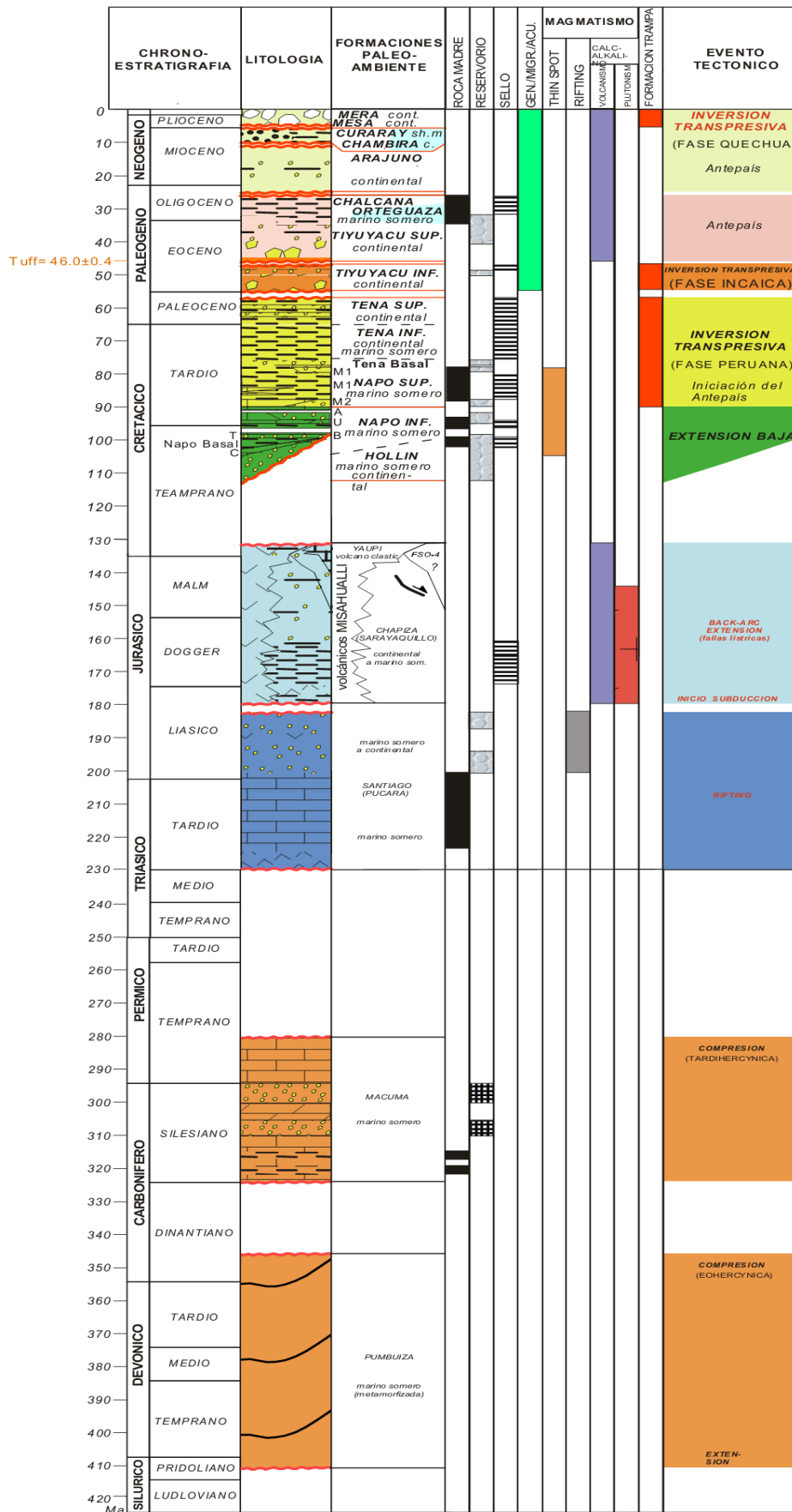


Fig. 4. Columna estratigráfica de la Cuenca Oriente (Tomado de IRD – Petroproducción, 1999).

## **PRECÁMBRICO:**

El substrato Precámbrico no aflora en el Ecuador, pero ha sido alcanzado por algunos pozos exploratorios perforados en la cuenca (como por ejemplo, Tiputini-1, Parahuacu-1, Atacapi-1, Shushufindi-1, Yuturi-1, Záparo-1, etc.). Está constituido por esquistos metamórficos y rocas ígneas (Faucher y Savoyat, et al., 1973; Rivadeneira y Baby, 1999) relacionadas con el cratón de Guyana. Una muestra de fondo del pozo Tapi-1 localizado cerca de la frontera con Colombia dio una edad de 1600 + 48 millones de años (Texeira et al., 1989).

## **PALEOZOICO:**

- **FORMACIÓN PUMBUIZA:**

Se encuentra expuesta cerca del río Upano en la quebrada El Churo (Patuca), siendo el cauce del río Pumbuiza donde está la localidad tipo. La base no se observa y el tope está en discordancia angular a la Formación Macuma. (Baby et al, 1998).

**Litología:** Consiste de pizarras grises a negras en algunos lugares grafiticas, areniscas cuarcíticas duras de grano fino (Tschopp, 1953), y conglomerados de color gris oscuro, estas rocas han sufrido fuertes plegamientos y fallamiento.

**Edad:** Silúrico – Devónico.

**Espesor:** A pesar de ser un complejo deformado plegado y fallado se estima entre los 1500 y 2700 metros.

**Ambiente:** Marino de plataforma. (Goldschmid, 1941).

- **FORMACIÓN MACUMA:**

El afloramiento se halla en el Cerro Macuma (Cordillera Cutucú), yace en discordancia angular sobre la Formación Pumbuiza en el Norte del Levantamiento Cutucú, y al tope está en discordancia angular con la Formación Santiago.



**Litología:** Está Formación se divide en dos miembros en base a las evidencias litológicas y fauna fósil (Bristow y Hoffstetter, et al., 1997).

*Miembro Inferior:* consta de calizas silíceas muy fosilíferas, dispuestas en capas delgadas de color gris azuladas a oscura, que alternan con pizarra y esquistos arcillosos de color negro.

*Miembro Superior:* consta de una potente secuencia de calizas de color gris oscuro con intercalaciones de arcilla pizarrosa, las calizas presentan rellenos silíceos de fracturas y hacia arriba se tornan en margas y arcillas no calcáreas.

Las calizas de la Formación Macuma sobreyacen a la Formación Pumbuiza, en el Norte del levantamiento Cutucú y están sobrepuestas por capas rojas de la Formación Chapiza, lo que sugiere que la Formación Santiago se acuña y desaparece en el área del Cerro Macuma.

**Edad:** Carbonífero – Pérmico.

**Espesor:** El promedio es de 1500 m pudiendo llegar a 4000 metros.

**Ambiente:** Marino de plataforma.

## MEZOSOICO, TRIÁSICO – JURÁSICO

- **FORMACIÓN SANTIAGO:**

Aflora en la parte Sur de la Cordillera Cutucú y se prolonga hacia la Cordillera del Cóndor, específicamente a lo largo del río Santiago, la base está en discordancia angular con la Formación Macuma y esta sobreyacida por sedimentos continentales rojos de la Formación Chapiza en el Este, pero en el Oeste está sobreyacida directamente en discordancia por rocas Albíanas de la Formación Hollín (Baldock, 1982).

**Litología:** Según Tschopp (1953) se divide en dos miembros.

*Miembro Inferior:* constituido principalmente por tres facies; la primera es una alternancia de calizas finas intercaladas con areniscas finas de color gris, la segunda consiste de



alternancia de calizas de grano fino negras y de areniscas volcanoclásticas de color café, y la última de calizas silíceas grises (Baby et al., 1998).

*Miembro Superior:* se compone de sedimentos detríticos volcanoclásticos y volcánicos donde se identifican cuatro facies; la primera constituido por areniscas volcanoclásticas, arcillas tobáceas y lutitas negras, la segunda está formada por rocas sedimentarias de grano grueso, como son, brechas volcánicas, areniscas volcanoclásticas, alternadas con coladas de lavas andesíticas y arcillas tobáceas, la tercera se compone de alternancia de arcillolitas grises y areniscas estrato crecientes de color café, la última facie consiste de alternancia de lutitas compactadas negras y areniscas finas. (Baby et al., 1998).

**Edad:** Triásico Superior – Jurasico Inferior.

**Espesor:** La Formación Santiago consiste de 1500 a 2700 m

**Ambiente:** De plataforma marina externa (Miembro Inferior) a marino somero transicional (Miembro Superior).

- **FORMACIÓN SACHA:**

Fue nombrada por Rivadeneira y otros (1992) en base a una secuencia del Pozo Sacha Profundo N-1, se cree que esta Formación es una secuencia transicional equivalente en edad a la Formación Santiago al Sur.

**Litología:** Consiste de limolitas, arcillolitas y esporádicamente calizas y dolomitas de variados colores. (Rivadeneira y Sánchez, et al., 1989).

**Edad:** Jurásico Inferior.

**Espesor:** 1500 m.

**Ambiente:** Continental.

- **FORMACIÓN CHAPIZA:**

Aflora a lo largo del río Chapiza, zona Oriental de la Cordillera del Cutucú, entre los ríos Yaupi y Chapiza , descansa sobre la Formación Santiago al Sur, y está sobreyacida en discordancia por la Formación Hollín, en otros sitios puede descansar sobre el Paleozoico. (Tschopp, 1953).

**Litología:** Comprende una sucesión de rocas sedimentarias clásticas continentales (capas rojas), que se depositaron en un clima seco o desértico, está dividida en tres miembros (Tschopp, 1953).

*Chapiza Inferior:* (Chapiza roja y gris). La unidad inferior consiste en lutitas y areniscas de color gris, rozado, morado y rojo, con delgados lechos de evaporizas y concreciones de dolomita. (Tschopp, 1953), con un espesor máximo de 1500m. (Jaillard, 1997).

*Chapiza Medio:* (Chapiza Roja) Es una alternancia de lutitas y areniscas de color rojo pero sin intercalaciones de evaporitas, su máximo espesor es de 1000 m. (Tschopp, 1953). Las unidades inferior y media solo están conocidas al Este de la cordillera Real. (Jaillard, 1997)

*Chapiza Superior:* (Yaupi) Definida como Miembro Yaupi (Jaillard, 1997).

Comprende lutitas, areniscas, conglomerados rojos, existen areniscas feldespáticas, tobas de color gris, verdes y violetas, brechas y basaltos su potencia puede llegar hasta los 2000 m. (Tschopp, 1953).

Este miembro está correlacionado tentativamente con la Formación Misahuallí donde numerosas discordancias han sido observadas. (Jaillard, 1997).

**Edad:** Jurásico Medio-Cretácico Temprano.

**Espesor:** La potencia de la Formación Chapiza varía desde 600 m a 4500 m. (Tschopp, 1953).

**Ambiente:** Continental (Tschopp, 1953).

- **FORMACIÓN MISAHUALLÍ:**

Es el equivalente lateral de los Miembros Inferior y Medio de la Formación Chapiza (Jaillard, 1997), y probablemente de la Formación Yaupi, (Baby, et al., 1998).

Está constituida de acumulaciones que forman parte del potente arco magmático que corre del Norte del Perú al Norte de Colombia (Romeuf et al., 1995), y que estarían asociadas a la actividad tectónica Jurásica como parte efusiva de la intrusión de los Batolitos de Abitagua, Azafrán y Rosa Florida (Aspen y Litherland, et al., 1992; Eguez & Aspen, et al., 1993).

Esta Formación aflora solamente en la zona Subandina al Este de la Cordillera Real y en la Cordillera del Cóndor.

**Litología:** Son flujos de lavas basálticas a riolíticas y depósitos piroclásticos ácidos, areniscas volcanogénicas y brechas (Baby et al., 1998).

**Edad:** Jurásico Medio-Tardío.

**Espesor:** Puede llegar hasta los 2500 m de potencia.

**Ambiente:** Arco volcánico continental, relacionado con el inicio de la subducción andina (Baby et al., 1998).

## CRETACICO

- **FORMACIÓN HOLLÍN:**

Los afloramientos se presentan paralelos a los ríos; Due y Quijos, por el carretero a Loreto se pueden apreciar buenos afloramientos incluso se puede observar el contacto claramente establecido con las lavas y brechas rojizas de la Formación Chapiza, también se puede observar en las areniscas abundantes impregnaciones de asfalto. (Tschopp, 1953).

Constituye una de las Roca reservorio de los hidrocarburos de la Cuenca Oriente ya que su porosidad y permeabilidad son altas sobre todo por la limpieza de sus areniscas. (Tschopp, 1953).

Descansa en discordancia sobre la Formación Chapiza Superior (Baby et al., 1997).

**Litología:** Está constituida por dos Miembros Inferior y Superior (White, et al., 1995).

*Hollín Inferior (Hollín Principal):* Es una serie de areniscas cuarzosas, con estratificación cruzada, en la parte basal se encuentran esporádicos conglomerados. (Jaillard, 1997).

*Hollín Superior:* Comprende una alternancia de areniscas con estratificación cruzada, planar, en la parte superior se encuentran areniscas cuarzosas glauconíticas, calizas, margas y lutitas. (Jaillard, 1997).

**Edad:** Cretáceo Inferior.

**Espesor:** Varía de 30 a 150m, (Jaillard, 1997).

**Ambiente:**

- Hollín Principal: Ambiente de tipo continental fluvial.
- Hollín Superior: Depositación de playa y de plataforma marino litoral (Jaillard, 1997).

• **FORMACIÓN NAPO:**

Yace en concordancia a las areniscas de la Formación Hollín, se trata de una sucesión cíclica marina somera de calizas, lutitas y areniscas que varían lateralmente de Este a Oeste, aflora en el curso alto del río Napo (Puerto Napo) y en el área de los ríos Misahuallí, Jondachi y Coca. (Jaillard, 1997).

La Formación Napo se divide en 4 secuencias: (Jaillard, 1997).

• **FORMACIÓN NAPO BASAL**

Empieza al tope del último banco masivo de la Formación Hollín, de base a tope comprende las areniscas basales, las mismas que son glauconíticas e intercaladas con limolita y delgadas calizas (conocidas tradicionalmente como Hollín Superior), (Jaillard, 1997).

**Litología:** Las Calizas “C”, que son un nivel delgado de calizas masivas, las lutitas Napo Basal que son lutitas negras no calcáreas, fácilmente reconocibles en afloramientos y pozos; las Calizas “T” que son calizas fosilíferas intercaladas con niveles margosos glauconíticos; y las areniscas “T” que son areniscas masivas, a menudo muy glauconíticas (base y tope). (Jaillard, 1997).

**Edad:** Albiano Inferior hasta Albiano Superior. (Jaillard, 1997).

**Espesor:** Aproximadamente 60m. (Jaillard, 1997).

**Ambiente:** Marino de aguas someras. (Jaillard, 1997).

- **FORMACIÓN NAPO INFERIOR**

**Litología:** Comprende las calizas “B” que consiste en una alternancia de lutitas negras y delgadas calizas margosas laminadas de medio anóxico, alternadas con lutitas negras sobre las que se desarrollan las lutitas “U”, las Calizas “U”, fosilíferas y las Areniscas “U” que son areniscas glauconíticas masivas, a menudo divididas en dos miembros por un nivel lutítico, localmente con calizas, hacia la zona Subandina, cambian a facies de areniscas muy finas y limo-arcillosas. (Jaillard, 1997).

**Edad:** Varía del Albiano Superior hasta el Cenomaniano superior.

**Espesor:** 60 m.

**Ambiente:** Ambiente Marino de aguas someras. (Jaillard, 1997).

- **FORMACIÓN NAPO MEDIO:**

Es una unidad calcárea marina, empieza en la base del delgado nivel lutítico.

**Litología:** Comprende las Calizas “A”, son calizas de color gris oscuras a negras ocasionalmente con Cherts y una secuencia superior de margas y calizas claras; las Calizas “M-2” que consisten de dos secuencias de margas y calizas. La base de la secuencia inferior incluye depósitos arenosos, conocidos como Arenisca “M-2”. Distribuidos únicamente al este de la Cuenca (Rivadeneira, et al., 1999).

**Edad:** Turoniano.

**Espesor:** De 75 a 90 m.

**Ambiente:** Ambiente Marino de aguas someras (Jaillard, 1997).

- **FORMACIÓN NAPO SUPERIOR:**

**Litología:** De base a tope, comprende: una secuencia de lutitas con intercalaciones de bancos calcáreos; La Caliza “M-1” integrada por calizas y lutitas oscuras, la Arenisca “M-1 Inferior” que consiste en lutitas con intercalaciones delgadas y lenticulares de areniscas a veces carbonatadas; y la Arenisca “M-1 masiva” que consiste de una secuencia granodecreciente de areniscas discordantes, cubiertas por un delgado nivel lutítico. (Jaillard, 1997).

**Edad:** Coniaciano a Campaniano medio.

**Espesor:** Alcanza los 320 m.

**Ambiente:** Ambiente Marino de aguas someras. (Jaillard, 1997) y marino-fluvial.

- **FORMACIÓN TENA:**

Esta unidad representa el cambio brusco del ambiente que ocurrió después del depósito de la Formación Napo, los mares retrocedieron de la cuenca y ocurrió una transformación a los ambientes de agua dulce con las acumulaciones litológicas rojas continentales. (Rivadeneira, et al., 1999).

La Formación Napo es cubierta por la Formación Tena en forma discordante, Los contactos inferiores y superiores son discordancias no angulares. (Rivadeneira, et al., 1999).

**Litología:** Según (Jaillard, 1995) se divide en tres miembros:

*Arenisca Tena Basal:* Es un cuerpo lenticular de areniscas mal seleccionadas.

*Miembro Tena Inferior:* Limolitas y areniscas rojas continentales de grano fino.

*Miembro Tena Superior:* Limolitas y areniscas de grano grueso.

**Edad:** La Formación Tena va de una edad Maastrichtiano a Paleoceno (Jaillard, 1995; Faucher y Savoyat, 1973).

**Espesor:** Es muy variable y se reduce de Sur (600 m) a Norte (400 m) en la zona Subandina y de Oeste (más de 1000 m) a Este en la cuenca amazónica (272 m en Tiputini). (Jaillard, 1997).

**Ambiente:**

- Arenisca Tena Basal; ambiente marino (regresión).
- Miembro Tena Inferior; ambiente marino somero a continental.
- Miembro Tena Superior; depositado en ambiente continental. (Baby, et al., 1998).

## CENOZOICO

- **FORMACIÓN TIYUYACU:**

Aflora al Norte del río Pastaza (Alto de Napo) y en el Norte de la Cuenca Oriental, buenos afloramientos se pueden observar en los alrededores del campamento Bermejo, y a lo largo de la carretera que une los pozos de dicho campo petrolero.

**Litología:** Presenta dos miembros, Tiyuyacu Inferior y Superior (Rivadeneira, et al., 1999):

*Tiyuyacu Inferior:* Consiste en conglomerados, areniscas y arcillas rojizas, los conglomerados presentan clastos que varían de subredondeados a redondeados, compuestos principalmente de cherts, cuarzo lechoso y cuarcitas. (Baby, et al., 1998).

*Tiyuyacu Superior:* Compuesta por conglomerados en la base y lutitas con areniscas en el tope con la diferencia que los conglomerados son esencialmente de cuarzo lechoso, traslucido y pocos cherts. (Baby et al., 1998).

**Edad:** Eoceno Temprano – Eoceno Medio

**Espesor:** El espesor estimado de esta Formación Tiyuyacu en la región de Bermejo pasa los 400 m.

**Ambiente:**

- Tiyuyacu Inferior: Ambiente continental, limitado en la base y tope por una importante superficie de erosión regional (Baby et al., 1998).
- Tiyuyacu Superior: Ambiente continental (Baby, et al., 1998).

Existe discordancia angular y erosiva entre las formaciones Tena y Tiyuyacu (Dashwood y Abbots, 1990), mientras el contacto con la Formación Chalcana es concordante.

- **FORMACIÓN ORTEGUAZA:**

Afloramientos se pueden observar a algunos kilómetros al Sur de Cascales en las orillas del río Aguarico. La Formación Orteguaza corresponde a un fuerte reflector que marca el paso de ambiente continental a marino (Rivadeneira, et al., 1997).

**Litología:** Está compuesta por areniscas grises – verdosas y lutitas gris – verdosas a negras (Baby et al, 1997).

**Edad:** Eoceno Medio a Oligoceno.

**Espesor:** Entre 300 a 400 m.

**Ambiente:** Plataforma marina somero (Rivadeneira, et al., 1999).

## FORMACIONES TERCIARIAS

- **FORMACIÓN CHALCANA:**

Esta formación se puede observar en las orillas del Río Aguarico, descansa sobre la Formación Orteguaza y presenta una discordancia angular con la Formación Arajuno que la sobreyace, (Valdez, 1997; Rosero M, 1999; Christophoul, 1999).

**Litología:** Constituida de arcillas chocolate – café, con huellas de gusanos e intercalaciones de areniscas. (Valdez, 1997; Rosero M, 1999; Christophoul, 1999).

**Edad:** Oligoceno Tardío – Mioceno Temprano.

**Espesor:** De 650 a 1100 m (Robalino, 1998; Dávila, 1990).

**Ambiente:** Continental- fluvial (Baby et al., 1997).



- **FORMACIÓN ARAJUNO:**

Está en discordancia con la Formación Chalcana (Gaibor, 2001).

**Litología:** Se divide en tres miembros:

*Miembro inferior:* areniscas con conglomerados e intercalaciones de arcilla bentónica.

*Miembro Intermedio:* arcillas rojizas con yeso en la base y tobas en la parte superior.

*Miembro Superior:* areniscas con lignito (Baby et al., 1997).

**Edad:** Mioceno Inferior – Medio.

**Espesor:** Su potencia aproximada es de 1000 m. (Baldock, 1982).

**Ambiente:** Continental fluvial.

- **FORMACIÓN CURARAY:**

Es la equivalente lateral marina de la Formación Chambira (Rosero M, 1999).

**Litología:** Son arcillas grises, azul – verde, rojas y en algunas ocasiones con yeso, alternadas con areniscas de grano fino a medio, además se observa mezclas tobáceas, vetas ligníticas y arcillas negras carbonatadas hacia el tope (Gaibor, 2001).

**Edad:** Mioceno Superior.

**Espesor:** Tiene una potencia de por lo menos 750 m. (Tschopp, 1953; Baldock, 1982).

**Ambiente:** Marino Somero.

- **FORMACIÓN CHAMBIRA:**

Descansa concordantemente sobre la Formación Arajuno, pero al tope hay una discordancia erosiva con la Formación Mesa. (Baldock, 1982).

**Litología:** Está dividida en 3 miembros (Baldock, 1982):

*Miembro inferior:* formado por areniscas, escasos conglomerados, intercalaciones de arcilla y resto de plantas.

*Miembro medio:* se encuentran conglomerados con restos de árboles silicificados.

*Miembro superior:* conglomerados con troncos silicificados.

**Edad:** Mioceno Superior

**Espesor:** Varía de 1000 a 1500 m. (Baldock, 1982).

**Ambiente:** Abanico aluvial asociado a la erosión de la Cordillera (Baby et al., 1997).

- **FORMACIÓN MESA:**

Descansa en discordancia erosiva sobre la Formación Chambira y sobre ella en discordancia erosiva está la Formación Mera (Gaibor, 2001).

**Litología:** Comprende una serie de terrazas imbricadas, fuertemente erosionadas, compuestas por depósitos clásticos de medios a gruesos, derivados de la continua erosión de la Cordillera Real, el diámetro de sus granos aumenta en dirección de la Cordillera. (Tschopp, 1953; Baldock, 1982).

**Edad:** Plioceno (Rosero M, 1999).

**Espesor:** Tiene mayor espesor en la parte Oeste, cerca de la Cordillera 1000 m, mientras que para el Este descienden hasta alcanzar unos 100 m. Las terrazas muestran evidencias de fallamiento y levantamiento, están cubiertas por depósitos recientes. (Baldock, 1982).

**Ambiente:** Continental (Baby et al., 1997).

- **FORMACIÓN MERA:**

Descansa en discordancia erosiva sobre la Formación Mesa (Gaibor, 2001).

**Litología:** Consiste en terrazas más jóvenes, depósitos compuestos por abanicos de pie de monte del Cuaternario, areniscas tobáceas y arcillas, las que postdatan al último periodo importante de fallamiento y levantamiento. (Baby et al., 1997).

**Edad:** Cuaternario.

**Espesor:** Se profundiza hacia el sur donde el espesor sobrepasa aproximadamente los 2000 m. (Baby et al., 1997).

**Ambiente:** Continental – Abanicos aluviales (Baby et al., 1997).

## **VOLCÁNICOS CUATERNARIOS**

La secuencia de volcánicos cuaternarios del volcán Reventador, cubren gran parte de la sucesión cretácica en la Zona Subandina, culminando en un cono simétrico brechoide y parcialmente erosionado. El Reventador ha erupcionado histórica y frecuentemente, es considerado activo. (Hall, 1977).

El complejo volcánico de El Reventador se desarrolla en diferentes períodos sucesivos. Las distancias recorridas por las coladas más recientes varían entre 3 y 6 Km. Está compuesto de basaltos andesíticos con un alto porcentaje de depósito piroclástico y laharítico, además localmente en sus lavas se encuentran xenolitos de gabro. (Hall, 1977).

## **RESERVORIO “T” INFERIOR**

Forma parte el primer gran banco arenoso de la Arenisca “T”, la cual fue depositada en lo que se conoce como el Segundo Ciclo Sedimentario del Cretácico de la Cuenca Oriente (Rivadeniera et al., 1997), en un ambiente de regresión marina durante el Albiano Superior (98 Ma).

La Arenisca “T” Inferior o también llamada Arenisca “T” Principal, está compuesta por areniscas cuarzosas de grano grueso a medio en el Este de la cuenca; y hacia el Oeste varía lateralmente a areniscas de grano fino, gradualmente pasa a la Caliza “T” en la Zona Subandina. Son areniscas masivas con abundantes figuras de energía como son las ondulitas.

Este banco arenoso se deposita en un régimen fluvial de valles incisos con influencia estuarina y deltaica, cuando empezaba el evento transgresivo que alcanza la parte central de la Cuenca Oriente.

En los pozos analizados se describe como una arenisca blanca, hialina, transparente a translúcida, suelta, en parte friable, de grano fino a muy fino, ocasionalmente grano grueso, cuarzosa, de subangular a subredondeada, con pobre selección, matriz no visible, cemento no visible, en parte pobre porosidad visible. Manifestación de hidrocarburo regular: 10-20% de la muestra.

## RESERVORIO “U” INFERIOR

Al igual que la Arenisca “T” Inferior, la Arenisca “U” Inferior forma parte de un estrato arenoso denominado Arenisca “T”, la cual se depositó en el Tercer Ciclo Sedimentario del Cretácico de la Cuenca Oriente (Rivadeniera et al., 1997).

La Arenisca “U” Inferior o también llamada Arenisca “U” Principal,

La depositación de este banco arenoso se desarrolla en un ambiente transgresivo temprano, en el que se rellenan los valles erosionados debido a la caída del nivel eustático del Cenomaniano Medio por medio de canales fluviales que se conectan con regiones estuarinas con influencia mareal.

En los pozos analizados se describe como una arenisca hialina, blanca, transparente a translúcida, suelta, de grano fino a medio, cuarzosa, forma subredondeada a subangular, moderada selección, matriz no visible, cemento no visible, porosidad no visible, presenta trazas de hidrocarburo.

Ambos reservorios se encuentran ubicados en el Play Oriental de la Cuenca Oriente o también llamado Sistema Capirón-Tiputini, caracterizado por presentar estructuras petrolíferas asociadas a anticlinales fallados desarrollados sobre semigrabens jurásicos (Díaz, et al., 2004). La mayoría de fallas son lístricas cuyo nivel de despegue según la información sísmica se encuentra en el basamento (Balkwill, et al., 1995).

La gravedad API del crudo presente en los reservorios de este *play* llega hasta 16, es decir, crudo mediano a pesado.

### 2.3.3. Principios de gases

En la actualidad se presume que el petróleo y el gas natural son el resultado de una serie de procesos químicos y variaciones sufridas por materia orgánica provenientes de animales y vegetales, la cual ha sido susceptible de la acción de bacterias, elevadas temperaturas y presiones durante millones de años, al depositarse las capas de sedimentos que contienen dicha materia orgánica.

El gas natural al igual que el petróleo se encuentra acumulado en el subsuelo en estructuras geológicas denominadas trampas.

Dentro de éstas, los hidrocarburos (o el gas) están contenidos en una roca porosa (o con espacios porosos) denominada roca reservorio.

El gas natural es una mezcla de gases, en la que se encuentra en mayor proporción el metano. Aunque existen yacimientos que proporcionan exclusivamente gas natural, éste va casi siempre asociado al petróleo en sus yacimientos, y sale a la superficie junto a él cuando se perfora un pozo, o por simples emanaciones del subsuelo a la superficie (Levorsen A, 1973) (Fig. 5.).

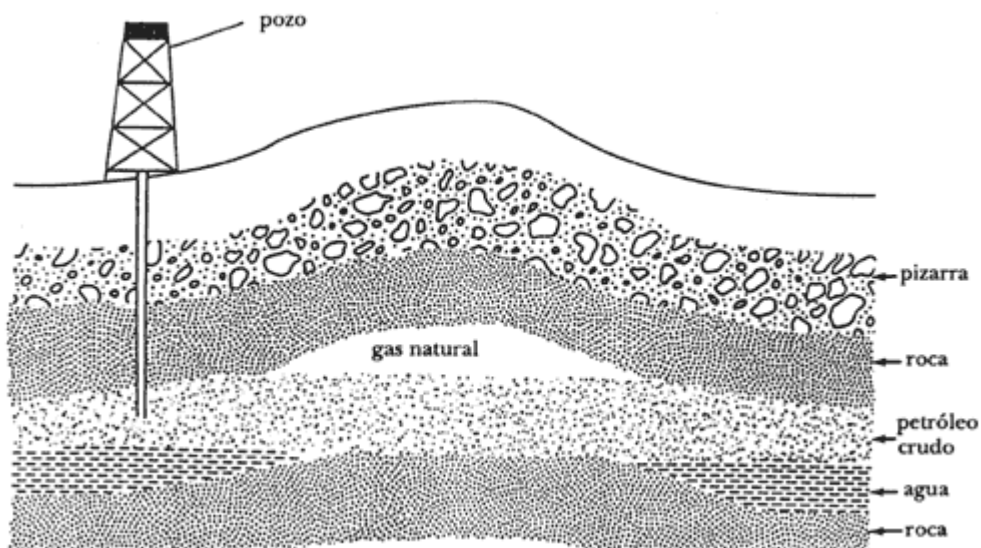
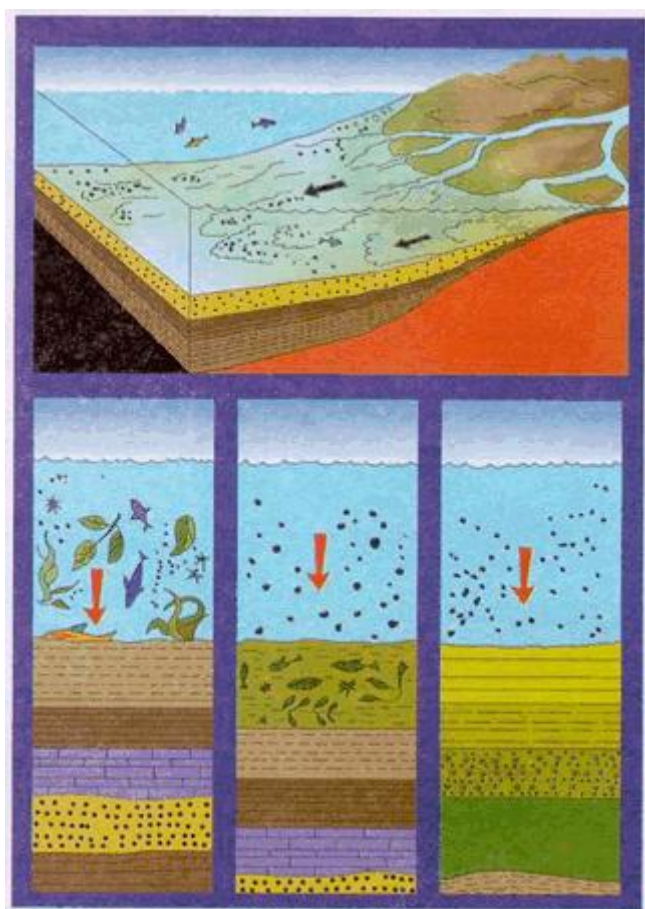


Fig. 5. Esquema de un pozo de petróleo. Levorsen A., 1973.

## ORIGEN DE LOS HIDROCARBUROS

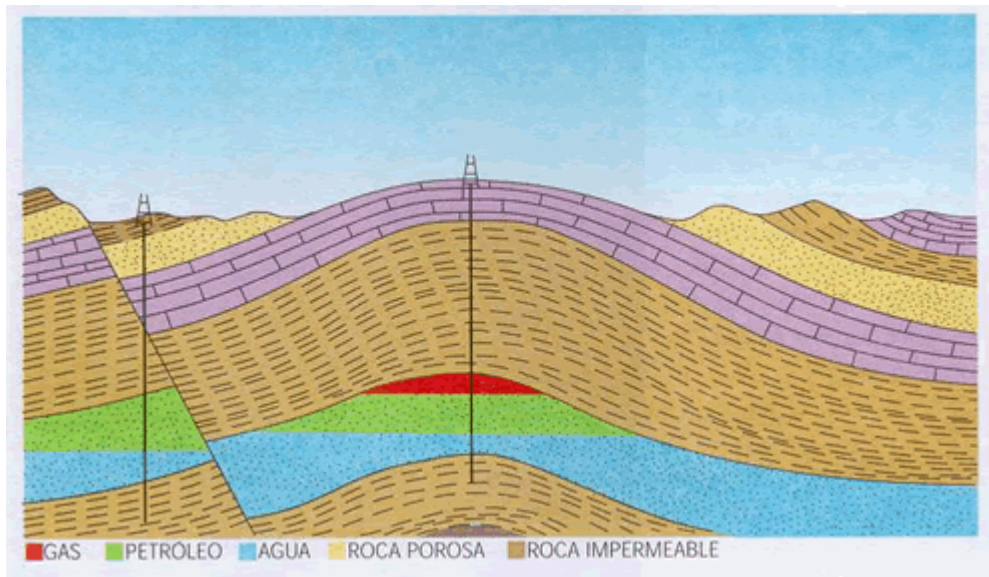
Los hidrocarburos (gas o petróleo), tienen su origen según lo postula la *Teoría Orgánica* ( la más aceptada actualmente), la cual indica que el petróleo y el gas natural se han formado por la transformación de la materia orgánica vegetal y animal, cuya estructura molecular ha sufrido alteraciones por efecto de altas temperaturas, acción de bacteria y microorganismos, altas presiones en el subsuelo y otros agentes a lo largo de millones de años.



Origen de los hidrocarburos, Teoría Orgánica. Tomado de internet.

Los volúmenes de hidrocarburos generados pasan por un proceso de migración (movimiento de hidrocarburos de la roca generadora a la roca reservorio, siguiendo vías de porosidad y permeabilidad) hasta acumularse en las denominadas trampas de hidrocarburos, estas son estructuras que prestan las condiciones geológicas de las rocas del subsuelo que permiten la acumulación del petróleo o del gas natural. Las trampas pueden ser *estructurales* (pliegues y fallas)

o *estratigráficas* (lentes, acuñaamientos de rocas porosas contra rocas no porosas denominadas rocas sellos).



Entrampamiento y acumulación de hidrocarburos en el subsuelo. Tomado de internet.

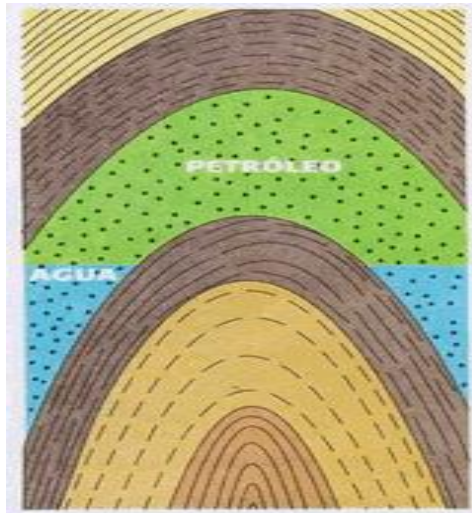
## YACIMIENTOS DE HIDROCARBUROS

De acuerdo con los volúmenes de gas o de petróleo que contienen los yacimientos se pueden mencionar los siguientes:

### *Yacimientos de Petróleo:*

En éstos el hidrocarburo dominante es el petróleo, el gas es un producto secundario disuelto en cantidades que dependen de la presión y temperatura del yacimiento. Se denominan yacimientos saturados cuando el petróleo no acepta más gas en solución bajo las condiciones de presión y temperatura existentes, lo que ocasiona que cualquier exceso de gas se desplace hacia la parte superior de la estructura, lo que forma una capa de gas sobre el petróleo.

En yacimientos de petróleos no saturados, también se desarrolla la capa de gas por los vapores que se desprenden en el yacimiento al descender la presión.

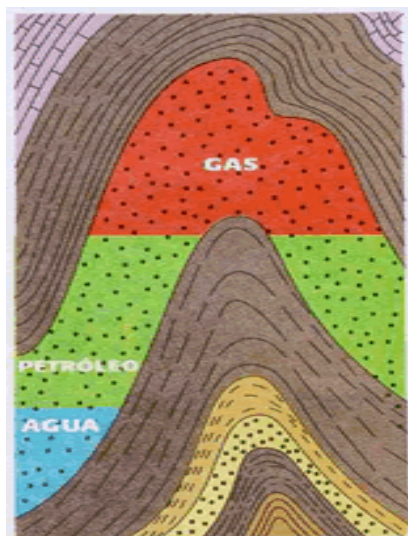


Yacimientos de petróleo. Tomado de internet.

***Yacimientos de Gas-Petróleo:***

Son aquellas acumulaciones de petróleo que tienen una capa de gas en la parte más alta de la trampa. La presión ejercida por la capa de gas sobre la de petróleo es uno de los mecanismos que contribuye al flujo natural del petróleo hacia la superficie a través de los pozos.

Cuando baja la presión y el petróleo ya no puede salir naturalmente, puede inyectarse gas desde la superficie a la capa de gas del yacimiento, aumentando la presión y recuperando volúmenes adicionales de petróleo.



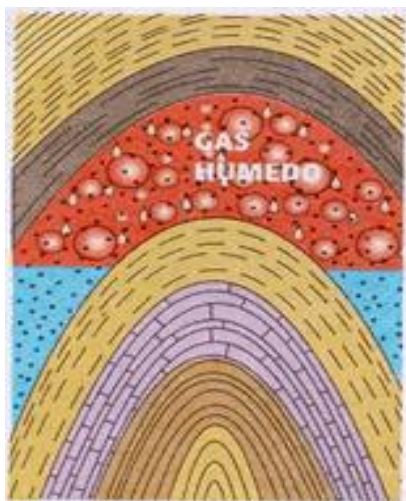
Yacimientos de gas-petróleo. Tomado de internet.



### ***Yacimientos de Condensados:***

En estos yacimientos los hidrocarburos están en estado gaseoso, por características específicas de presión, temperatura y composición. El gas está mezclado con otros hidrocarburos líquidos; este tipo de gas recibe el nombre de *gas húmedo*.

Durante la producción del yacimiento, la presión disminuye y permite que el gas se condense en petróleo líquido, el cual al unirse en forma de película a las paredes de los poros queda atrapado y no puede ser extraído. Esto puede evitarse inyectando gas a fin de mantener la presión del yacimiento.



Yacimientos de condensados. Tomado de internet.

### ***Yacimientos de Gas Seco:***

Son yacimientos que contienen hidrocarburos en fase gaseosa, por tanto, el gas es el producto principal; pero al producirlos no se forman líquidos por los cambios de presión y temperatura.

El gas se genera gracias a un proceso de expansión, parecido al que ocurre en las bombonas, donde la cantidad de gas está relacionada con la presión del embase.

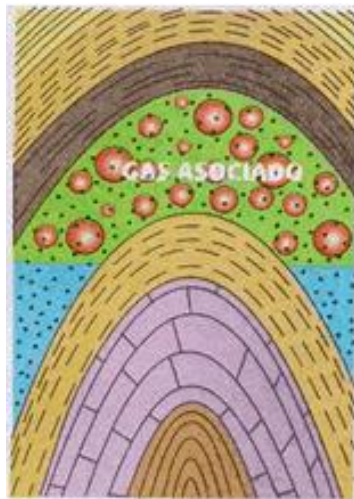


Yacimientos de gas seco. Tomado de internet.

***Yacimientos de Gas Asociado:***

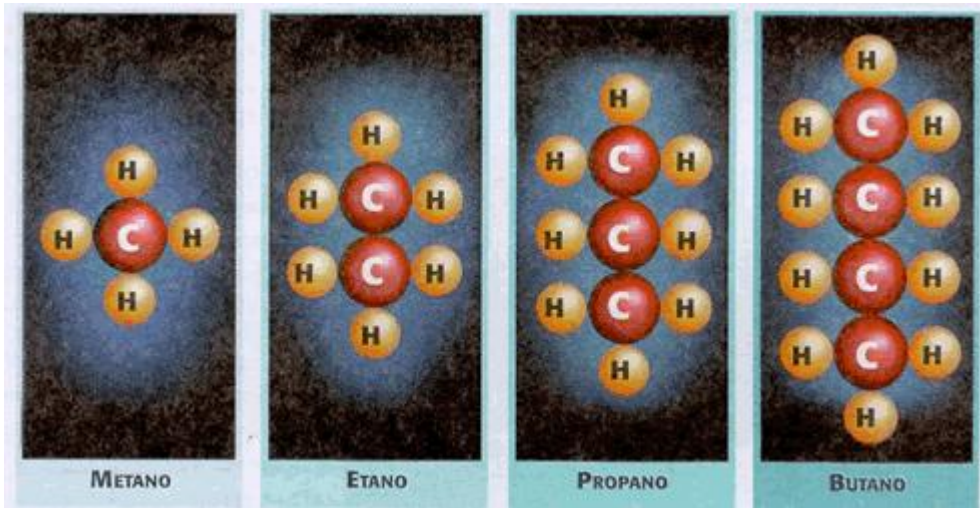
El gas que se produce en los yacimientos de petróleo, de gas-petróleo y de condensados, recibe el nombre de *gas asociado*, ya que se produce conjuntamente con los hidrocarburos líquidos.

El gas que se genera en yacimientos de gas seco, se denomina *gas no asociado* o *gas libre* y sus partes líquidas son mínimas.



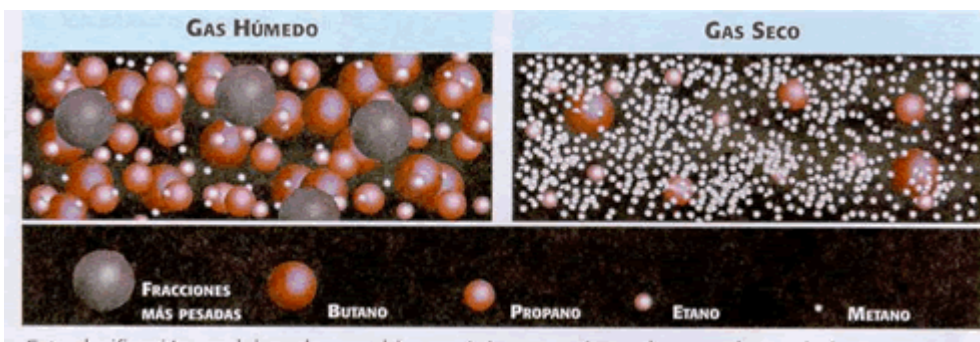
Yacimientos de gas asociado. Tomado de internet.

El gas natural se encuentra en los yacimientos acompañado de otros hidrocarburos, que se aprovechan en los procesos de extracción y en procesamiento de los productos principales. Es por ello que, dependiendo de que producto los acompañe, se lo denomina *gas seco* o *gas húmedo*.



Gases de hidrocarburo. Tomado de internet.

Si el gas en los yacimientos contiene propano, butano y fracciones de más pesados en cantidad suficiente, se le denomina *gas húmedo*, y si el metano está presente mayoritariamente, se denomina *gas seco*.



Fracciones de hidrocarburos presentes en el gas seco y gas húmedo. Tomado de internet.

## **CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL**

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los  $-161^{\circ}\text{C}$ .

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos. Otros componentes tales como el  $\text{CO}_2$ , el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno se encuentran también en el gas natural. La composición del gas natural nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (como mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno ( $\text{CH}_4$ ). El metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y casi totalmente y emite muy poca contaminación. El gas natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía. Además, por su densidad de 0.60, inferior a la del aire (1,00), el gas natural tiene tendencia a elevarse y puede, consecuentemente, desaparecer fácilmente del sitio donde se encuentra por cualquier grieta.

A una presión atmosférica normal, si el gas natural se enfría a una temperatura de  $-161^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, se condensa bajo la forma de un líquido llamado gas natural licuado (GNL). Un volumen de este líquido ocupa casi 600 veces menos espacio que el gas natural y es dos veces menos pesado que el agua (45% aproximadamente). Es inodoro, incoloro, no es corrosivo ni tóxico. Cuando se evapora se quema solamente en concentraciones del 1 % al 15% mezclado con el aire. Ni el GNL ni su vapor pueden explotar al aire libre. Puesto que el gas natural licuado ocupa menos espacio, el gas natural se licúa para facilitar su transporte y almacenaje.

El gas natural es considerado como un combustible limpio. Bajo su forma comercializada, casi no contiene azufre y virtualmente no genera dióxidos de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Sus emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}$ ) son menores a las generadas por el petróleo y el carbón. Las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) son inferiores a la de otros combustible fósiles (según Eurogas emiten 40 à 50% menos que el carbón y 25 a 30% menos que el petróleo).

### **2.3.3.1. El gas en la perforación**

El tipo y la cantidad de gases son de gran importancia en el monitoreo de la perforación de un pozo. Detecciones de influjos de gas en el momento preciso y su información inmediata, le dará tiempo a la cuadrilla del taladro a tomar las acciones pertinentes, tanto si se trata de un reventón o

de gases tóxicos. Adicionalmente su registro apropiado es de gran valor en la evaluación de los reservorios y pueden servir para señalar zonas productoras no visualizadas.

Un análisis cromatográfico continuo de gas en la columna del registro de gases, nos proporciona una de las herramientas más valiosas para interpretar el valor de un yacimiento con contenido comercial de hidrocarburos gaseosos y líquidos aunque las condiciones del lodo con un sobre-balance muy alto al perforar impidan la entrada de gas en cantidad suficientemente grande.

### **2.3.3.2. Fuentes de manifestaciones de gas**

Mientras avanza la perforación de un pozo, el gas que llega a ser detectado en superficie puede tener distintos orígenes, aunque siempre en función de la presión y temperatura.

Gran parte del gas en el reservorio está presente en solución. Solamente cuando el fluido de formación, el petróleo y/o agua, es gas saturado una fase de gas libre estará presente.

Cuando el gas disuelto es llevado a la superficie en el fluido de perforación, una fracción saldrá del mismo, tanto la temperatura como el presión decaen, lo que permite la presencia del gas libre. Esto es análogo al dióxido de carbono que sale de la solución cuando la tapa es tomada fuera de una botella de gaseosa devolviendo el fluido a la presión atmosférica. El grado de esta transición estará en dependencia de factores como:

- Condiciones de presión y temperatura
- Composición original del hidrocarburo
- Tipo de fluido de perforación y su solubilidad. El petróleo, por ejemplo, obviamente tiene un potencial de solubilidad alto para todos hidrocarburos, mientras que el agua tiene una capacidad inferior.

El gas proviene de la formación a través de varios mecanismos diferentes. El geólogo debe ser consciente de estos mecanismos y poder distinguir entre, por ejemplo, el gas que puede ser atribuido a la formación directamente; el gas que puede ser indirectamente atribuible a la formación o, más lejos, el gas influenciado por las operaciones de la perforación; y el gas que nace de orígenes artificiales (Fig. 6.).

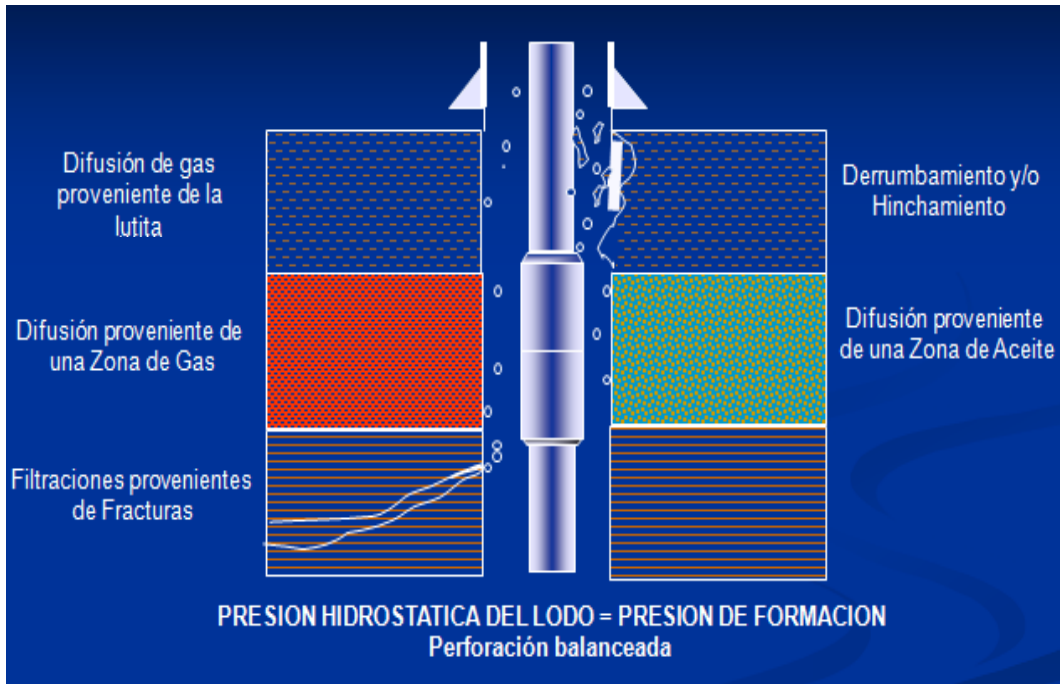


Fig. 6. Fuentes de manifestación de gas, Presentación de Teoría de Gases, Geoservices, 2006.

### 2.3.3.3. Tipos de gases de perforación

Una manifestación de gas, es un incremento de gases por encima de una línea base, el “background”, indicativo del potencial de hidrocarburos de la formación independiente de cualquier operación de perforación o proceso de circulación.

El análisis de la manifestación de gas comienza con la detección de los gases de hidrocarburos que son el resultado de la perforación de un intervalo específico. La cantidad de gas y su composición son registradas en los equipos de detección y cromatografía. Usualmente las unidades de registros de lodos computarizadas poseen en el pozo, programas computarizados de estudios para la interpretación de los gases y la clasificación de su manifestación.

Sin embargo como regla practica manual mas no científica:

- Zonas con alto C1: puede representar carbón, biogénico, zona de agua o gas seco.
- Zonas con gas húmedo “wet gas” habitualmente tienen relaciones C1/C3 que son más altas que las relaciones C1/C4.
- Zonas no productivas tienen relaciones donde los valores subsecuentes son inferiores a los precedentes.

Para ayudar con este procedimiento, cuatro clasificaciones del gas fueron determinadas por R. Mercer en 1974 (5) y este modelo ha sido asumido extensamente, como la clasificación aceptada, al otro lado de la industria.

1. Gas liberado
2. Gas producido
3. Gas reciclado
4. Gas de contaminación

### ***GAS LIBERADO***

Este es el término dado al gas que es directamente atribuible al volumen del gas originalmente contenido dentro del volumen poroso de roca triturada por la broca, producido por el avance de la perforación.

Es definido como el gas que es liberado mecánicamente, por el movimiento de la broca, y es contenido en el fluido de perforación mientras la broca traspasa la formación.

El gas es mecánicamente y al instante liberado cuando la roca se fragmenta por la broca de perforación, se crean los recortes y en el proceso se expone un área más grande y espacio vacío (Fig. 7. Zona A).

El gas que no se libera con el proceso de perforación y queda en los ripios es liberado a medida que haciende por el anular (Fig. 7. Zona B).

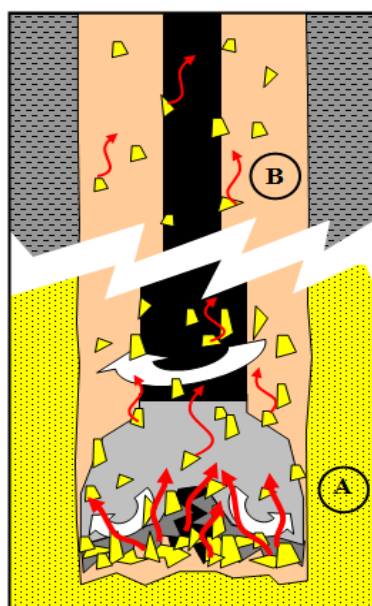


Fig. 7. Esquema del Gas Liberado, Hawker, D., 1997



La suma del gas liberado por ambos mecanismos es la representación de la cantidad total del gas liberado presente en el volumen de la formación y reflejará la composición de los fluidos presentes en la roca al momento de la perforación.

### ***GAS PRODUCIDO***

Es el gas que llega al lodo, proveniente de una formación, cuando la presión hidrostática del lodo es menor que la presión de la formación.

Este gas se incorpora al fluido de perforación desde la formación en respuesta al desequilibrio entre la presión de formación que excede la presión hidrostática efectiva opuesta y es por consiguiente llamado también “Gas post-perforación” (Fig. 8.).

Después de que la broca ha pasado la zona productiva de gas, el gas surgirá basado en el desequilibrio de presión que existe.

La cantidad de gas detectada en superficie es directamente dependiente de la cantidad de gas en el lugar, el espesor de la formación, y el diferencial de presión (la presión de la formación menos la presión efectiva circulante). (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

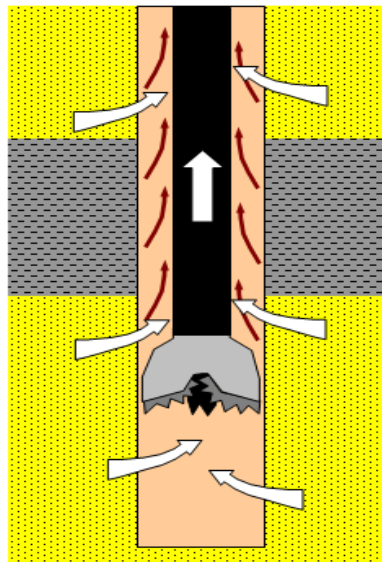


Fig. 8. Esquema del Gas Producido en el caso Bajo-balance, Hawker, D., 1997



## **GAS RECICLADO**

Es el gas que no es eliminado del lodo de perforación, en la superficie y se bombea seguidamente bajo el drillpipe (barrra de sondeo) y es eficazmente reciclado a través del sistema en un segundo tiempo.

Siempre que se encuentre un pico grande de gas, sea Gas de Formación o Gas de Viaje, no todo este gas se extraerá del lodo cuando él retorne a la superficie. Este lodo gasificado puede circularse bajo el drillpipe y puede producirse un segundo pico menos pronunciados y más ancho, conocido como Gas reciclado (Fig. 9.).

Es importante que el Gas de reciclaje sea reportado para que no sea confundido como gas de formación. Este debe tratarse como un incremento temporal en el Gas Background y como tal no se encuentra incluido en el mud-logging. (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

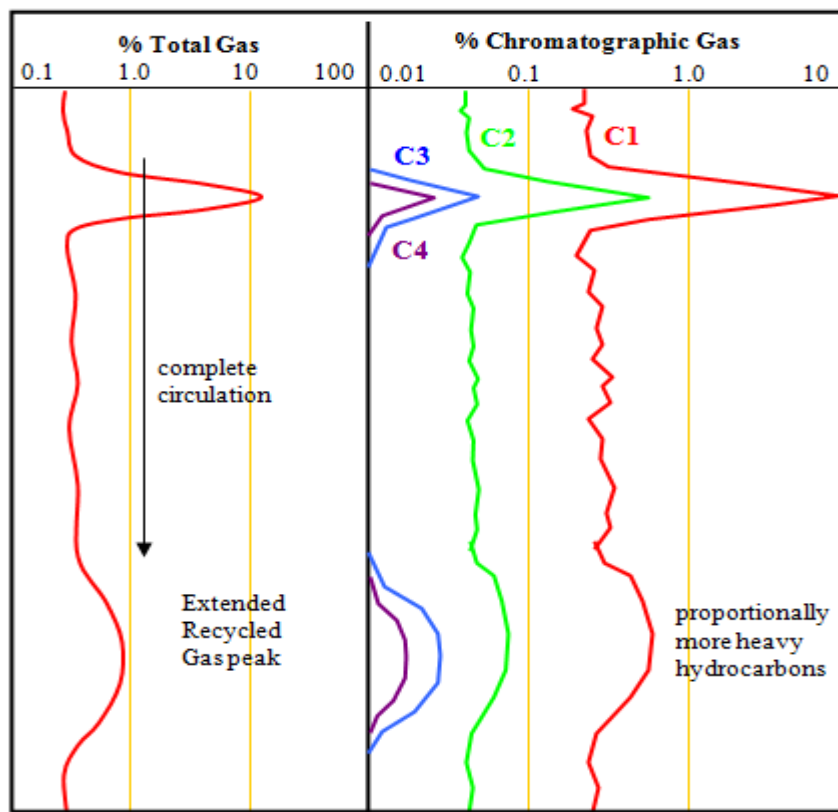


Fig. 9. Presentación típica de un pico de Gas Reciclado, Hawker, D., 1997

## ***GAS DE CONTAMINACIÓN***

Corresponde a cualquier gas que ha sido introducido en el fluido de perforación cuyo origen es diferente de las formaciones atravesadas durante la perforación.

Hay muchos contaminantes externos que pueden dar como resultado interpretaciones de gas anómalas o shows.

- Como resultado de la degradación termal o la reacción de aditivos del lodo.
- Adición de productos de petróleo al fluido de perforación.
- A consecuencia de pruebas de retardo, empleando carburo de calcio o gasolina.
- La producción de hidrógeno cuando se perfora a través de cemento.
- Contaminación de transportadores o tanques de lodo que previamente contenían crudo.
- Reutilización de lodo base aceite que podía haber conservado fluidos de hidrocarburo de pozos antes perforados.

## ***GAS CERO***

El gas presente en el sistema de circulación del lodo cuando la broca se encuentra fuera del fondo, y no hay movimiento arriba/abajo de la tubería de perforación. Es resultado de la liberación de los gases del sistema de lodos o del reciclado de gases previamente encontrados en el pozo. Aunque varía constantemente, hace las veces de un punto de iniciación para la evaluación de cualquier manifestación de gas de la formación.

## ***GAS BACKGROUND (Valor de Fondo)***

Es el gas que refleja el carácter geológico de una litología constante. Las lecturas incorporan las contribuciones del Gas de Formación y aquellas del Gas Cero.

Indica el gas detectado sobre un cierto periodo de tiempo o intervalo de profundidad que corresponde a una lectura promedio de gas mientras se perfora.

La fuente del Gas Background puede ser variada:

- Por contaminación desde el lodo de perforación.

- Algún compuesto del petróleo adherido al lodo que proporciona pequeñas cantidades de gas.
- Una cantidad pequeña pero consistente de gas liberado mientras se perfora a través de una litología uniforme.
- Gas producido que fluye de forma consistente en una zona de gas productiva.
- Gas reciclado después de una muestra de gas grande.

El Gas Background (Valor de Fondo) es siempre leído mientras se perfora, y no debe confundirse con Gas Cero. Sin embargo, el término Gas Background no tiene tanta importancia como es la fuente o génesis del gas, y sólo se usa como un término relativo para describir la media del gas que se lee mientras se perfora, o la cantidad de un pico de gas (gas de conexión por ejemplo) que es mayor al background. (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

### ***GAS DE VIAJE***

Es el gas obtenido en la perforación durante el proceso en el que se baja o sube la sarta de perforación (operación cuyo fin es calibrar y limpiar el pozo para asegurar su estabilidad mediante la bajada y subida de tubería a intervalos constantes de profundidad).

Mientras se hace un viaje, varios factores pueden combinarse para inducir gas en la perforación. Estos incluyen pistoneos desde la formación cuando la broca es pulida en el paso por zonas productivas; gas que fluye en la perforación debido a la reducción de la presión hidrostática; o el levantamiento del mudcake por la broca permite en zonas porosas la liberación de gas.

Un gas del viaje normalmente es un pico grande, pico brusco, estos normalmente son vistos que ocurren en la sección del pozo abierto, y en estos casos es posible tener dos picos de gas de viaje.

El valor absoluto de un gas de viaje tiene relevancia importante para la evaluación del estado del pozo y como tal el gas de viaje es reportado como la cantidad de gas sobre el background. (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

#### 2.3.3.4. Composición química de los gases de hidrocarburos

Los hidrocarburos, bien sean gases, líquidos, o sólidos, ocurren de forma natural en la corteza terrestre. Como hidrocarburo, el petróleo puede contener cantidades variables pero menores de gases tales como dióxido de carbono, azufre y nitrógeno.

En la forma fluida, el término petróleo indica al crudo típicamente, que puede estar compuesto de una mezcla complicada de hidrocarburos que varían en el tamaño molecular y el peso. Cuando se lo recupera a superficie, los compuestos del hidrocarburo pueden ser separados a través del refinamiento y la destilación para producir una variedad de productos de petróleo.

Por definición, los compuestos de hidrocarburos son los que constan de átomos de hidrógeno y de carbono completamente. Estos compuestos, pueden ser clasificados en 2 tipos, dependiendo del afianzamiento molecular de los átomos de carbono:

- Hidrocarburos saturados: Compuestos que poseen un enlace simple covalente entre los átomos de carbono.
- Hidrocarburos no saturados: Compuestos que poseen un doble en la ce covalente entre los átomos de carbono.

Un enlace covalente resulta de la atracción simultánea de dos átomos para compartir un par de electrones. Un enlace covalente doble ocurre cuando dos pares de electrones son compartidos por dos átomos.

#### *Hidrocarburos Saturados o Alcanos*

Estos compuestos constan de cadenas pequeñas de átomos de carbono saturados de los átomos de hidrógeno que son fijados en todos los enlaces simples disponibles.

Las series lineales son conocidas como *Parafinas* (Fig. 10., 11., 12.) y las series cíclicas como *Naftenos*.

Entre los hidrocarburos *parafínicos* más simples se encuentra el metano gaseoso, constituido apenas por un átomo de carbono ligado a cuatro átomos de hidrógeno (CH<sub>4</sub>); además existe otros compuestos como el etano y el propano también gaseosos, que poseen dos o tres átomos de carbono ligados a seis o a ocho átomos de hidrógeno respectivamente. (Noguera, 1998).

Su fórmula general es: C<sub>n</sub> H<sub>2n+2</sub>






Structure	Name	Abbreviation	Formula
	Methane	C1	CH <sub>4</sub>
	Ethane	C2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
	Propane	C3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
	Normal Butane	nC4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
	Normal Pentane	nC5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>

Fig. 10. Alcanos Parafínicos, Hawker, D., 1997

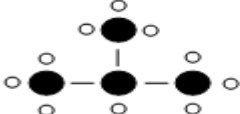
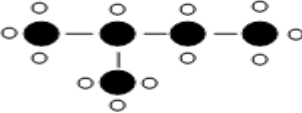
Structure	Name	Abbreviation	Formula
	<u>Iso</u> Butane	iC4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
	<u>Iso</u> Pentane	iC5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>

Fig. 11. Iso-Alcanos Parafínicos, Hawker, D., 1997

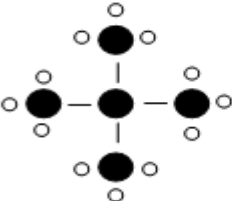
Structure	Name	Abbreviation	Formula
	Neo Pentane	NC <sub>5</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>

Fig. 12. Isómero Neo-pentano, Hawker, D., 1997

Los Naftenos son el segundo grupo de la serie de los alcanos (Fig. 13.). Los átomos de carbono en este grupo se disponen en cadenas cerradas.

Los nombres ya dados a la serie de parafina están precedidos de "Ciclo" para distinguirlos de la serie parafínica.

Tienen la fórmula general:  $C_n H_{2n}$

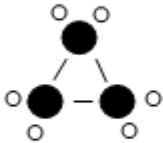
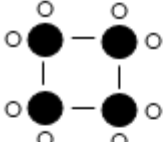
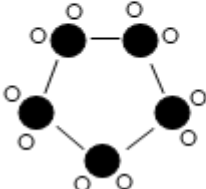
Structure	Name	Formula
	<u>Cyclopropane</u>	$C_3H_6$
	<u>Cyclobutane</u>	$C_4H_8$
	<u>Cyclopentane</u>	$C_5H_{10}$

Fig. 13. Grupo de los Naftenos, Hawker, D., 1997

### ***Hidrocarburos No Saturados o Aromáticos***

Los hidrocarburos aromáticos (Fig. 14.) están constituidos por enlaces dobles o simples, que se alternan con uno o seis átomos de carbono. El más simple de estos compuestos es el benceno.

Estos compuestos con dobles enlaces o benceno, poseen una considerable estabilidad. Debido a su pronunciado olor, el benceno o los compuestos con estructura semejante fueron llamados inicialmente, aromáticos. (Hunt, 1995).

Los hidrocarburos aromáticos pueden juntarse con otros aromáticos, formando los hidrocarburos polinucleares; si se junta con un compuesto saturado forma los hidrocarburos ciclo-aromáticos y a una cadena de hidrocarburos saturados, se originan los alquilo-aromáticos.

Los hidrocarburos aromáticos comparados con las parafinas normales y las parafinas cíclicas contienen la cantidad de hidrógeno más baja teóricamente. (Hunt, 1995).

La serie tiene por fórmula general:  $C_n H_{2n-6}$

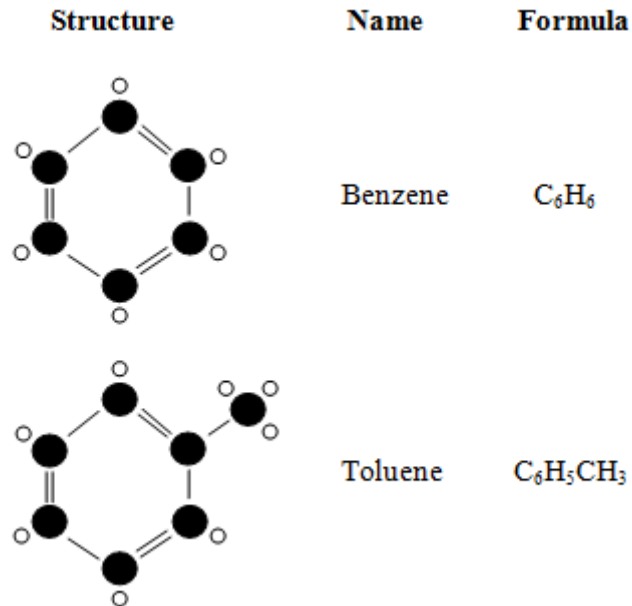


Fig. 14. Hidrocarburos Aromáticos, Hawker, D., 1997

### 2.3.3.5. Unidades de medida de los gases

En la columna que contiene toda la información del detector de gas total se incluye el gas de formación, gas de conexión, gas de viaje, gas reciclado, gas liberado, etc. (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

La equivalencia de la calibración del detector de gas empleado viene incluida en la parte superior de la columna de gas, en la primera hoja del registro de mud-logging o en el título del mismo.

Esta equivalencia es la cantidad de unidades de gas representadas en un porcentaje del metano equivalente en el aire.

Para los pozos analizados, esta equivalencia es:

$1 \% = 50 \text{ u (EE.UU)} = 25 \text{ u (Canadá)} = 10000 \text{ ppm}$
---

La escala utilizada para la Columna de Gas Total es una escala logarítmica, normalmente de 1 a 1000000 ppm.

Se relacionan los valores del detector de Gas Total con los valores del Cromatógrafo mediante la siguiente ecuación:

$$GT(\%) = C_1 + (2 * C_2) + (3 * C_3) + (4 * \sum C_4) + (5 * \sum C_5)$$

### 2.3.3.6. Factores que afectan la detección del gas

Muchos factores afectan la cantidad de gas que es detectado y registrado por el sistema, y el tamaño de los picos del gas está parcialmente relacionado por la cantidad de gas en la formación. (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

Los factores se pueden dividir en cuatro grupos:

1. Las características del reservorio: la relativa saturación del volumen del poro por gas, la porosidad y permeabilidad del reservorio; la temperatura de formación y presión.
2. Las condiciones de perforación: diámetro del pozo, rata de penetración, y flujo del lodo.
3. Las propiedades del fluido de perforación: peso del lodo, viscosidad, perdida de agua, y contenido de petróleo.
4. La influencia de la pérdida de gas en superficie, y eficiencia de la trampa de gas, y sistema de detección de gas.

#### *Características del reservorio*

- Cantidad de gas en el lugar
- Porosidad y permeabilidad de la formación
- Presión de la formación o diferencial de presión entre formación y lodo.

Este grupo de factores están estrechamente relacionados para una medida directa de la cantidad de gas en la formación, una variación en las características físicas de la formación puede afectar el tamaño y composición de los picos de gas medidos en superficie.



La cantidad física del gas en la formación ocupando el espacio poroso, puede ser una función de la porosidad de la formación y la composición del fluido poral y por tanto se podrá diferenciar el tipo de reservorio.

La permeabilidad de la formación, y la presión diferencial entre la formación y el peso del lodo, también influyen en la cantidad y composición del gas detectado durante una muestra.

Éste será básicamente el factor determinante en la relativa cantidad de gas liberado y gas producido desde la formación.

Mayor permeabilidad de la formación, y buena porosidad, en presencia de equilibrio o desequilibrio de la perforación permitirá una muestra de gas más larga debido a la gran cantidad de gas producido. (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

### ***Condiciones de perforación***

- Diámetro del pozo
- Rata de penetración
- Presión del flujo de lodo

La influencia de las condiciones de perforación en la cantidad de gas detectado es bastante evidente.

El diámetro del pozo influye en la cantidad de gas, así un mayor diámetro del pozo permite obtener una superficie grande desde la que el gas puede filtrarse desde la formación al fluido de perforación.

La rata de perforación es otro de los factores que influyen en la cantidad de gas, así una rápida rata de perforación contribuye para una mayor cantidad de volumen de roca perforada (que contiene gas), y que por consiguiente aumenta la señal de gas.

### ***PROPIEDADES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN***

- Peso del lodo
- Viscosidad del lodo
- Pérdida de agua (Filtrado del lodo)
- Contenido de petróleo

El peso del lodo, reología del lodo, y composición del lodo también tienen influencia en el tamaño y composición de las muestras de gas detectadas.

Las propiedades del lodo, junto con la presión diferencial, componen una relación compleja que influye en la cantidad de gas que entra en el fluido de perforación.

El lodo con alta viscosidad forma un filtro (cake) en formaciones porosas que actúa como un sello efectivo que previene que el gas entre en el anular.

La rata con la que este filtro (cake) es formado, es dependiente del lodo y de las propiedades de la formación.

En términos simples, si el peso del lodo es bajo y presenta baja viscosidad, es más fácil extraer el gas desde el lodo con los gases livianos (metano, etano) que extraer los gases pesados (propano, butano y pentano). (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985), (Tablas 4.2-4.9).

En lodos base aceite se registra mayor contenido de gas, debido a los componentes del lodo de perforación (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985), que distorsionan la señal haciendo pensar que son parte del gas de formación, al contrario de lodos en base agua, en los que no se presenta este problema ya que no se tienen hidrocarburos en el lodo de perforación y por lo tanto los registros de gas de formación son más confiables.

### ***Eficiencia en la detección de gas***

- Pérdidas de superficie
- Tipo del sistema de detección del gas
- Temperatura ambiente
- Eficiencia del sistema de detección del gas

En la perforación y recolección de las muestras de gas de los pozos perforados las Compañías han tratado de mantener un control en pérdidas de agua en superficie y las trampas de gas han sido lo suficientemente eficientes para obtener las señales de gas por lo que su influencia en los datos de gas generalmente es muy baja.

Hay también otras influencias menores en la composición y cantidad de gas detectado, y este es el resultado de diferentes tipos de detectores de gas, técnicas diferentes de procesamiento de la muestra de gas, e incluso de la temperatura de ambiente.

La eficiencia operacional del sistema de detección de gas puede variar dependiendo de un número de factores como: la condición de las columnas, si las líneas son limpias, la correcta operación, la calibración, etc., sin embargo esto es muy difícil de detectar y también de compensar.

Es importante analizar la influencia de estos factores en las cantidades de muestras de gas y la composición, para comparar e interpretar datos de gas de diferentes pozos.

En muchos casos no es posible corregir los errores o diferencias, pero alguna compensación es necesaria realizarse para evitar conclusiones erróneas cuando se realiza la comparación de datos de gas. (Haworth, J. H; Sellens, M; y Whittaker, A., 1985).

En el presente estudio para cada uno de los pozos estos factores no influyen ya que todos los pozos, fueron analizados mediante el mismo equipo de mud-logging.

#### **2.3.4. Equipos de registro de gas durante la perforación**

La cromatografía es una forma especializada de detectar una mezcla de gas y cuantificar el porcentaje ó las partes por millón de cada uno de los componentes de la misma.

En la industria petrolera esta técnica es parte del mud-loggin, y es de gran importancia por sus campos de aplicación. Por una parte su capacidad para resolver (separar) mezclas orgánicas complejas, compuestos órgano-metálicos y sistemas bioquímicos, y por otra parte, como método para determinar cuantitativa y cualitativamente los componentes de la muestra.

Ambas aplicaciones se integran para complementar las descripciones de los ripsos de perforación, así como la evaluación de los shows y parámetros de perforación con el fin de elaborar los logs correspondientes para la toma de las decisiones más adecuadas para la productividad de un pozo.

El registro de gas en pozo es un registro continuo MWD (Measurement While Drilling), es decir proporciona de manera casi simultánea a la perforación, la información del contenido de gas presente en las formaciones atravesadas.

Los equipos que se utilizan para la detección de gas durante la perforación se denominan cromatógrafos, el proceso de detección de gas y así como los tipos de cromatógrafos y sus equipos accesorios se detallan más adelante.

#### **2.3.4.1. Proceso de detección del gas**

La denominación de cromatografía surge a partir del año 1906, cuando el bioquímico ruso Michael Tswett logró separar la clorofila de una mezcla de pigmentos (pigmentos coloreados de las hojas).

El principio común de la técnica cromatográfica es el siguiente:

Un fluido (fase móvil) circula a través de una fase estacionaria (sólida o líquida) cuando la mezcla (muestra) se introduce en el sistema, se producen un proceso de equilibrio de distribución entre las dos fases.

En la práctica consiste en hacer pasar el petróleo en una mezcla de fase gaseosa con helio o nitrógeno a través de una larga columna cubierta por una fase líquida que permanece en reposo. La adsorción y desorción de los hidrocarburos gaseosos en el líquido, corresponde a su separación por tamaño y tipo molecular, su proceso se esquematiza en la Fig. 15.

Esta técnica es sensitiva y ampliamente usada en la separación de mezclas volátiles complejas.

Pequeñas muestras de 1 $\mu$ l son analizadas y los componentes separados a recolectar, también son pequeños. Sin embargo, su presencia y concentración relativa son registradas como la producción total de algunos gases sensibles detectados, localizados al final de la columna.

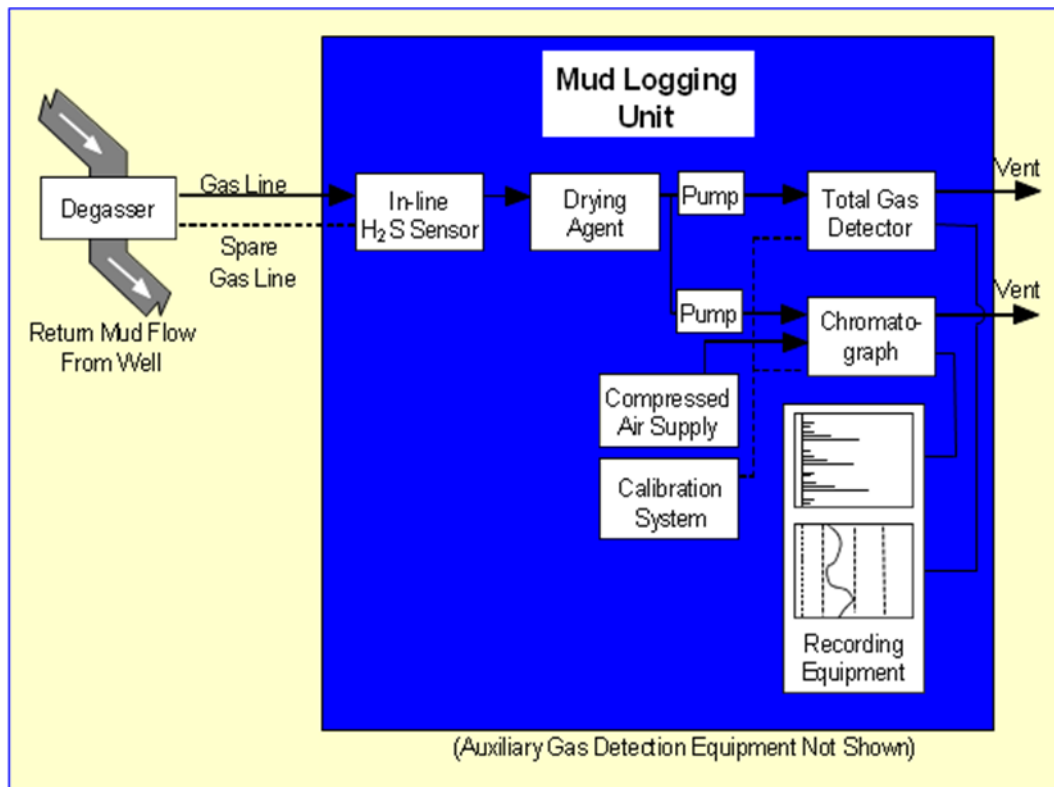


Fig. 15. Proceso de detección del gas durante la perforación, Presentación de Principios de Gases, Geoservices, 2006.

En general el proceso es el siguiente:

- Extracción del gas del fluido de perforación (trampa o desgasificador).
- Transporte del gas a la cabina de mud-logging (línea de gas).
- Análisis de hidrocarburos (Cromatógrafo):
  - Gas Total
  - Cromatografía: C1 – nC5
- Registro de datos y correlación (equipo de registro)

Idealmente cada uno de los picos del cromatograma se puede dar por un simple compuesto (compuesto solo), pero compuestos con similares puntos de ebullición.

En todos los cromatogramas, ya sean de petróleos o de rocas, presentan muchas veces una prominente “joroba”, que es debido a los millones de compuestos ramificados cíclicos, aromáticos, que permanece en la columna sin mezclarse.

La resolución se la puede mejorar con el incremento constante de la temperatura en la columna durante el análisis, procedimiento que se llama “temperatura programada”; el cual solo permite el análisis de compuestos con un amplio rango de puntos de ebullición.

En general, los componentes más ligeros caen primero dentro de la columna y muchas separaciones por cromatogramas de gases se basan en aproximaciones al punto de ebullición.

#### 2.3.4.2. Cromatógrafos

Los cromatógrafos son los equipos que se encargan de detectar la presencia de gas en el fluido de perforación y se fundamentan en el principio de la cromatografía gaseosa.

En la cromatografía gaseosa la fase móvil es un gas, el proceso se realiza siempre mediante elusión (a través de la columna se hace pasar un flujo continuo de gas que prácticamente no se adsorbe); y los componentes de la muestra están en fase vapor.

Para este estudio, el cromatógrafo que se utilizó se muestra en la Fig. 16, cuyas principales características técnicas se indican en la Tabla 1.

Suministro de energía	210 – 240 V
Consumo de energía	120 W
Detectores	FID x 2: CHR + THG
Rango de medición	100 ppm – 100% - Gas Total 10 ppm – 100% - Cromatografía
Sensibilidad	20 ppm – Gas Total 5 ppm - Cromatografía
Muestra de bucle	5 µl
Tipo de columnas	Capilares 1/32”
Análisis cromatográfico	C1 – nC5
Ciclo cromatográfico	42 s
Consumo de hidrógeno	2 x 30 cc/min
Transporte de la muestra	Aire

Tabla 1. Características técnicas del cromatógrafo empleado, Equipo de Geoservices.



Fig. 16. Cromatógrafo (izquierda) y Desgasificador (derecha), Equipos de Geoservices.

En la actualidad, los cromatógrafos determinan Gas Total y Cromatografía mediante:

- **Gas Total:** Detección de la fracción combustible de la mezcla, mediante el quemado y medición de la energía o de los productos obtenidos. Este método permite conocer directa y continuamente el valor de gas.
- **Cromatografía:** Mediante un Detector de Ionización de Llama (FID, Flame Ionization Detector). El detector consta de una celda de combustión en la que la muestra de gas es quemada después de ser se mezclado con Hidrógeno y aire. Esta llama produce una salida continua alta de calor de la combustión, la cual depende del tipo de componente detectado.

#### 2.3.4.3. Equipos accesorios para la cromatografía

Los equipos accesorios para la cromatografía de gases son los siguientes:

##### 2.3.4.3.1. Generador de Hidrógeno

Este es un equipo importante para el funcionamiento del cromatógrafo, puesto que suministra Hidrógeno de gran pureza (99%), el cual sirve como gas transportador.

El generador de Hidrógeno (Fig. 17.) utiliza una membrana de intercambio iónico, la cual es empleada para producir Hidrógeno de alta pureza como un laboratorio analítico lo requiere.

Se obtiene el Hidrógeno de alta pureza mediante la electrólisis del agua (agua desionizada), el elemento más importante del generador es la celda electrolítica dónde la reacción de electrólisis tiene lugar. Esta consta de dos electrodos (un ánodo y un cátodo), que son separados por la membrana de intercambio iónico.



Fig. 17. Generador de Hidrógeno, Equipo de Geoservices.

#### **2.3.4.3.2. Compresor de aire seco**

Se necesita de un compresor de aire (Fig. 18.) para proveer de aire seco al cromatógrafo para las siguientes funciones:

- Operar válvulas multi-puertos del cromatógrafo.
- Conducir la mezcla gas/aire a través de las columnas del cromatógrafo.
- Diluir la mezcla gas/aire en el dispositivo de Gas Total.
- Suministrar aire de combustión para las llamas FID.
- Proveer aire de referencia “cero”, es decir, aire no contaminado para la calibración del detector.



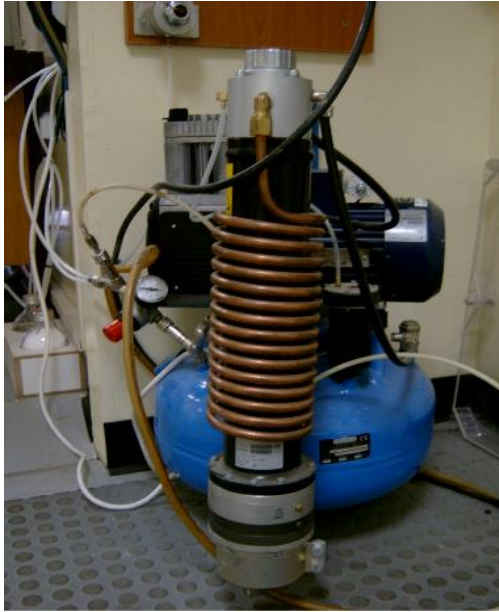


Fig. 18. Compresor de aire seco, Equipo de Geoservices.

### 2.3.5. Análisis cromatográfico

Como parte del servicio que presta el mud-logging, se realiza un análisis cromatográfico para fines interpretativos de hidrocarburos de forma cuantitativa, entre los principales métodos se citan los siguientes:

#### 2.3.5.1. Método Gas Ratio

Para esta interpretación (Tabla 2.) se calcula tres parámetros:

- *Wetness Ratio (Wh)*: Hace relación a la densidad del fluido presente en el yacimiento.

$$Wh = \left( \frac{C_2 + C_3 + C_4 + C_5}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \right) \times 100$$

- *Balance Ratio (Bh)*: Compara hidrocarburos livianos con pesados.

$$Bh = \frac{C_1 + C_2}{C_3 + C_4 + C_5}$$

- *Character Ratio (Ch)*: Relaciona solo hidrocarburos pesados permitiendo confirmar su existencia en el yacimiento.

$$Ch = \frac{C_4 + C_5}{C_3}$$

RELACIÓN DE EQUILIBRIO	RELACIÓN DE HUMEDAD	FLUIDO DEL YACIMIENTO
<b>Bh &gt; 100</b>		Gas Seco, muy liviano. Comúnmente no asociado y no productivo como el caso de metano geopresurizado.
<b>Bh &lt; 100</b>	< 0.5	Posible producción de Gas Liviano, Gas Seco.
<b>Wh &lt; Bh &lt; 100</b>	0.5 – 17.5	Producción de Gas, incrementando la calidad a medida que las curvas convergen.
<b>Bh &gt;&gt; Wh</b>	0.5 – 17.5	Gas Seco (Carbón).
<b>Bh &gt; Wh</b>	0.5 – 17.5	Producción de Gas húmedo, Gas Condensado o Petróleo de alta gravedad, con alta GOR.
<b>Bh &gt; Wh</b>	0.5 – 17.5	Gas liviano, Condensado.
<b>Wh &gt; Bh</b>	17.5 – 40	Producción de Petróleo, decreciendo su gravedad API a medida que las curvas divergen.
<b>Wh &gt;&gt; Bh</b>	17.5 – 40	Bajo potencial de producción de Petróleo de Baja Gravedad y con baja saturación de gas.
<b>Wh &gt;&gt;&gt; Bh</b>	> 40	Petróleo Residual, muy baja gravedad, no productivo, usualmente con agua.

Ch	FLUIDO DEL YACIMIENTO
< 0.5	Se confirma la presencia de una fase de Gas Productivo, siendo Gas Húmedo o Gas Condensado.
> 0.5	Se confirma la presencia de una fase Líquida Productiva, de manera que el gas indicado por la relación de humedad está asociado al Petróleo Liviano.

Tabla 2. Interpretación del Método Gas Ratio, Presentación de Teoría de Gases, Geoservices, 2006.

### 2.3.5.2. Método Indicador de petróleo e Inverso de petróleo

Es un método muy parecido al Bh, omite  $C_2$  y compara el contenido de metano ( $C_1$ ) frente al contenido de los otros componentes pesados de hidrocarburos. Su interpretación se muestra en la Tabla 3.

- Indicador de Petróleo (O):

$$O = \frac{C_3 + C_4 + C_5}{C_1}$$

- Inverso de Petróleo (I):

$$I = \frac{C_1}{C_3 + C_4 + C_5}$$

INDICADOR DE PETRÓLEO	TIPO DE FLUIDO	INDICADOR INVERSO DE PETRÓLEO
0.01 – 0.07	Gas seco, agua cargada con gas	100 – 14.3
0.07 – 0.10	condensado, crudo liviano con alta GOR	14.3 – 10
0.10 – 0.40	Crudo (Sub-saturado)	10 – 2.5
0.40 – 1.0	Petróleo Residual	2.5 – 1

Tabla3. Interpretación del Método Indicador e Inverso de Petróleo, Presentación de Teoría de Gases, Geoservices, 2006.

### 2.3.5.3. Método Pixler

Desarrollado en 1969, hace referencia a las relaciones del metano ( $C_1$ ) con cada uno de los otros componentes de hidrocarburos (Fig. 19.).

Consiste en calcular las relaciones:  $C_1 / C_2$ ,  $C_1 / C_3$ ,  $C_1 / C_4$  y  $C_1 / C_5$

- La relación  $C_1 / C_2$  determina si el reservorio contiene gas, petróleo o agua.
- La pendiente de la recta  $C_1 / C_2$ ,  $C_1 / C_3$ ,  $C_1 / C_4$  y  $C_1 / C_5$ ; indica si el reservorio produce hidrocarburos ó hidrocarburos y agua.
- Pendientes positivas indican producción de hidrocarburos.

- Pendientes negativas indican presencia de agua.
- Si  $C_1 / C_2$ , tiene valores entre 2 y 15, se interpreta como zona de petróleo.
- Si  $C_1 / C_2$ , tiene valores entre 15 y 65, se interpreta como zona de gas.
- Si  $C_1 / C_2$ , en menor a 2 y mayor a 65, se interpreta como zona no productiva.

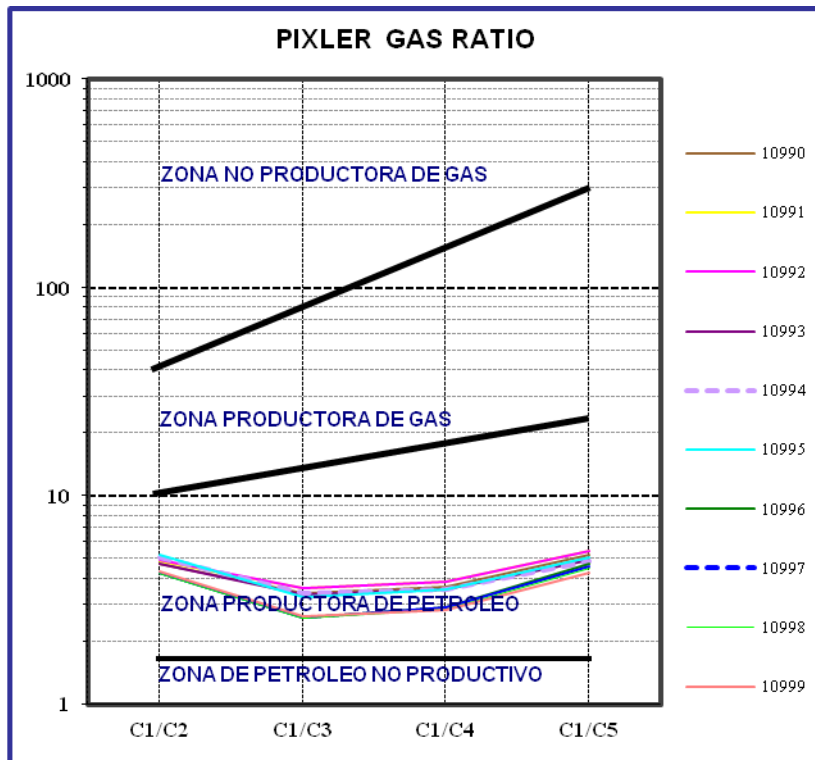


Fig. 19. Interpretación del Método Pixler, Presentación de Teoría de Gases, Geoservices, 2006.

#### 2.3.5.4. Método del Triángulo

Utiliza las siguientes relaciones:

- $C_2 / \sum C$
- $C_3 / \sum C$
- $nC_4 / \sum C$

Los valores para una profundidad dada son graficados en un triángulo mallado con líneas opuestas 120 grados la una de la otra.

Estas forman un segundo triángulo con un tamaño y orientación determinada por los valores de la relación de gases (Fig. 20.).

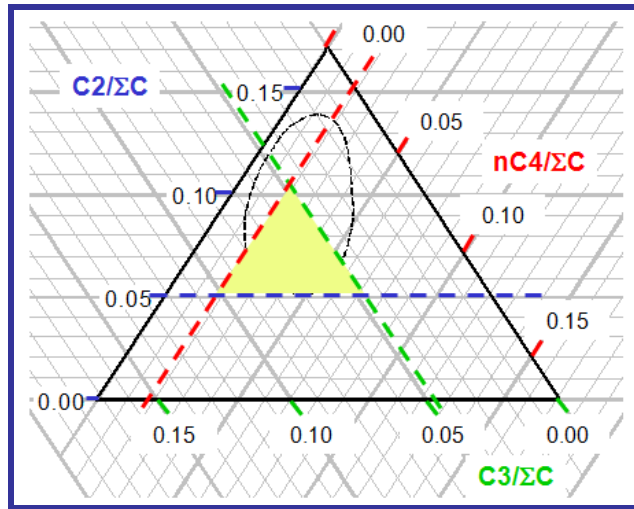


Fig. 20. Interpretación del Método del Triángulo, Presentación de Evaluación de Gases, Geoservices, 2006.

Se evalúa según los siguientes criterios (Fig. 21.):

1. Un triángulo apuntando hacia arriba indica una zona rica en gas.
2. Un triángulo apuntando hacia abajo indica una zona rica en aceite.
3. Un triángulo grande indica gas seco o petróleo con alta relación gas-petróleo (GOR).
4. Un triángulo pequeño (o casi invisible) indica gas húmedo o petróleo con baja relación gas-petróleo (GOR).

#### A. Indicated Gas Zone

#### B. Indicated Oil Zone

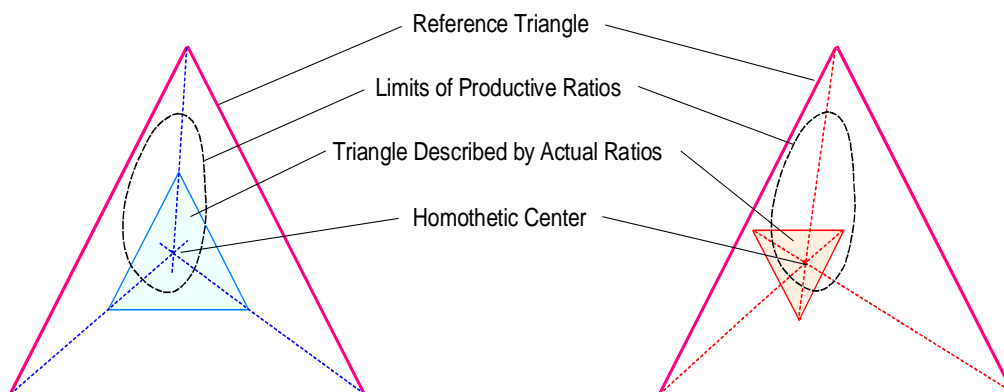


Fig. 21. Evaluación del Método del Triángulo, Presentación de Evaluación de Gases, Geoservices, 2006.

### 2.3.5.5. Método New Gas Ratios

Se calculan los siguientes parámetros (Fig. 22.):

- Light to Medium (LM):

$$LM = \frac{10 \times (C1)}{(C2 + C3)^2}$$

- Light to Heavy (LH):

$$LH = \frac{100 \times (C1 + C2)}{(C4 + C5)^3}$$

- Heavy to Medium (HM):

$$HM = \frac{(C4 + C5)^2}{C3}$$

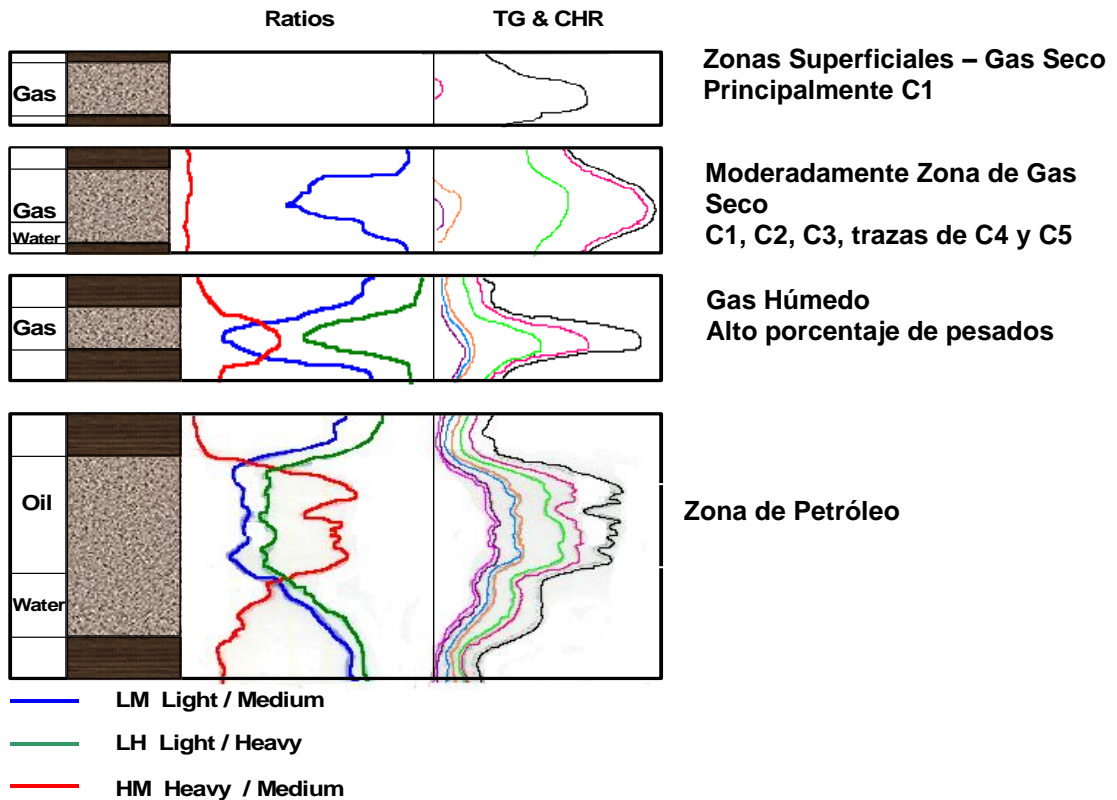


Fig. 22. Comparación entre New Gas Ratios y TG & CHR, Presentación de Evaluación de Gases, Geoservices, 2006.

### 2.3.6. Registros de resistividad de formación

Antes de estudiar los registros resistivos, es de gran importancia conocer los efectos que producen los fluidos contenidos en las rocas reservorio, en la respuesta resistiva de la formación.

Durante la perforación de intervalos permeables, en general, se distinguen cuatro zonas de resistividad (Fig. 23):

- Costra de lodo: Se compone de las partículas sólidas del lodo de perforación que se adhieren a la pared del pozo.
- Zona lavada: Corresponde a la zona más inmediata al pozo, en esta, todo el fluido móvil que contenía la formación ha sido desplazado por el lodo de perforación.
- Zona invadida: Se caracteriza por presentar una transición entre el lodo y el fluido de formación.
- Zona virgen: Es la que está más alejada del pozo y contiene enteramente el fluido de formación.

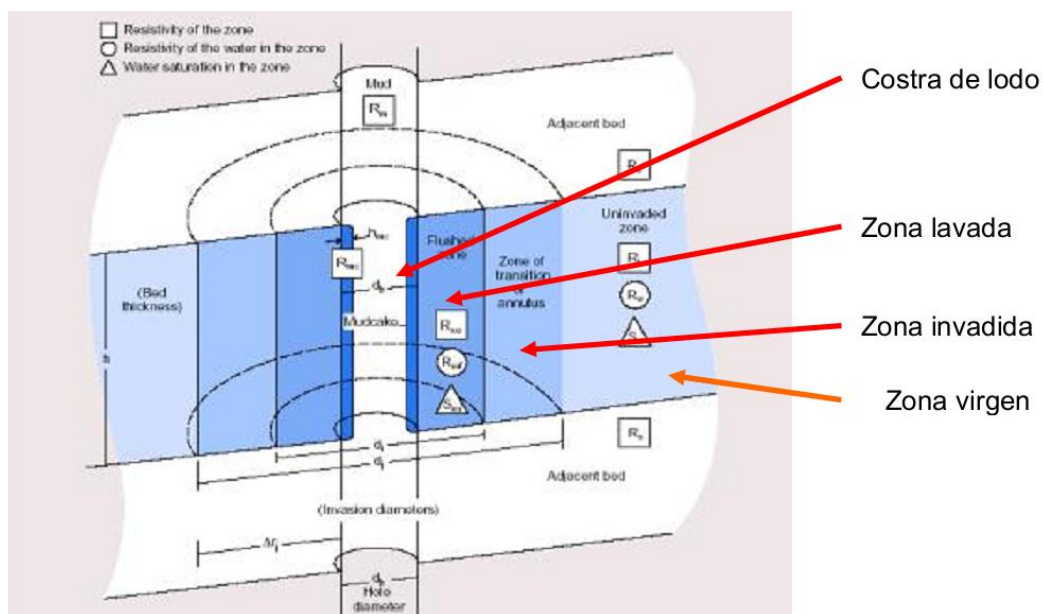


Fig. 23. Zonas de resistividad de un intervalo permeable. Bisbé, E., 2007.

Esta diferenciación es muy importante tenerla en cuenta para las interpretaciones y cálculos a partir de las mediciones de resistividad realizadas.

Es de gran importancia determinar claramente la resistividad de formación ( $R_t$ ), ya que esta sirve para el cálculo de la saturación de hidrocarburos en un intervalo poroso y permeable, y es dependiente de:

- La resistividad del agua de formación.
- La cantidad de agua contenida en el nivel poroso.
- La geometría estructural de los poros.
- La presencia de elementos conductores de la corriente.

### **2.3.6.1. Reseña histórica del registro de resistividad**

En los primeros 25 años del uso de registros de pozos, los únicos registros de resistividad disponibles fueron los sondeos eléctricos convencionales. Se llevaron a cabo miles de ellos cada año por todo el mundo. Desde entonces, se han desarrollado métodos de medición de resistividad más sofisticados a fin de medir la resistividad de la zona lavada,  $R_{xo}$ , y la resistividad real de la zona virgen,  $R_t$ . El registro eléctrico convencional consiste en medir la resistividad de la formación, ofreciendo de esta manera una herramienta muy importante para el geólogo, geofísico, petrofísico, ingeniero de petróleo y perforador, ya que permite identificar zonas prospectivas y otras.

El aparecimiento del registro de resistividad marca el inicio de los Registros de Pozo, este registro también conocido como registro eléctrico fue concebido hace más de 100 años con fines de búsqueda de petróleo, agua y minerales metálicos.

En el año de 1911, el ingeniero francés Conrad Schlumberger, empezó a aplicar la medición de la resistividad eléctrica en muestras de roca así como la distribución de la misma en subsuelo.

En el año de 1927 se realizó el primer registro eléctrico en el pequeño campo petrolero de Pechelbronn, Alsacia, provincia del noreste de Francia. Este registro, una gráfica única de la resistividad eléctrica de las formaciones rocosas atravesadas por el pozo, se realizó por el método de "estaciones". El instrumento de medición de fondo (llamado sonda), se detenía en intervalos periódicos en el agujero, se hacían mediciones y la resistividad calculada se trazaba manualmente en una gráfica. Este procedimiento se repetía de estación en estación hasta que se grabara todo el registro.

El registro mostró que las mediciones tomadas en sondeos eléctricos podría ayudar a identificar las formaciones geológicas que se atravesaba. Efectivamente permitió a los ingenieros



"ver" lo que existía en el pozo y, porque los registros de resistividad demostraban ser repetibles en los pozos vecinos, y por tanto, permitan su correlación precisa de las formaciones a través de un campo entero.

La demanda internacional para el proceso, también conocido como "perforación eléctrica", creció rápidamente. En 1929, registros bajo la superficie se estaban ejecutando en Argentina, Ecuador, India, Japón, la Unión Soviética, Venezuela y los EE.UU.



Fig. 24. Camión de registro de Schlumberger en la década de 1940.

En 1931, la medición del potencial espontáneo (SP) se incluyó con la curva de resistividad en el registro eléctrico. En ese mismo año, los hermanos Schlumberger, Marcel y Conrad, perfeccionaron un método de registro continuo y se desarrolló el primer trazador gráfico.

Conrad Schlumberger murió en mayo de 1936, en Estocolmo, cuando regresaba de un viaje de negocios a la Unión Soviética. Vivió lo suficiente para ver el establecimiento de las bases mundiales de la compañía que lleva su nombre; pero este suceso no detuvo el crecimiento de la misma.

La cámara con película fotográfica se introdujo en 1936. En ese entonces, el registro eléctrico consistía en la curva de la SP y en las curvas de resistividad normal corta, normal larga y lateral

larga. Esta combinación predominó en el campo de los registros desde 1936 hasta finales de los años cincuenta. Un poco después de 1946, estas curvas se registraron simultáneamente.

La Segunda Guerra Mundial, inevitablemente frenó la rápida propagación de la tecnología, pero Schlumberger, no obstante continuó haciendo avances significativos durante la década de 1940, Fig. 24.

En 1940, la compañía trasladó su sede a Houston para tomar ventaja de la posición de los EE.UU. como líder mundial de tecnología, especialmente en la electrónica. Sin embargo, Marcel Schlumberger se mantuvo con sede en Francia, donde él y su equipo continuaron para inventar e innovar.

En 1941 se presenta el SP Dipmeter, herramienta para encontrar el ángulo de inmersión en la formación en la perforación.

Contribuciones importantes fueron hechas a los conocimientos tecnológicos. En 1942, Gus Archie de Shell Oil publicó un informe sobre la relación entre la resistividad eléctrica y la porosidad y la saturación de agua en las rocas que contienen petróleo. "Ley de Archie" se convertiría en la base de la interpretación petrofísica de registros.

La década de 1940 fue también el período en que las plataformas marítimas de petróleo fueron desplegadas en el Golfo de México, y con esto, la apertura de nuevas posibilidades para la tecnología de Schlumberger.

La primera sonda de buzamiento eléctrica de registro continuo, que usaba tres arreglos de microresistividad y contenía una brújula de inducción terrestre, apareció a mediados de los años cincuenta. Desde entonces, numerosos desarrollos han refinado todavía más la medición del echado de la formación. Hoy en día, una herramienta de echados de cuatro brazos registra 10 curvas de microresistividad simultáneamente y un acelerómetro triaxial y magnetómetros nos proporcionan información exacta sobre la desviación y el azimut de la herramienta. El procesamiento de estos datos para obtener la información sobre el echado de la formación, actualmente se efectúa exclusivamente con computadoras electrónicas.

Los primeros intentos por determinar la porosidad de formación se hacían mediante mediciones de la microresistividad. La herramienta Microlog, introducida a principios de los años 1950, utiliza un arreglo lineal miniatura de tres electrodos incrustados en la superficie de un cojín aislador que se aplica en la pared del pozo. El brazo que lleva el patín del electrodo y un brazo opuesto de apoyo proveen el calibre del agujero.

El registro Microlog es útil también para delinear las capas permeables, y otros instrumentos de microresistividad ayudan a establecer el perfil de resistividad desde la zona invadida cerca del pozo hasta la formación virgen no invadida. La herramienta Microlaterolog se desarrolló para lodos salinos en 1953. El registro de Microproximidad y el registro de MicroSFL aparecieron más tarde.

En 1951 se introdujo la herramienta laterolog, el primer aparato enfocado que medía la resistividad profunda. Este utiliza un sistema enfocado para mantener la corriente de medición (emitida desde un electrodo central) esencialmente en un plano horizontal hasta cierta distancia de la sonda. Los registros de resistividad enfocados se adaptan bien a la investigación de capas delgadas perforadas con lodos de baja resistividad. El aparato laterolog reemplazó rápidamente a los registros de resistividad convencionales en lodos salinos y formaciones de alta resistividad.

A través de los años, se desarrollaron y se usaron comercialmente varias herramientas laterolog. En la actualidad la herramienta de registro doble laterolog, DLL\* que realiza mediciones laterolog profundas y somera, es el estándar. Se corre por lo general aunada a una herramienta MicroSFL.

En los lodos de agua dulce, el registro eléctrico original ha sido reemplazado por un registro de inducción. Este se desarrolló en 1949 como resultado del trabajo realizado en tiempo de guerra con los detectores de minas, para usarse en lodos a base de aceite. Sin embargo, pronto se reconoció su superioridad sobre los registros eléctricos en lodos de agua dulce.

En 1956 un aparato de inducción con cinco bobinas se combinó con una curva de SP y con una normal de 16 pulgadas para formar la herramienta eléctrica de inducción. En 1959, el aparato de cinco bobinas fue sustituido por uno con un arreglo de seis bobinas capaz de realizar mediciones a mayor profundidad.

El registro de doble inducción DIL introducido en 1963, es ahora el estándar. Efectúa mediciones de inducción profunda, inducción media y resistividad somera. El aparato de medición de resistividad somera es hoy en día un dispositivo de resistividad enfocado, un Laterolog 8 en la herramienta de 1963 y un aparato SFL en las herramientas actuales. Un nuevo registro de doble inducción, la inducción Phasorial, proporciona una respuesta mejorada en capas delgadas, una investigación a mayor profundidad y un intervalo dinámico de resistividad más amplio.

A partir de la década de 1960, éstas herramientas de medición de la resistividad de formación han ido evolucionando algunas y otras quedando obsoletas, pero aún así han servido para el desarrollo de nuevas tecnologías con el propósito de mejorar la definición de la información obtenida lo que se verá reflejado en la producción o no de un pozo.

### **2.3.6.2. Principio del registro de resistividad**

La resistividad de una formación es un parámetro importante para determinar la saturación de hidrocarburos. La corriente eléctrica puede atravesar una formación solamente debido a la conductividad del agua que contiene la misma. Con muy pocas y raras excepciones tales como elementos metálicos sulfuros a grafitos, las rocas secas son muy buenos aislantes de la electricidad. Es más, las rocas absolutamente secas muy raramente son encontradas en la naturaleza. Por consiguiente, las formaciones del subsuelo tienen resistividades finitas y medibles debido al agua en sus poros o al agua absorbida en su arcilla intersticial.

En los perfiles convencionales de resistividad se envían corrientes a la formación a través de unos electrodos y se miden los potenciales eléctricos en otros. La medición de estos potenciales permite determinar las resistividades. Para que haya una circulación de corriente entre electrodos y formación, la sonda debe ser corrida en lodos que contengan lodo o agua conductores de electricidad.

Se conocen 2 arreglos básicos de electrodos: Normal y Lateral (Fig. 25.). De acuerdo al espaciamiento entre los electrodos de corriente (A y B) y los de medición (M y N), será la profundidad de investigación; en la herramienta normal, el punto de medición es el punto medio entre los electrodos A y M mientras que en la lateral, será el punto medio entre los electrodos M y N.

El pozo y las formaciones adyacentes, pueden afectar de manera considerable las respuestas de los sistemas convencionales de registros

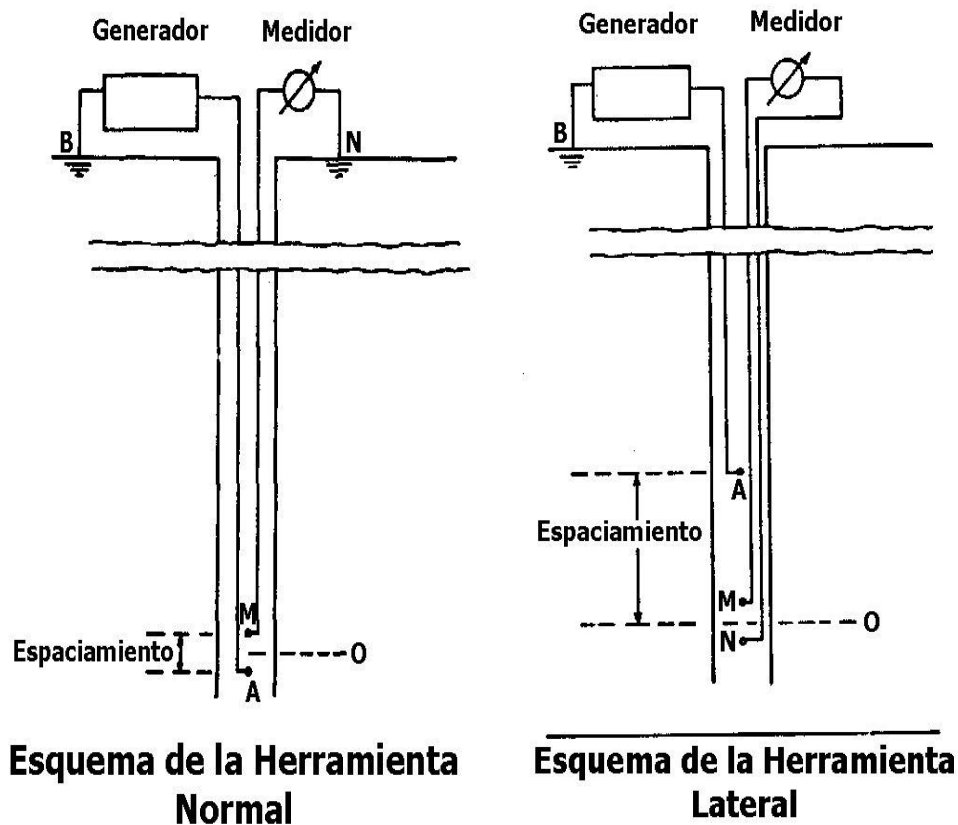


Fig. 25. Esquemas de las herramientas Normal y Lateral.

En general, un registro resistivo tiene como principio la medición del potencial eléctrico existente cuando la formación contiene fluidos conductivos o resistivos.

### 2.3.6.3. Tipos de registros de resistividad

Existe una amplia gama de registros resistivos que se han desarrollado desde hace más de un siglo atrás, por tal motivo se los agrupará en cuatro grupos:

- *Registros eléctricos de corriente enfocada*
- *Registros de microresistividad*
- *Registros de inducción*
- *Potencial espontáneo*

### ***Registros eléctricos de corriente enfocada***

Los factores que afectan a los registros convencionales, se minimizan por medio de herramientas que utilizan corrientes de enfoque para controlar la trayectoria que sigue la corriente de medición. Electrodo especiales en las sondas emiten dichas corrientes. De este tipo de herramienta han existido algunas variantes, de 3, 7 y 8 electrodos.

En la actualidad el más utilizado es el Doble Laterolog (Fig. 26.). Su objetivo, como en las restantes herramientas de resistividad, es la medición de la resistividad verdadera de la formación; este dispositivo, consta de dos juegos de electrodos situados a ambos lados de la herramienta. Este arreglo proporciona un enfoque al flujo de la corriente que lo obliga a penetrar en la formación sin desviarse hacia arriba y hacia abajo en el caño del pozo, así como proporcionar dos valores de resistividad: uno profundo (correspondiente a la zona virgen) o sea resistividad real de la formación (RT) y otro somero (correspondiente a la zona invadida).

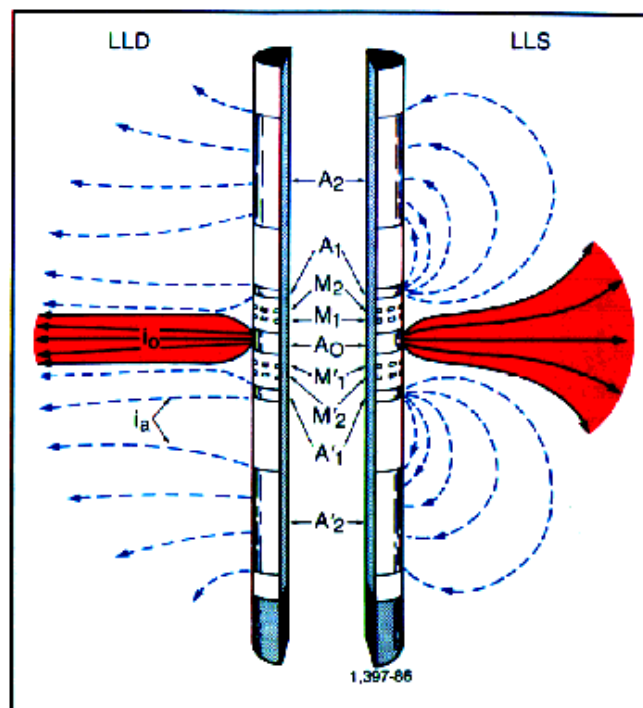


Fig. 26. Esquema de la herramineta del Doble Laterolog.

### **Registros de microresistividad**

Los dispositivos de microresistividad (Fig. 27.) se utilizan para medir la resistividad de la zona lavada ( $R_{xo}$ ) y para describir capas permeables por medio de la detección de la costra de lodo. Estas mediciones son importantes por varias razones: cuando la invasión varía de moderada a profunda, conocer  $R_{xo}$ , permite corregir la medición profunda de resistividad, de acuerdo a la resistividad real de la formación, así como la detección de forma cualitativa de la presencia de reservorios.

Para medir  $R_{xo}$ , la herramienta debe tener una profundidad de investigación muy baja, debido a que la zona lavada puede extenderse sólo unos cuantos cm, más allá de la pared del pozo. Para que el efecto del pozo no afecte la lectura, se utiliza una herramienta con un patín que lleva electrodos a intervalos cortos, que se presiona contra la formación y reduce el efecto de cortocircuito del lodo. Las corrientes que salen de los electrodos en el patín de la herramienta deben pasar por la costra para alcanzar la zona lavada. La costra afecta las lecturas de microresistividad, su efecto depende de su resistividad ( $R_{mc}$ ) y el espesor ( $h_{mc}$ ).

En la actualidad se utilizan las herramientas de microresistividad enfocada que trabajan según el mismo principio que el Laterolog

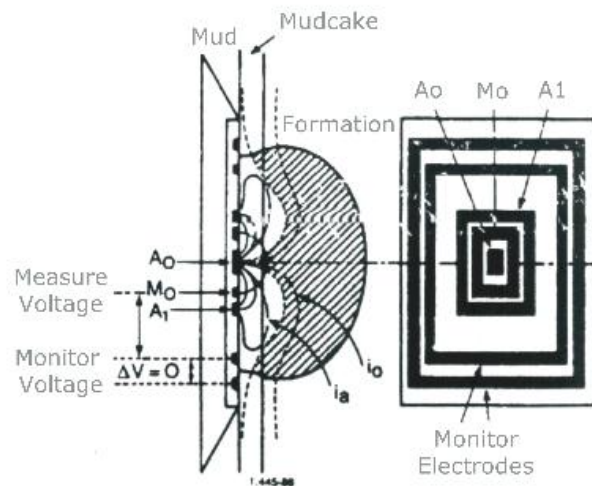


Fig. 27. Esquema de la herramienta de microresistividad, Micro Esférico Enfocado (MSFL).

### **Registros de inducción**

La herramienta de registro de inducción (Fig. 28.), se desarrolló en principio para medir la resistividad de la formación en pozos perforados con lodos en base a aceite o perforados neumáticamente (con aire) o aquellos que la formación mayoritariamente presente resistividades bajas ( $<200 \Omega\text{-m}$ ). Los instrumentos de electrodos no funcionan en medios no conductivos. Con el tiempo se demostró que el registro de inducción tenía muchas ventajas sobre el registro convencional, cuando se utilizaba en pozos con lodos en base a aceite. Diseñados para una investigación profunda, los registros de inducción, pueden enfocarse con el propósito de minimizar la influencia del agujero, las formaciones adyacentes y la zona invadida.

Tiene como desventajas que requiere de centralizadores para una mayor precisión y como se explicó anteriormente, no se obtienen buenos resultados en pozos perforados con lodos muy conductores o en formaciones donde las resistividades son mayores de  $200 \Omega\text{-m}$ .

La herramienta de inducción básicamente, se compone de dos bobinas una transmisora y otra receptora. Se envía una corriente alterna de alta frecuencia y de intensidad constante a través de la bobina trasmisora, se crea un campo magnético alterno que induce corrientes hacia la formación alrededor del agujero; estas corrientes fluyen en anillos de forma circular que son coaxiales con la bobina de transmisión y crean a su vez un campo magnético que induce un voltaje en la bobina receptora. Ya que la corriente alterna en la bobina de transmisión es de amplitud y frecuencia constantes, el voltaje inducido en la bobina receptora es proporcional a las corrientes del anillo y por tanto a la conductividad de la formación.

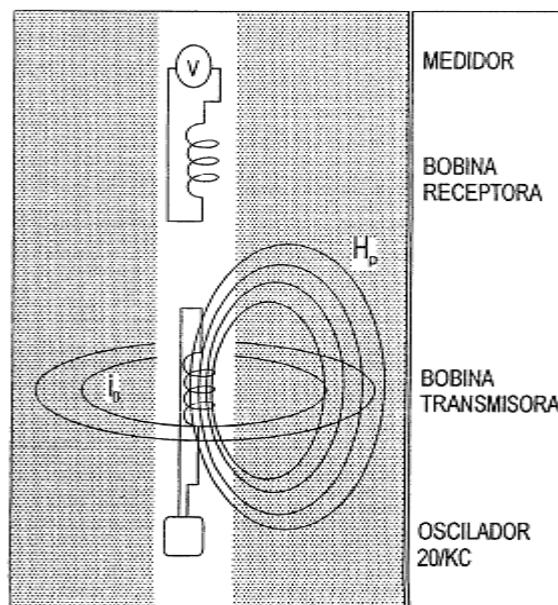


Fig. 28. Esquema básico de la herramienta de inducción.



## *Potencial Espontáneo*

La curva de Potencial espontáneo (SP), es al igual que el Gamma Natural, un registro de fenómenos físicos naturales que ocurren en las rocas in situ. La curva del SP registra el potencial eléctrico (voltaje) producido por la interacción del agua de formación, el fluido de perforación y ciertas rocas selectivas de iones (lutitas y arcillas) (Fig. 29.).

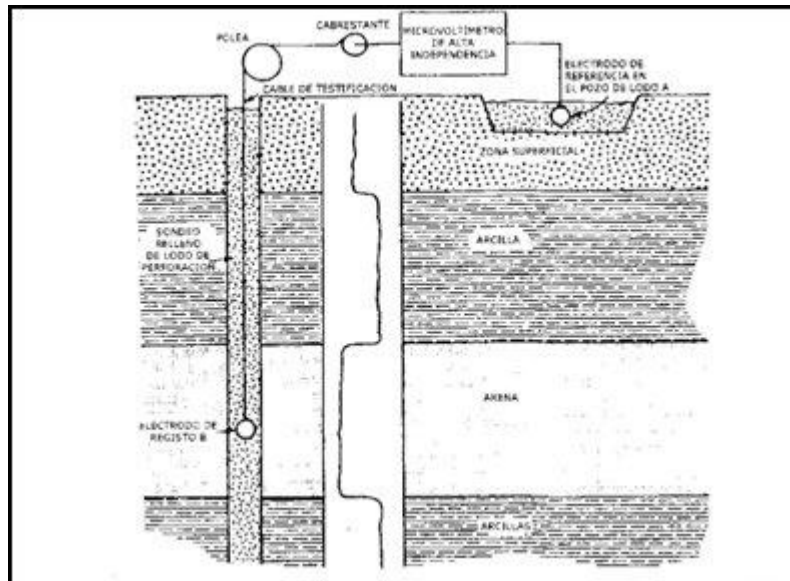


Fig. 29. Comportamiento del SP ante diferentes rocas. ITGE, 1996.

Entre sus aplicaciones se encuentran las siguientes:

- Diferenciar rocas potencialmente productoras (porosas y permeables) calizas, dolomitas y areniscas de arcillas y lutitas.
- Definir los límites de las capas y permitir la correlación entre las mismas.
- Proporciona una indicación de la arcillosidad de las capas.
- Ayudar a la identificación de la litología.
- Permitir la determinación de la resistividad del agua de formación ( $R_w$ ).

La curva SP es un registro de la diferencia entre los potenciales eléctricos de un electrodo móvil en el pozo y otro fijo en la superficie en función de la profundidad.

Frente a lutitas y arcilla, la curva SP por lo general define una línea más o menos recta en el registro que se conoce como línea base de las arcillas.

Frente a formaciones permeables, la curva presenta variaciones con respecto a la línea base de las arcillas; en capas gruesas, estas diferencias tienden a alcanzar una deflexión esencialmente constante, definiendo así la línea de arenas. La deflexión puede ser hacia la izquierda (negativa) o hacia la derecha (positiva), dependiendo de las salinidades relativas del agua de formación y el filtrado de lodo. Si la salinidad del agua de formación es mayor que la del filtrado, la deflexión será hacia la izquierda; si el contraste de resistividad es a la inversa, la deflexión será hacia la derecha.

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de estudio**

El estudio propuesto es de tipo exploratorio porque no existen trabajos referentes al tema.

Es documental porque se recolectarán valores de la cromatografía de gases de los pozos seleccionados.

Es descriptivo y analítico ya que se estudiarán las variables, su distribución y se determinará su relación de forma cuantitativa.

Es prospectivo, porque los resultados servirán para posteriores procedimientos de evaluación de hidrocarburos.

#### **3.2. Universo y muestra**

El universo de estudio está constituido por la totalidad de los pozos perforados del campo en cuestión, la muestra está representada por 15 pozos seleccionados, los mismos que han sido incluidos en el estudio por ser los más recientes y por tanto en los que se utilizaron las mismas herramientas para la adquisición de información tanto de cromatografía de gases como de registros de resistividad. De esta forma se asegura la confiabilidad de los datos.

#### **3.3. Técnicas**

Para la recolección de datos se utilizará una matriz en la que constarán datos de los 15 pozos a estudiar, (ANEXO D).

#### **3.4. Análisis e interpretación de resultados**

Se utilizará el software informático Microsoft Office Excel para la presentación de los resultados.

Se graficarán los perfiles de resistividad de formación versus la respuesta de gas, por pozo (ANEXOS G, H).

También se presentarán los perfiles correspondientes a la resistividad de formación versus la resistividad de formación obtenida para su posterior comparación.

Finalmente se elaborarán tablas para la presentación de los resultados obtenidos (ANEXOS I, J).

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

#### 4.1. Principio de Redes Neuronales.

La tecnología de las redes neuronales se aplica a una gran variedad de problemas reales con notable éxito en diversas áreas. En las Geociencias las aplicaciones han ido creciendo paulatinamente (Rogers et al., 1992).

En Geofísica las redes neuronales han sido utilizadas en muchas aplicaciones desde hace algunos años, entre las cuales encontramos el reconocimiento de formas y selección de primeras llegadas (Murat y Rudman, 1992; McCormack et al., 1993), en electromagnetismo (Poulton et al., 1992); en magnetotelúrica (Zhang y Paulson, 1997), en inversión sísmica (Röth y Tarantola, 1994; Langer et al., 1996; Calderón-Macías et al., 1998), en el desdoblamiento de ondas de cizalla (Dai y MacBeth, 1994), en análisis de registros de pozo e interpretación (Huang et al., 1996; Wiener et al., 1991, Lorenzetti, 1992, Rogers et al., 1992; Liu, 1998), para edición de trazas (McCormack et al., 1993), para deconvolución sísmica (Wang y Mendal, 1992; Calderón-Macías et al., 1997), para clasificación de eventos (Dowla et al., 1990; Romeo, 1994) y para análisis de velocidades (Leggett, et al., 1996), entre otros (Luque, 2002).

El desarrollo de las redes neuronales artificiales surge de la diferencia existente entre el cerebro humano y los computadores digitales para realizar cálculos.

El cerebro humano puede ser catalogado como una súper computadora, debido a su capacidad de procesamiento no lineal de información. Tiene la capacidad de organizar sus constituyentes estructurales, conocidos como neuronas, para realizar ciertos cálculos (reconocimiento de patrones, percepción y control motor) muchas veces más rápido que la computadora digital más rápida que existe hoy en día (Haykin, 1999).

En general, una red neuronal es una máquina diseñada para modelar la forma en la cual el cerebro realiza una tarea particular o función de interés; la red es usualmente implementada usando componentes electrónicos, o son simuladas por software en un computador digital.

Para lograr un buen funcionamiento, las redes neuronales emplean una interconexión masiva de unidades de procesamiento denominadas “neuronas” (Haykin, 1999).

Vista como una máquina que se adapta, una red neuronal se puede definir como un procesador masivo distribuido paralelamente, que tiene la capacidad natural de almacenar el conocimiento experimental y hacerlo disponible para su uso. Esto asemeja al cerebro humano en 2 aspectos (Haykin, 1999):

- La red adquiere conocimiento a través de un proceso de aprendizaje.
- Las fuerzas de conexión entre las neuronas, conocidas como pesos sinápticos, son utilizadas para almacenar el conocimiento.

El procedimiento utilizado para realizar el proceso de aprendizaje se denomina “*algoritmo de aprendizaje*”, el cual modifica los pesos sinápticos de la red para obtener el diseño del objetivo deseado. La modificación de los pesos sinápticos proveen el método tradicional para el diseño de las redes neuronales (Haykin, 1999).

#### **4.1.1. Características de las redes neuronales**

Las redes neuronales fundamentan su poder computacional en su simple pero masiva estructura así como en su capacidad de generalización, haciendo posible la resolución de problemas altamente complejos y que por otros métodos no tendrían solución.

Las redes neuronales logran dar solución a dichos problemas al poseer las siguientes características:

- *No linealidad*
- *Mapa de Entradas-Salidas*
- *Adaptabilidad*
- *Respuesta selectiva*
- *Tolerancia a fallas*

**No linealidad:** Una red neuronal está conformada por la interconexión de múltiples neuronas, por tanto, desde su concepción se define como un mecanismo no lineal.

**Mapa de Entradas-Salidas:** Al poseer una señal de entrada y su correspondiente respuesta o salida, la red neuronal va modificando los pesos sinápticos entre las respuestas generadas y las deseadas según sea definido el conjunto de datos de entrenamiento; este proceso constituye el “*aprendizaje*” de la red y es de tipo “*aprendizaje supervisado*”, a diferencia del “*aprendizaje no supervisado*” el cual no considera las respuestas o salidas deseadas.

**Adaptabilidad:** Si en la red existen cambios en el ambiente que envuelve los datos, esta puede fácilmente adaptar sus pesos sinápticos a los nuevos parámetros, es decir, puede ser re-entrenada para adaptarse a los nuevos cambios.

**Respuesta selectiva:** Cuando se trata de clasificar patrones, además de proveer el patrón seleccionado también puede entregar información de por qué seleccionó dicho patrón, para optimización de la red en caso de la existencia de patrones ambiguos.

**Tolerancia a fallas:** La presencia de fallas en la red, principalmente si existen neuronas o conexiones dañadas, afectan el desempeño de la misma pero debido a la alta distribución de los datos por la naturaleza misma de la red, este fallo o daño no altera en gran medida los resultados a obtener.

#### 4.1.2. Modelo de una neurona

Una neurona artificial se define como la unidad fundamental de procesamiento de información de una red neuronal.

En la Fig. 30. se muestra el modelo de una neurona con sus tres elementos básicos:

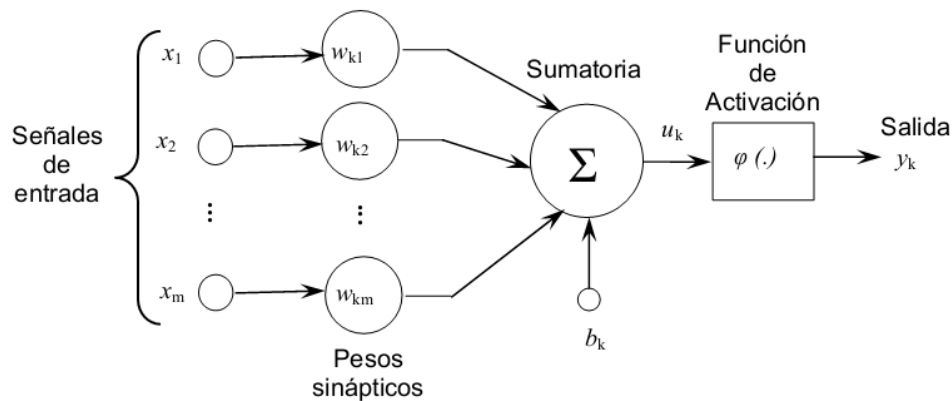


Fig. 30. Modelo No lineal de una neurona. Tomado y modificado de Haykin, 1999.

➤ **Grupo de conectores:** Caracterizados por llevar los pesos sinápticos.

De manera específica, una señal  $x_j$  como una entrada de sinapsis  $j$ , conectada a una neurona  $k$  es multiplicada por un peso sináptico  $w_{kj}$ . Es importante resaltar la manera en la cual están escritos los subíndices de los pesos sinápticos. El primer subíndice se refiere a la

neurona en cuestión y el segundo se refiere al fin de la entrada de la sinapsis al cual se refiere el peso. La inversión de esta notación es también usada en la literatura.

- **Sumador de señales de entrada:** Es un sumador de combinación lineal, en éste, se multiplican los pesos por la respectiva sinapsis de la neurona.
- **Función de activación:** Su objetivo es limitar la amplitud de la salida de la neurona. Normalmente, el rango de amplitud normalizado para la salida de una neurona se denota en un intervalo cerrado por  $[0,1]$  ó  $[-1,1]$ .

En el modelo de una neurona mostrado, también incluye un valor externo aplicado ( $b_k$ ), denominado “*bias*”, que tiene el efecto de incrementar o disminuir la malla de entrada de la función, dependiendo de si este es positivo o negativo, respectivamente.

### 4.1.3. Arquitectura de las redes neuronales

La arquitectura de una red define su tipo y su estructura, aspectos que tienen muy estrecha relación con el algoritmo de entrenamiento a elegir; entre las que se pueden mencionar las más comunes:

- *Redes unidireccionales de una capa*
- *Redes unidireccionales multicapa*
- *Redes recurrentes*

#### ***Redes unidireccionales de una capa***

Una red neuronal de capas, es una red en la cual las neuronas se organizan en forma de capas. Este tipo de red tiene una capa de entrada (nodos fuente) que se dirigen a una capa de salida (nodos de computación) solo en dicha dirección. En la Fig. 31. se muestra un caso de cuatro nodos en las capas de entrada y salida. Esta red es llamada red de capa simple o red de una capa, en donde “una capa” se refiere a la capa de salida de los nodos de computación (neuronas); es decir, no toma en cuenta la capa de entrada de los nodos fuente porque no se realiza ningún cálculo en ella.



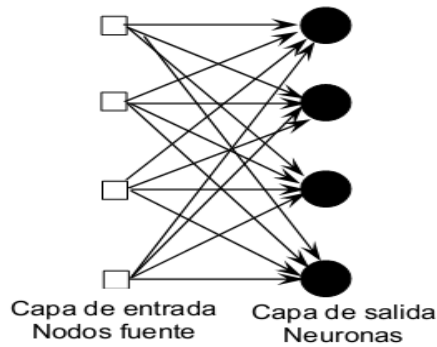


Fig. 31. Red neuronal unidireccional con una capa de neuronas, Haykin, 1999.

### ***Redes unidireccionales multicapa***

Son redes que presentan una o más capas ocultas (o escondidas), estas intervienen entre la entrada y salida de la red. Si a una red se le añaden una o más capas ocultas es capaz de procesar estadísticamente la información con mayor eficiencia. ). La capacidad de las neuronas ocultas de extraer estadísticas de mayor orden es particularmente evaluable cuando el tamaño de la capa de entrada es grande.

Los nodos fuente en la capa de entrada de la red, proveen los elementos respectivos del patrón de activación (vector de entrada), lo cual constituye las señales de entrada aplicadas a las neuronas (nodos de computación) en la segunda capa. Las señales de salida de la segunda capa son usadas como entradas para la tercera capa, y así sucesivamente para el resto de la red. Normalmente, las neuronas en cada capa de la red tienen como entrada únicamente las señales de salida de la capa anterior. El conjunto de señales de salida de las neuronas en la capa de salida (capa final) de la red, constituyen en conjunto la respuesta de la red al patrón de activación suministrado por los nodos fuente en la capa de entrada (primera capa).

La arquitectura gráfica de este tipo de red con una capa oculta se muestra en la Fig. 32., la cual es referida como una red 4-2-1 porque tiene 4 nodos fuente, 2 neuronas escondidas y una neurona de salida.

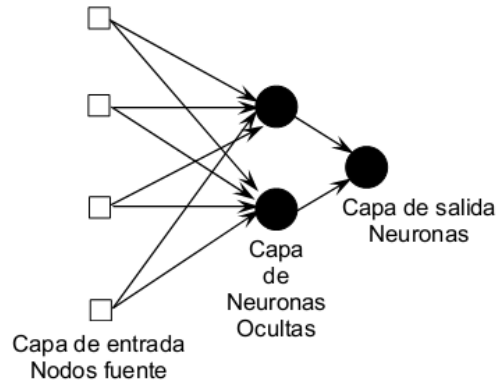


Fig. 32. Red neuronal unidireccional multicapa con una capa oculta y una capa de salida, Haykin, 1999.

### ***Redes recurrentes***

Se caracterizan y al a vez se diferencian de las redes unidireccionales por tener al menos un ciclo de retroalimentación. Pueden consistir de una capa o de varias capas en las que las neuronas de salida alimentan las entradas de todas las demás neuronas, como se ilustra en la Fig. 33.

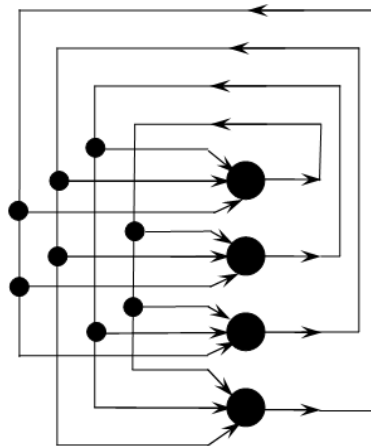


Fig. 33. Red neuronal unidireccional multicapa con una capa oculta y una capa de salida, Haykin, 1999.

En la Fig. 36. no hay ciclos de autoalimentación en la red ni capas escondidas. Autoalimentación se refiere a la situación en donde la salida de una neurona se conecta con su misma entrada. La presencia de ciclos de retroalimentación como en la estructura recurrente de la figura tienen un profundo impacto en la capacidad de aprendizaje de la red y en su desarrollo.

#### 4.1.4. Algoritmo de aprendizaje Backpropagation

El algoritmo de aprendizaje Backpropagation, es un algoritmo de gradiente descendente que retropropaga las señales de la capa de salida hasta la capa de entrada optimizando los valores de los pesos sinápticos mediante un proceso iterativo que se basa en la minimización de la función de coste (función de cálculo del error cuadrático medio). Por ello el algoritmo puede separarse en dos fases:

- **Propagación hacia adelante:** Desde la capa de entrada se propagan las señales hasta la capa de salida, y determina la salida de la red así como también el error cometido al comparar ésta con la salida deseada.
- **Propagación hacia atrás:** En función de los errores cometidos en la capa de salida, el algoritmo se encarga de optimizar los valores de los pesos sinápticos que determinan las conexiones entre las neuronas mediante la retropropagación del error desde la capa de salida a la de entrada a través de las sucesivas capas ocultas.

Las redes Backpropagation, acertadamente diseñadas tienden a dar respuestas razonables cuando se les proporciona entradas que ellas nunca han visto. Típicamente, una nueva entrada conduce a una salida similar a la salida correcta para los vectores de entrada utilizados en el entrenamiento. Esta propiedad hace posible la capacidad de generalización de una red en un conjunto representativo de pares de entrada-salida y obtener buenos resultados.

Hay muchas variantes del algoritmo Backpropagation, la implementación más simple de este aprendizaje actualiza los pesos sinápticos y los bias en la dirección en la cual el rendimiento de la función decrece más rápidamente, el negativo del gradiente. Una iteración de este algoritmo puede ser escrita así:

$$X_{k+1} = X_k - \alpha_k g_k$$

Donde:

- $X_k$  = vector de los pesos y biases actuales
- $\alpha_k$  = velocidad de aprendizaje
- $g_k$  = gradiente actual

Hay dos formas distintas para implementar este algoritmo: el modo *incremental* y el modo *batch*. En el modo *incremental*, el gradiente se calcula y los pesos se actualizan después de cada entrada aplicada a la red. En el modo *batch*, todas las entradas se aplican a la red antes de que los pesos se actualicen.

#### 4.1.5. Entrenamiento de la red neuronal

El entrenamiento de la red se lleva a cabo una vez definido el algoritmo de aprendizaje, como se mencionó antes, este algoritmo proporciona a la red la habilidad para aprender y capturar información mediante el ajuste de los pesos o ponderaciones de interconexión (Colina y Rivas, 1998).

Es necesario explicar cierta terminología antes de pasar al proceso mismo de entrenamiento:

- **Patrón:** Una observación o experimento del conjunto de datos de entrada.
- **Patrones de entrenamiento:** Todas las observaciones o datos de entrada que sirven para el entrenamiento de la red.
- **Época:** Corresponde a un ciclo completo de iteración en el cual fueron barridos todas las entradas o conjuntos de entrenamiento.
- **Criterios de parada del entrenamiento:**
  - Se repiten las iteraciones hasta que el error alcance un valor máximo permisible.
  - Se alcance un número máximo de épocas.

En el entrenamiento, inicialmente los pesos de la red son inicializados aleatoriamente con valores pequeños (entre 0 y 1); si todos los pesos son inicializados con el mismo valor el aprendizaje será más difícil. Los valores nodales en la capa de entrada (los cuales se normalizan tomando los valores del conjunto de entrenamiento) son proporcionados por el conjunto de entrenamiento; así que los cálculos empiezan realmente con los nodos en la capa del medio.

Para obtener los valores para cada nodo en la capa del medio, la salida de cada nodo en la anterior capa de entrada es multiplicada por el peso que conecta el nodo en la capa del medio. A la suma de esos valores es aplicada una función de activación o transferencia.

Para ajustar los pesos en la red durante el entrenamiento, los valores de los nodos en la capa de salida producidos por un patrón de entrada, son comparados con la salida deseada para calcular el valor del error para cada nodo. La red se entrena modificando los pesos hasta minimizar la diferencia entre la respuesta deseada y la respuesta actual producida por la red.

Con los pesos modificados, como resultado de haber pasado una vez por el conjunto de entrenamiento, un error general es calculado como la suma del error de cada patrón individual. Si este error no entra dentro de un rango de tolerancia específico, los patrones son presentados a la red repetidas veces, hasta que el error es reducido a un nivel aceptable.

#### 4.1.6. Generalización

La red neuronal entrenada mediante un algoritmo supervisado, cabe resaltar que en este punto los pesos de interconexión han sido ajustados de forma que se minimice el error, deberá estar en capacidad de generar respuestas próximas a las deseadas cuando se le proporcionen nuevos ejemplos, es decir, entradas que no pertenecen al conjunto de entrenamiento. Este proceso toma el nombre de “*generalización*” de una red.

Existen 3 condiciones para que una red pueda llegar a su generalización:

- Las entradas de la red deben contener suficiente información respecto a la salida deseada, de tal forma que exista una función matemática que logre aproximar las salidas con las entradas.
- La función que la red trata de aprender debe ser en cierto sentido “*suave*”, para que pequeños cambios en la entradas provoquen pequeños cambios en las salidas.
- Los patrones de entrenamiento deben ser representativos y lo suficientemente grandes según el caso que se quiera generalizar.

#### 4.2. Diseño del instrumento de transformación

El instrumento de transformación es una “*red neuronal feedforward backpropagation*”, es decir, una red que se alimenta hacia adelante y cuyo error se propaga hacia atrás.

Es una red que por sus características se presta para la resolución del problema propuesto, además ha sido utilizada en varios campos de las ciencias de la ingeniería así como de la medicina con buenos resultados especialmente para el pronóstico de variables.

La red considera los 15 pozos como 15 conjuntos de entradas representadas por los datos de Gas Total con sus respectivas salidas conformadas por los datos de Resistividad de Formación. Cada conjunto de entrenamiento (par Gas Total – Resistividad de Formación) está compuesto por 81 datos para el reservorio U Inferior, y por 101 datos para el reservorio T Inferior.

Se ha utilizado las siglas:

- **GAS:** para el conjunto de datos de entrada correspondiente a Gas Total (Total Gas).
- **RES:** para el conjunto de datos de salida correspondiente a Resistividad de formación (Deep Resistivity).

La función de entrenamiento escogida fue “*trainrp*”, función que basada en el algoritmo de Resilient Backpropagation, cuyo propósito es eliminar los efectos perjudiciales de las magnitudes de las derivadas parciales que se generan en las iteraciones del proceso de entrenamiento.

### ***PREPARACIÓN DE DATOS***

Es importante preparar los datos que entrarán a la red neuronal, con el objeto de que esta pueda trabajar eficientemente. Dado la gran variabilidad de la magnitud de los datos especialmente los de Gas, se procedió a normalizar los mismos utilizando la “*TRANSFORMACIÓN BOX-COX*”.

Esta transformación logra acercar a una distribución normal un set de datos que originalmente estaban distribuidos no normalmente.

Se define como una transformación potencial, es decir, busca una potencia para corregir varianzas desiguales dentro de un set de datos, y por tanto corrige también la no linealidad en la relación entre variables.

Matemáticamente se concibe así:

$$Z(\lambda) = \begin{cases} \frac{y^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \lg(y) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

Siendo:

- $Z(\lambda)$ : El valor transformado (valor normalizado).
- $y$ : El valor a transformar (valor original).

Para conseguir la normalidad de los datos, se aconseja determinar la potencia “*lambda*” por el método de la “*máxima verosimilitud*”, con este procedimiento se determina el valor óptimo de  $\lambda$ .

Cabe indicar que este proceso de normalización se aplicó tanto a los datos de gas como a los de resistividad, antes de que ingresen a su procesamiento en la red neuronal (proceso directo) y después de su salida de la red (proceso inverso), de esta manera se asegura que la magnitud de los datos obtenidos después de la simulación estén dentro del rango correcto.

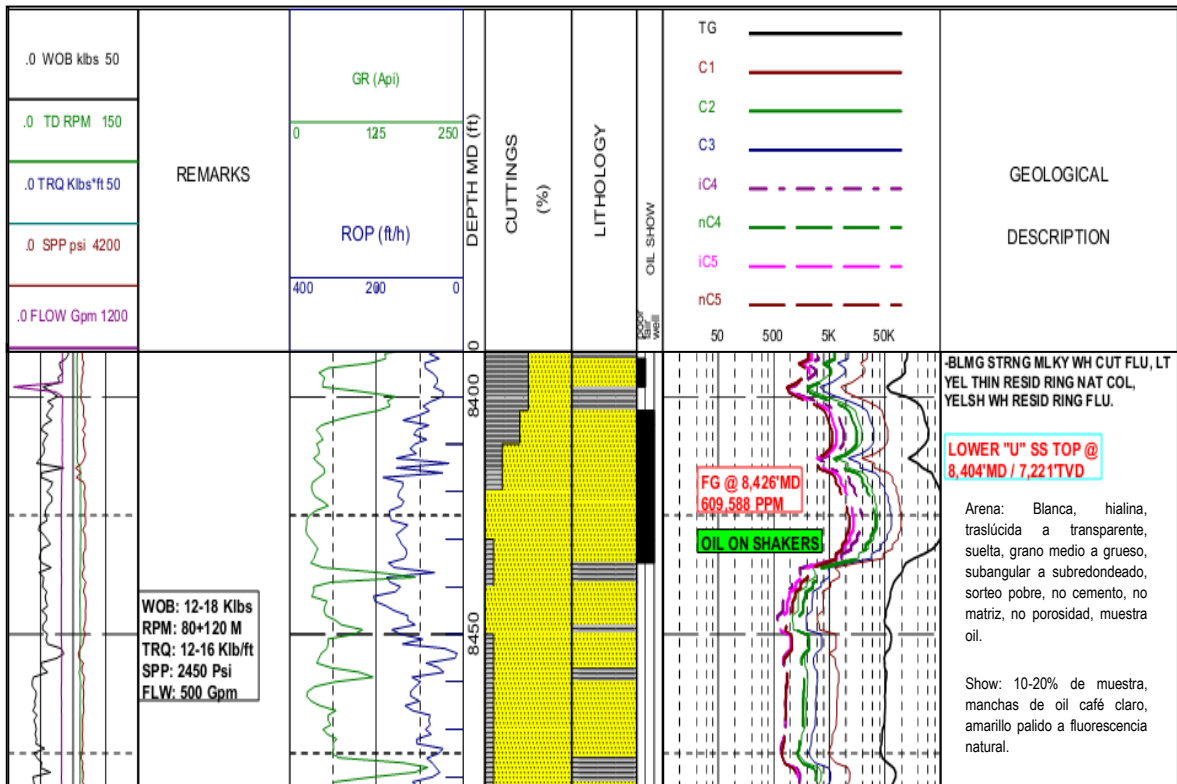
Entonces la fórmula para el proceso inverso de transformación de datos es:

$$y = [Z(\lambda) + 1]^{1/\lambda}$$

### 4.3. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos y su análisis se indican por reservorio:

#### Reservorio “U” Inferior:



Reservorio “U” Inferior. Pozo tipo. Master Log, Geoservices, 2011.

Obsérvese las Figuras 34-36.

- Valor de lambda obtenido:  $\lambda = -0.3287$
- Número de pozos para entrenamiento de la red: 12 (pozos # 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14)
- Número de pozos para testeo de la red: 3 (pozos # 3,12,15)
- Coeficiente de correlación de todos los valores: 0.9722

- Coeficiente de correlación de los valores entrenados: 1.0000
- Coeficiente de correlación de los valores testeados: 0.8468
- Número de épocas de entrenamiento de la red: 8206

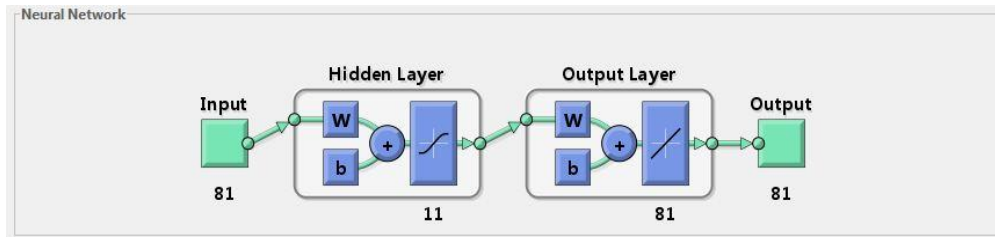


Fig. 34. Esquema de la red neuronal utilizada para el reservorio “U” Inferior.

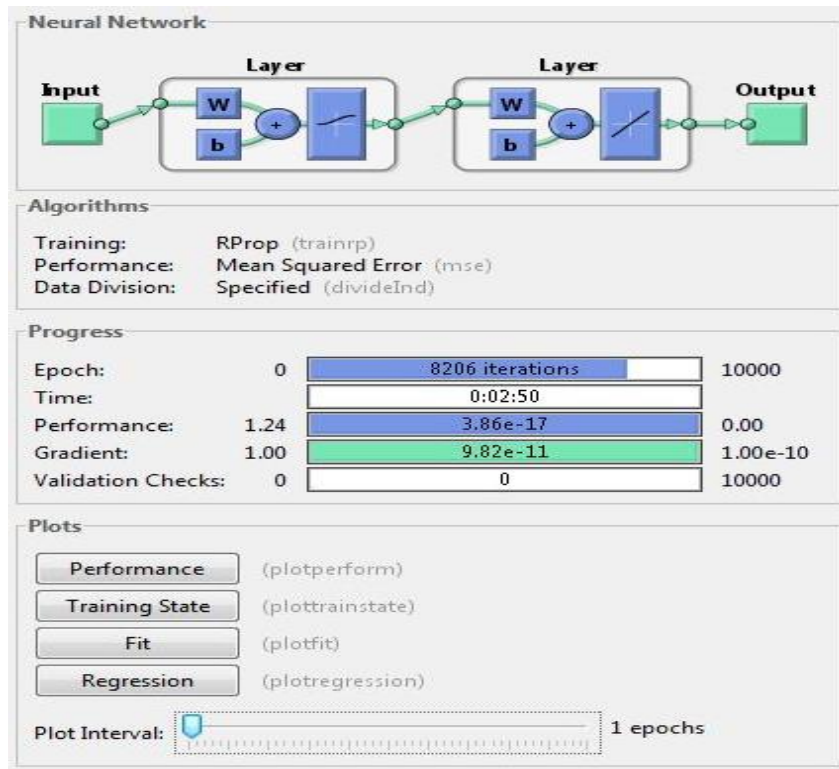


Fig. 35. Entrenamiento de la red neuronal utilizada para el reservorio “U” Inferior.



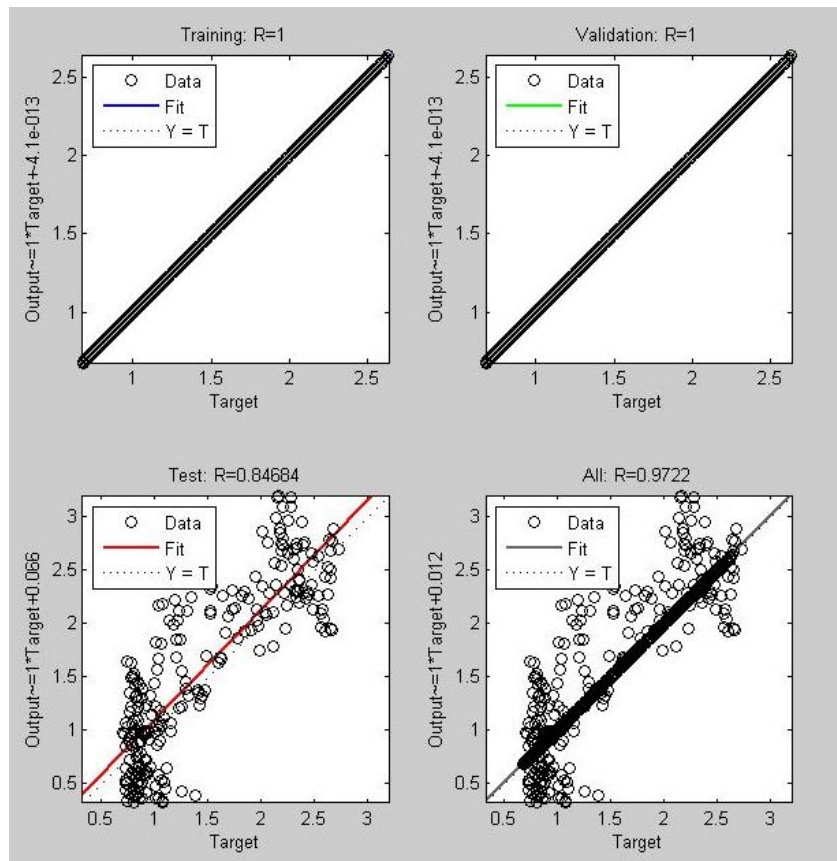
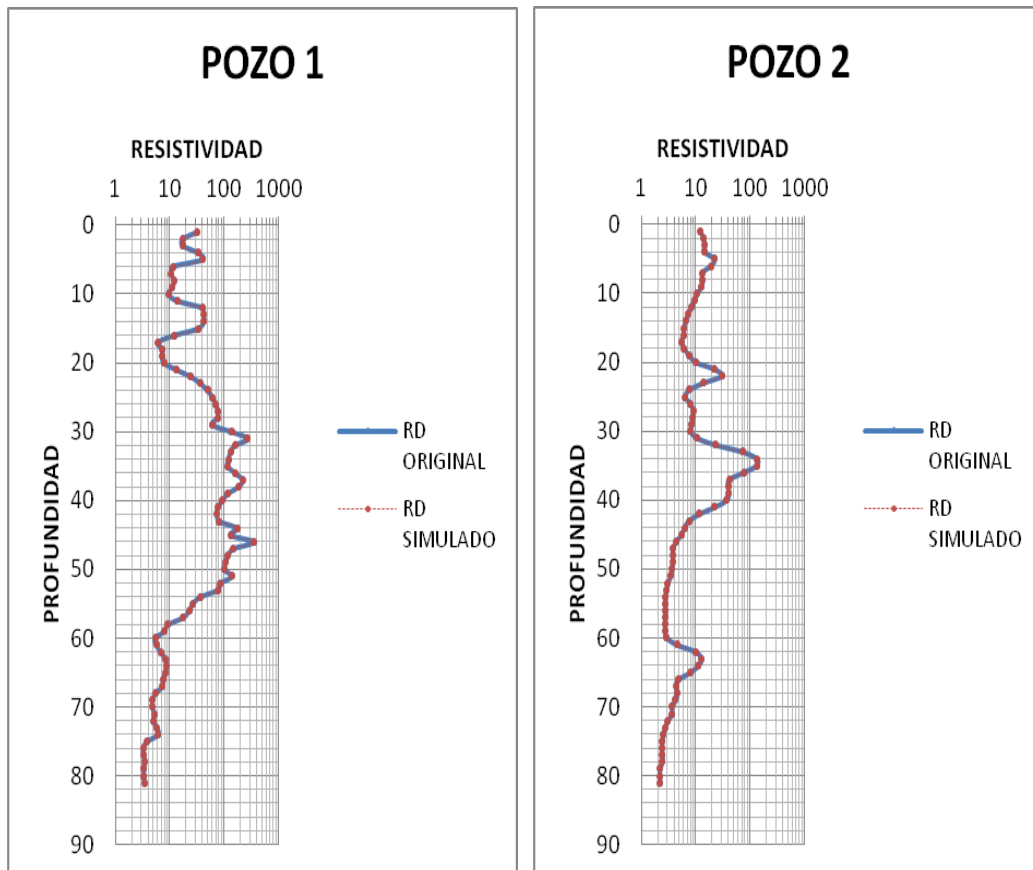


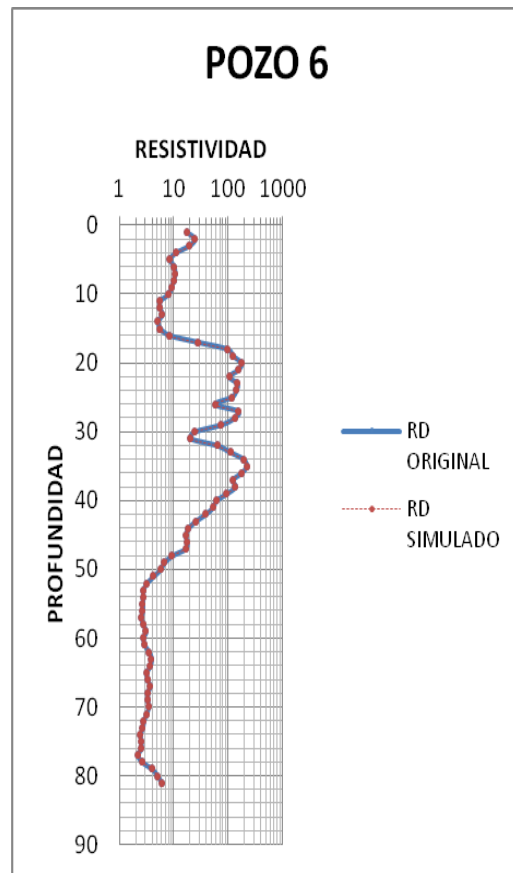
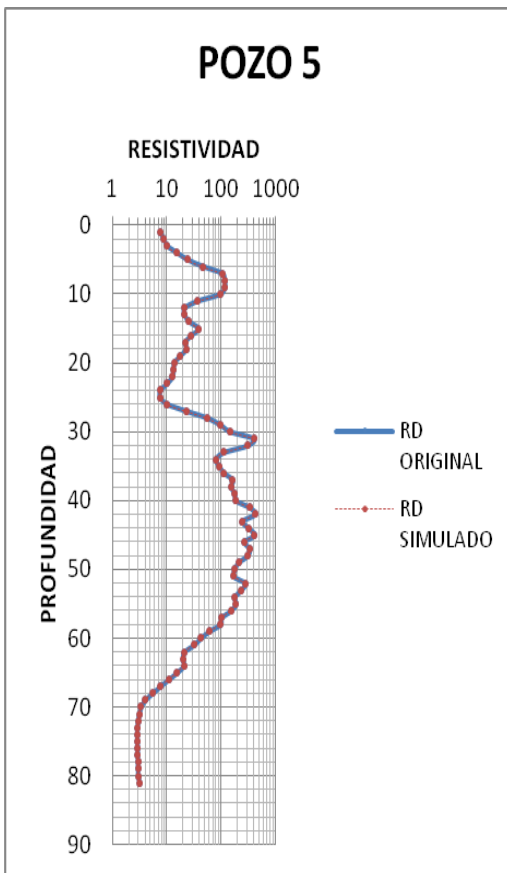
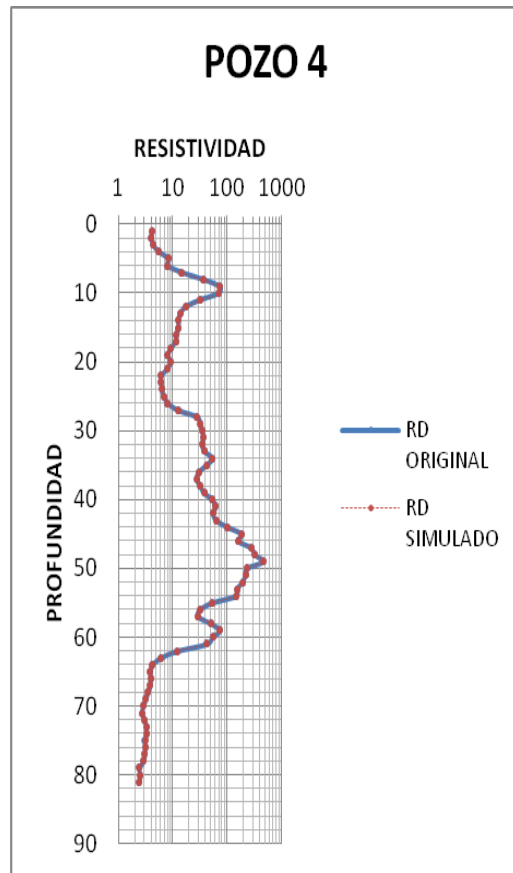
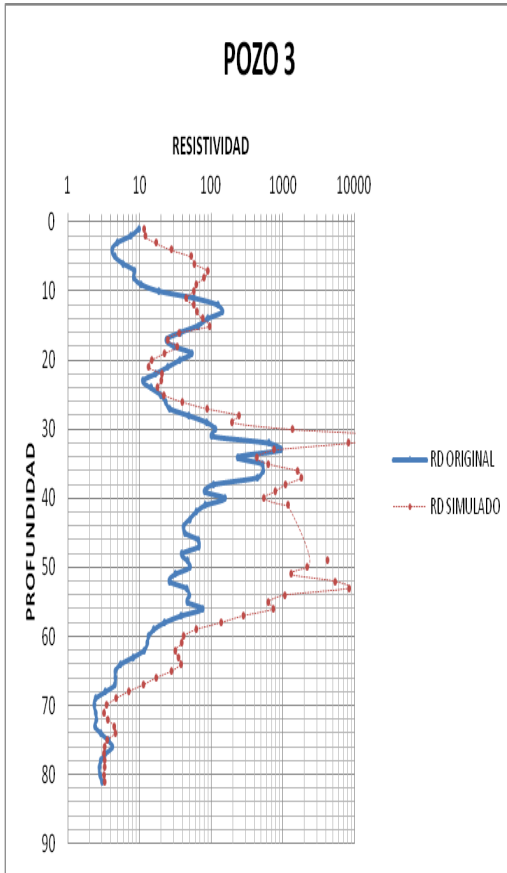
Fig. 36. Regression plot de la red entrenada para el reservorio “U” Inferior.

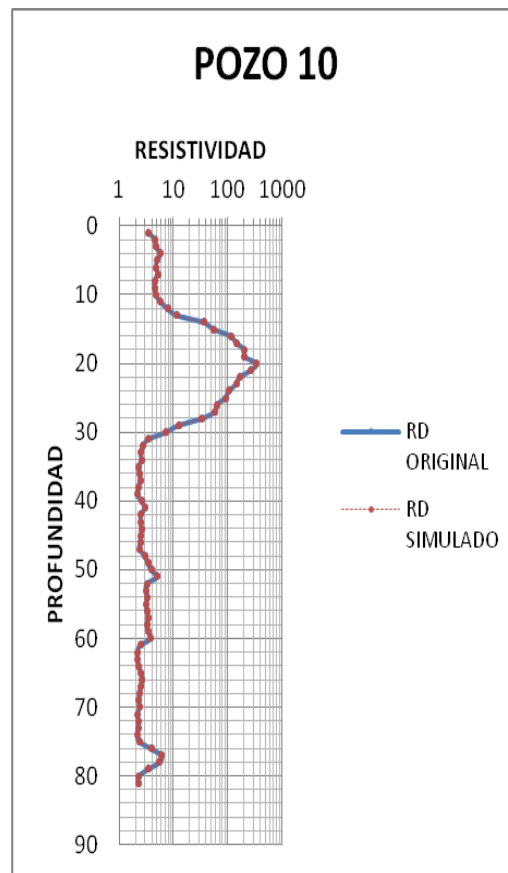
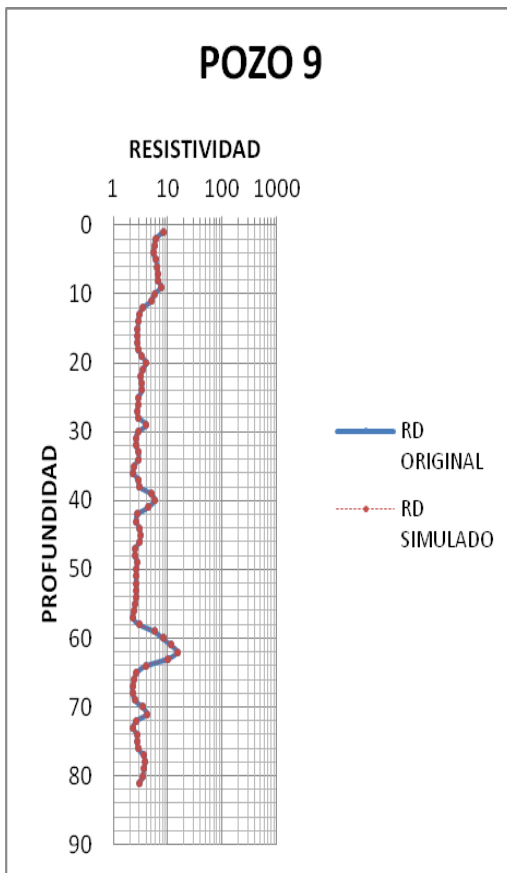
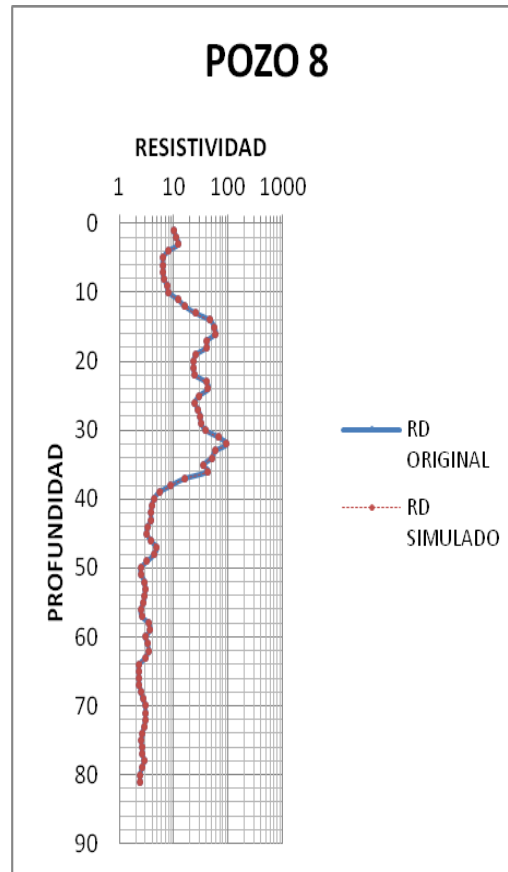
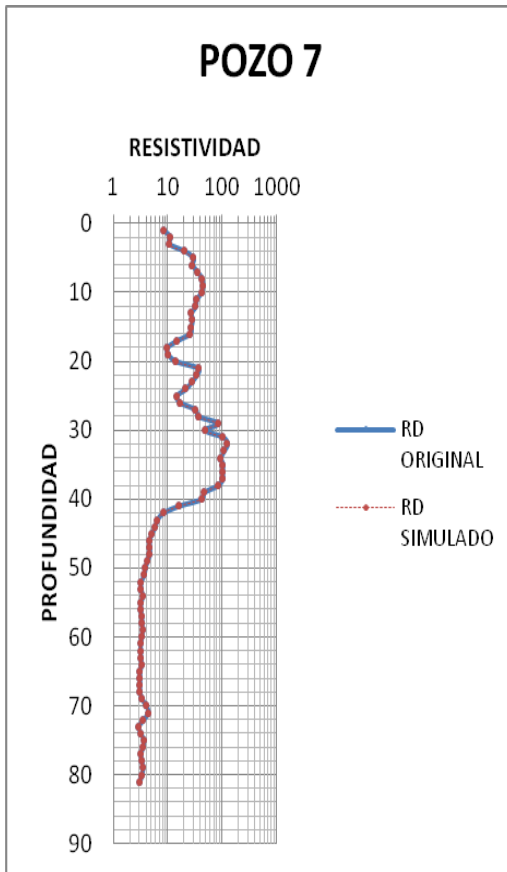
En la Fig. 36. se puede apreciar los resultados de la ejecución de la red neuronal (con los 15 pozos analizados y sus correspondientes pronósticos, en la ventana *Test*, se observa el grado de acercamiento entre la resistividad deseada u original (Target) y la resistividad simulada u obtenida (Output) para los tres pozos que se destinaron para la predicción. Su coeficiente de correlación R tiene un valor de 0.84684, es decir, que los valores obtenidos se asemejan en un 84.684% a los valores originales, por tanto, el porcentaje de error para los pronósticos o predicciones es de 15.316%, valor que es aceptable teniendo en cuenta que gráficamente la curva de resistividad obtenida sigue muy de cerca a la curva deseada.

La ventana *All*, muestra la totalidad del análisis, en ella se indica que para los 15 pozos, la resistividad original y la resistividad obtenida se asemejan en un 97.22%, es decir, el error es del 2.78%.

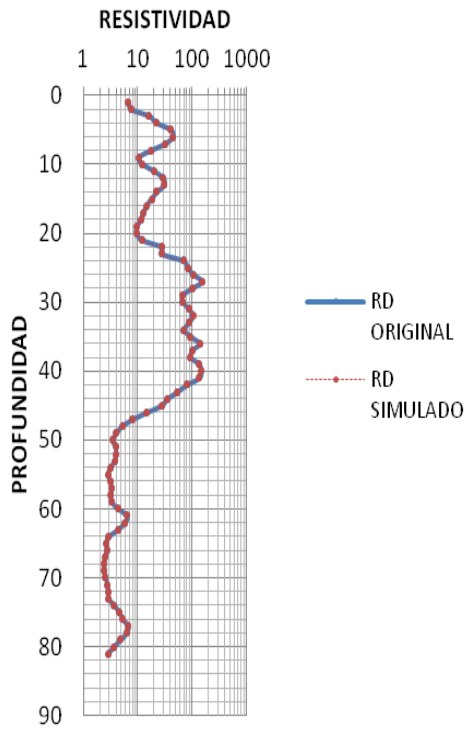
Los valores y sus correspondientes perfiles de resistividad de formación para el reservorio “U” Inferior originales y simulados para los 15 pozos se indican a continuación, para todos los casos, la resistividad está expresada en  $\Omega\text{m}$  y la profundidad en pies.



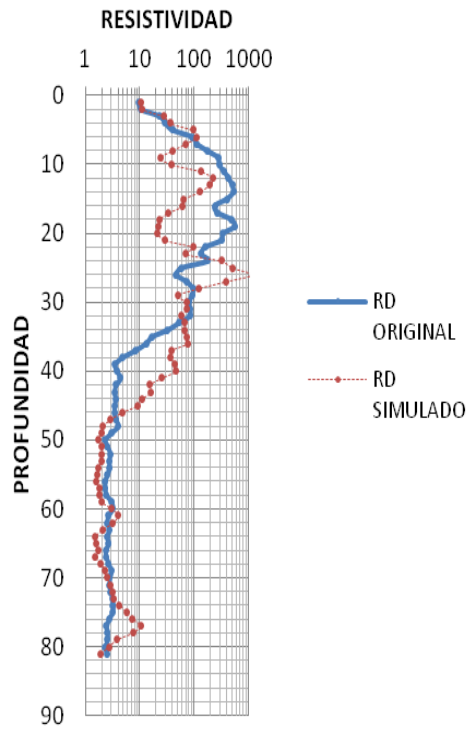




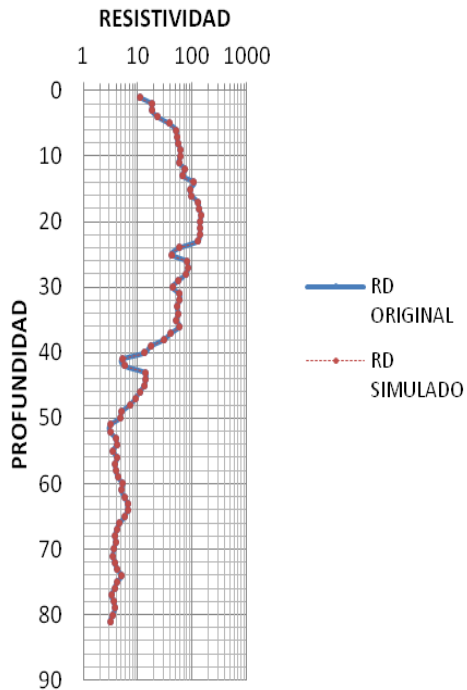
### POZO 11



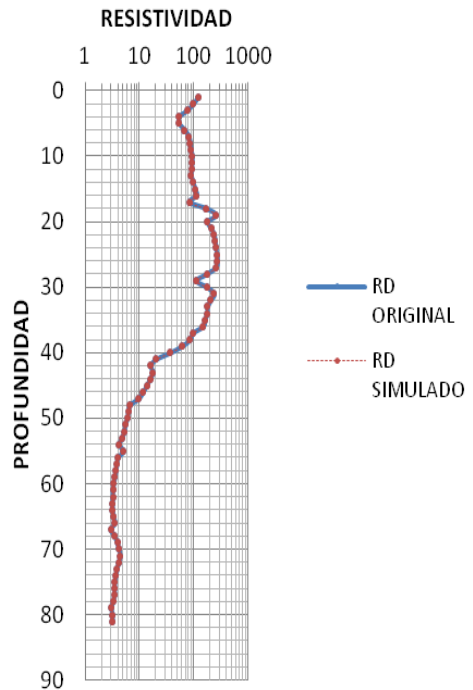
### POZO 12



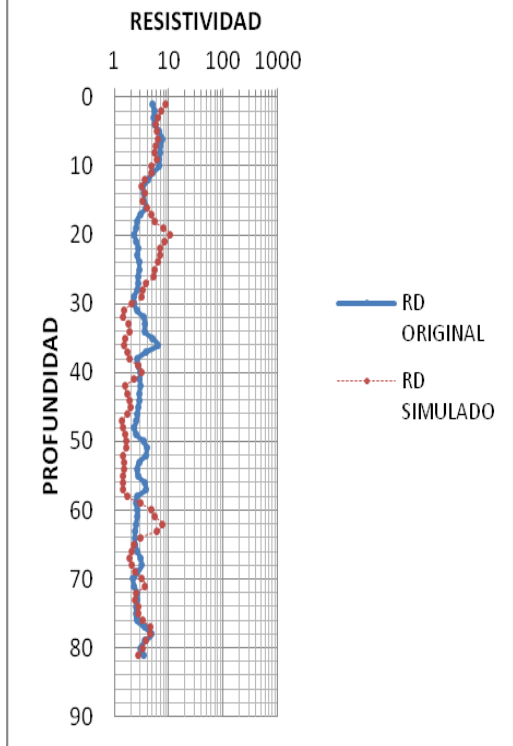
### POZO 13



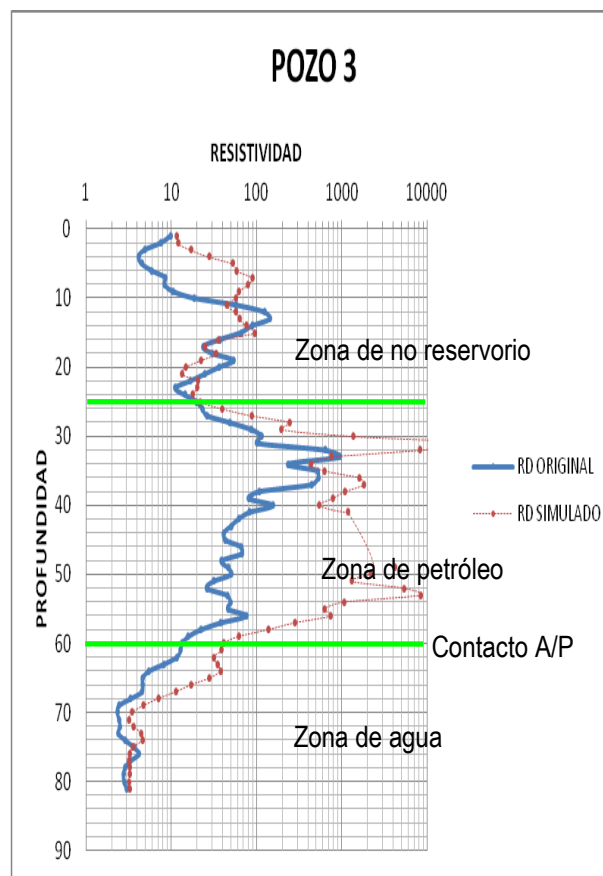
### POZO 14



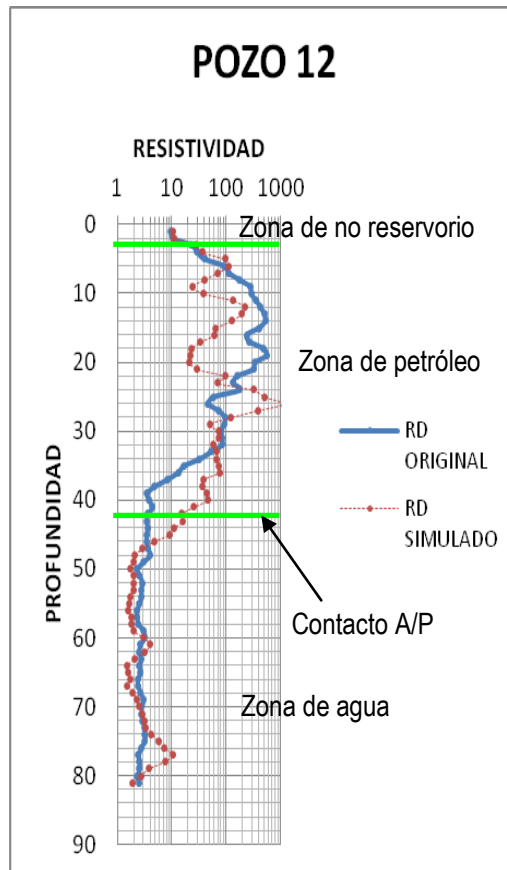
# POZO 15



Los pozos simulados para este Reservoirio fueron los #3,12 y 15. En sus correspondientes perfiles se aprecia claramente que la predicción de la resistividad es muy cercana a la resistividad original, para el pozo #3 se observa una clara deflexión de ambas curvas pudiendo definirse una zona de no reservorio, una zona de petróleo, un contacto agua-petróleo y una zona de agua; es apreciable que en la zona de petróleo, la curva simulada toma valores que salen de la escala, esto consyituye un error de simulación y como fue antes dicho, la predicción no es totalmente exacta, pero aún así sirve para la determinación del contacto agua-petróleo; como se indica a continuación:

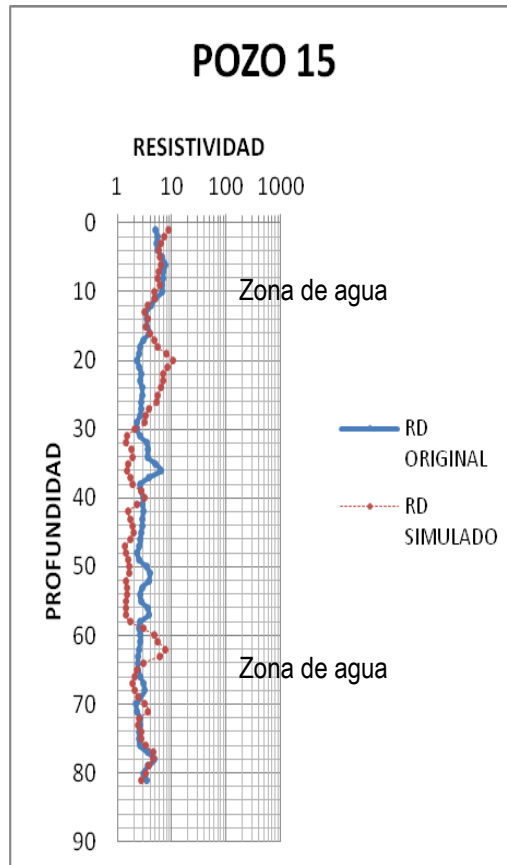


Para el pozo #12 se observa una clara deflexión de ambas curvas pudiendo definirse una zona de no reservorio, una zona de petróleo, un contacto agua-petróleo y una zona de agua; como se indica a continuación:

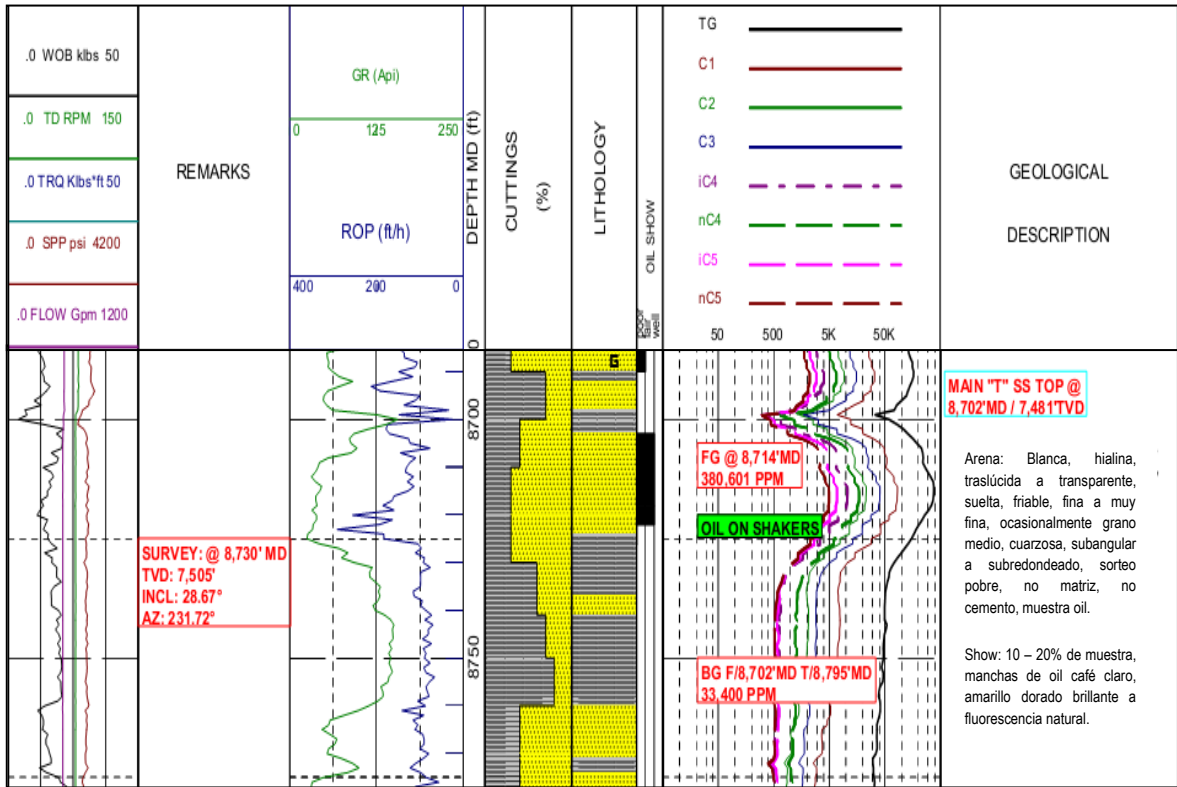




Para el pozo #15 no se observan mayores deflexiones de ambas curvas pudiendo definirse una zona de no reservorio ó una zona de agua (según lo indique la litología); como se indica a continuación:



**Reservorio "T" Inferior:**



Reservorio "T" Inferior. Pozo tipo. Master Log, Geoservices, 2011.

Obsérvese las Figuras 37-39.

- Valor de lambda obtenido:  $\lambda = -0.2429$
- Número de pozos para entrenamiento de la red: 12 (pozos # 1,2,4,6,7,8,9,10,11,12,13,15)
- Número de pozos para testeo de la red: 3 (pozos # 3,5,14)
- Coeficiente de correlación de todos los valores: 0.9411
- Coeficiente de correlación de los valores entrenados: 1.0000
- Coeficiente de correlación de los valores testeados: 0.7713
- Número de épocas de entrenamiento de la red: 2178

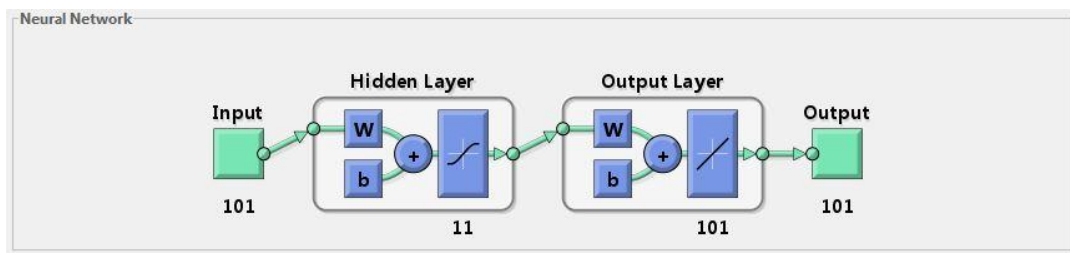


Fig. 37. Esquema de la red neuronal utilizada para el reservorio "T" Inferior.

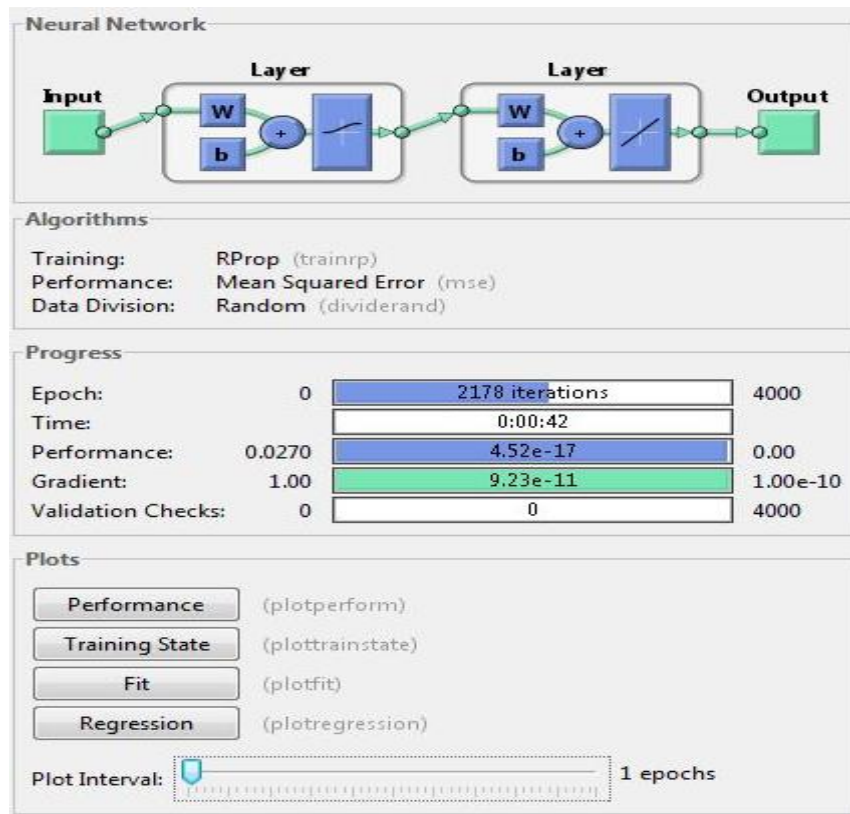


Fig. 38. Entrenamiento de la red neuronal utilizada para el reservorio “T” Inferior.

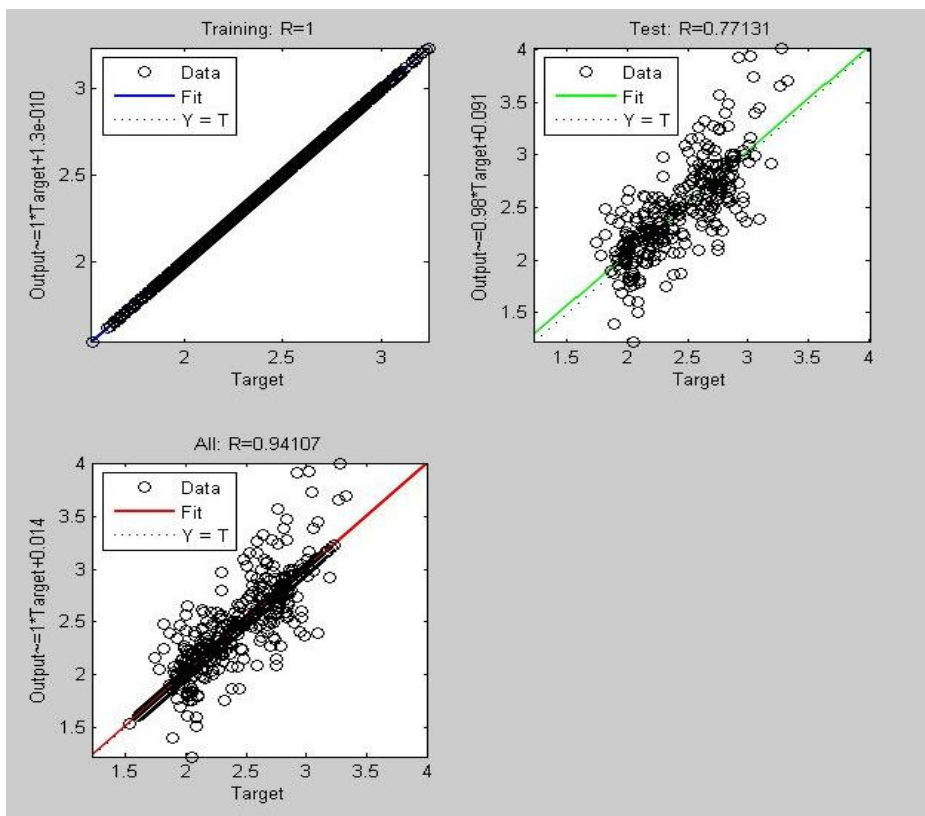
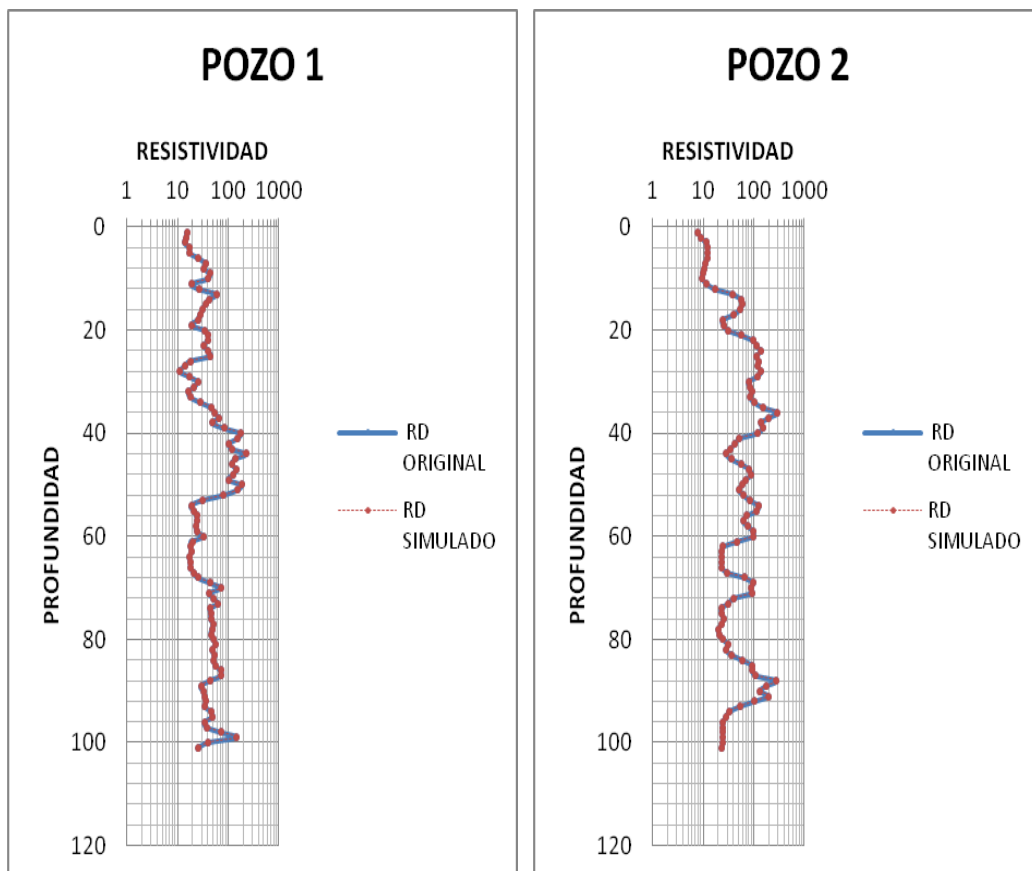


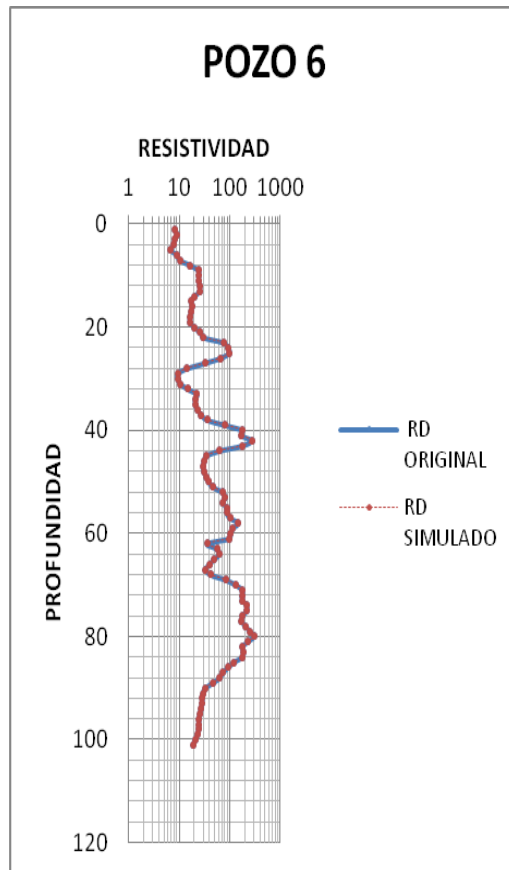
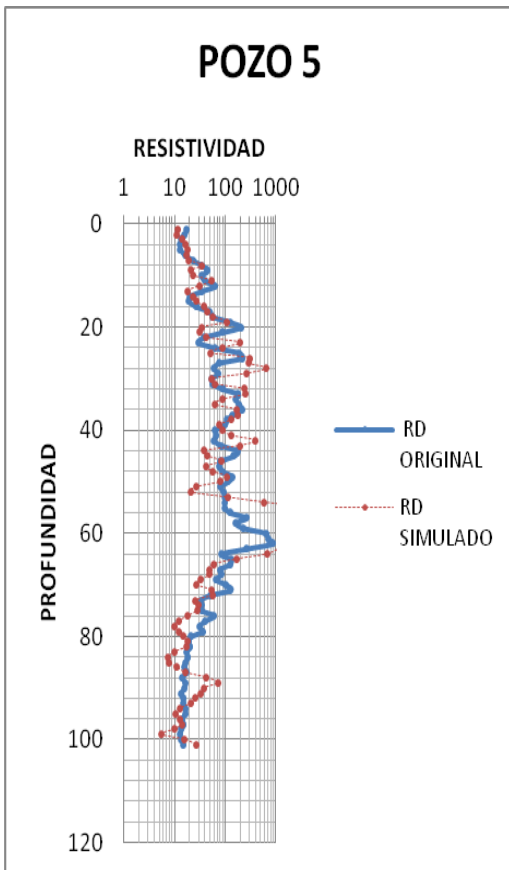
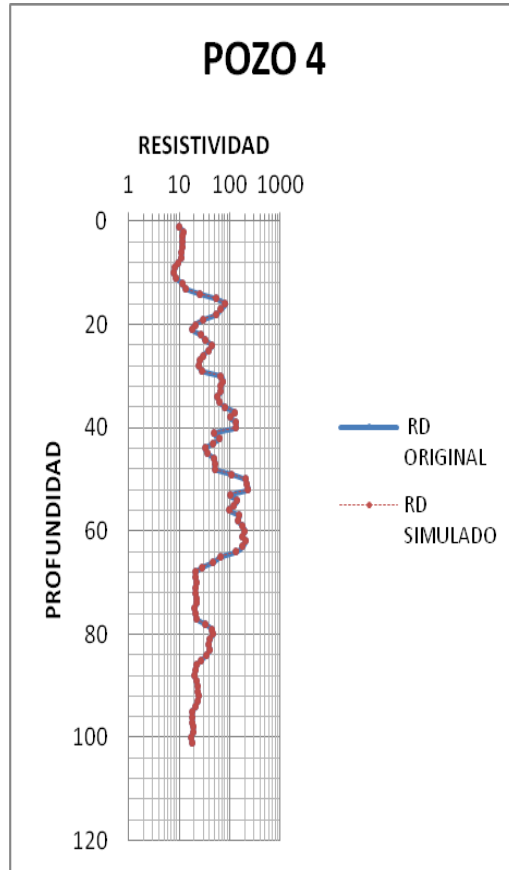
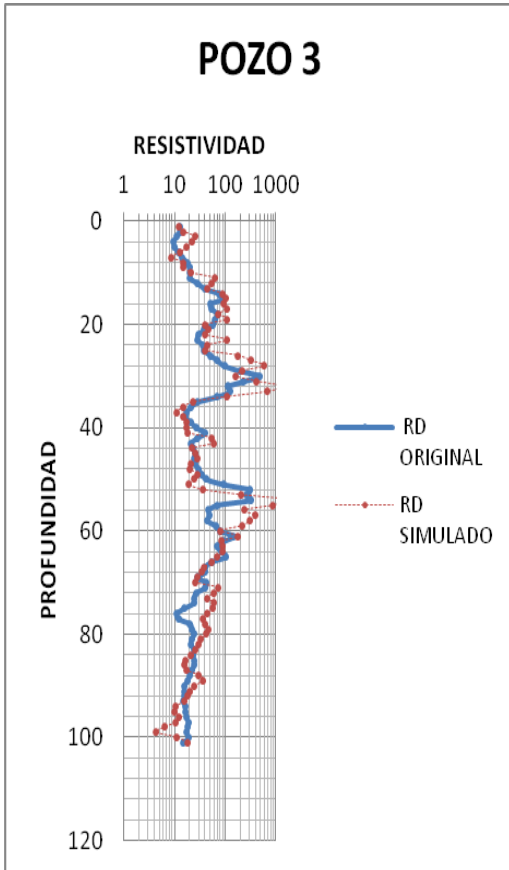
Fig. 39. Regression plot de la red entrenada para el reservorio “T” Inferior.

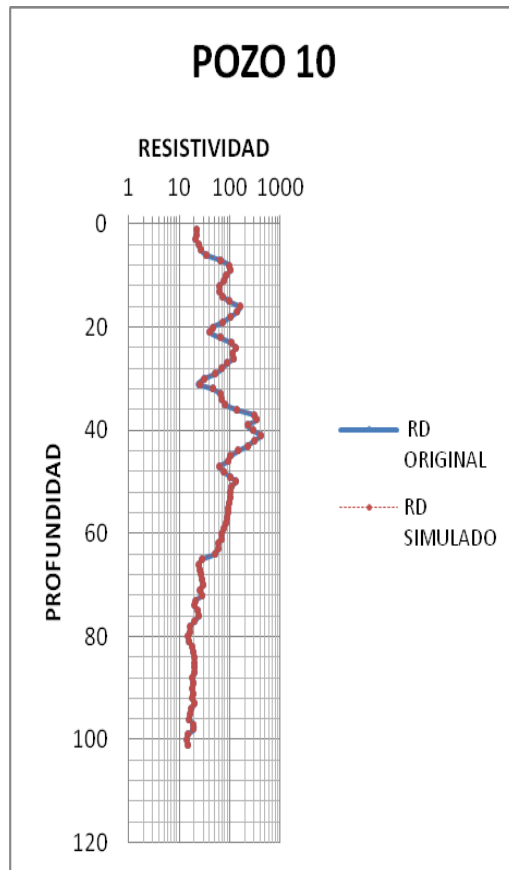
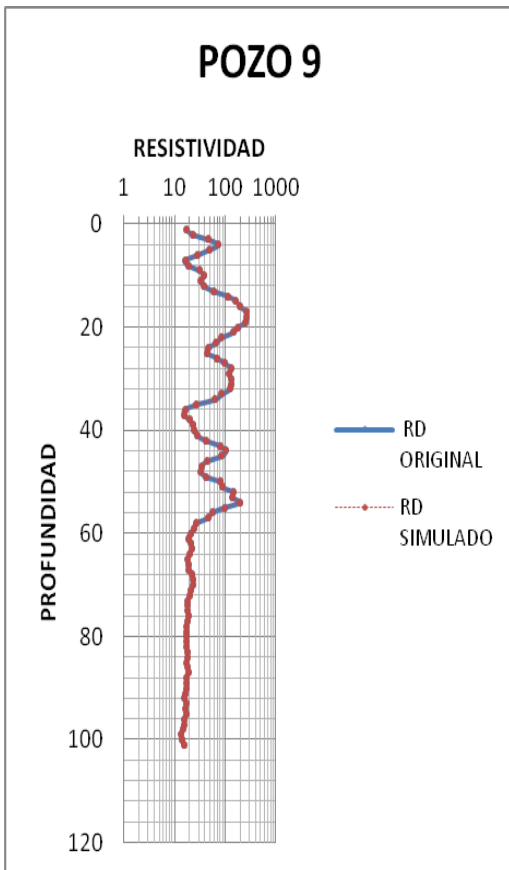
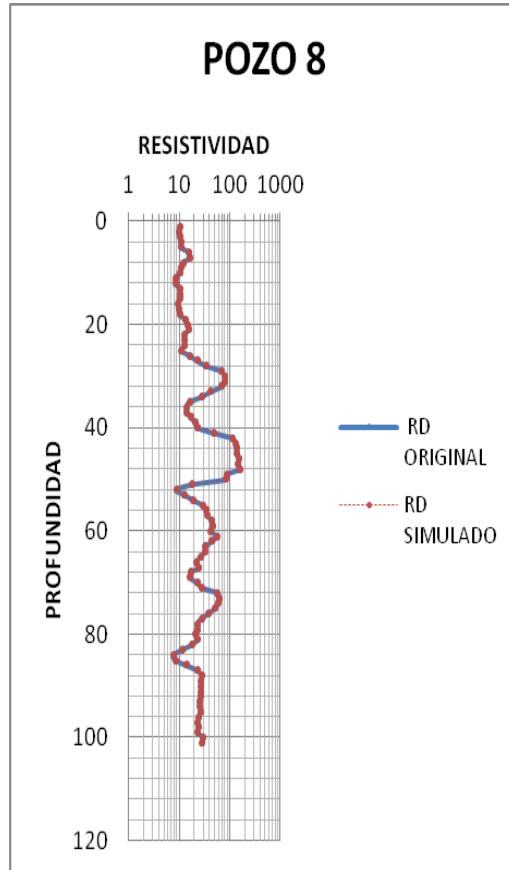
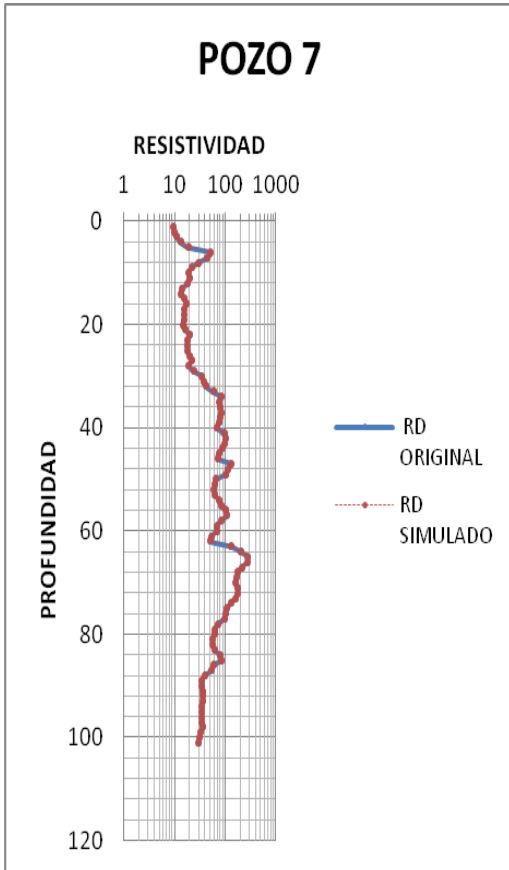
En la Fig. 39. se puede apreciar los resultados de la ejecución de la red neuronal (con los 15 pozos analizados y sus correspondientes pronósticos, en la ventana *Test*, se observa el grado de acercamiento entre la resistividad deseada u original (Target) y la resistividad simulada u obtenida (Output) para los tres pozos que se destinaron para la predicción. Su coeficiente de correlación R tiene un valor de 0.77131, es decir, que los valores obtenidos se asemejan en un 77.131% a los valores originales, por tanto, el porcentaje de error para los pronósticos o predicciones es de 22.869%, valor que es aceptable teniendo en cuenta que gráficamente la curva de resistividad obtenida sigue muy de cerca a la curva deseada.

La ventana *All*, muestra la totalidad del análisis, en ella se indica que para los 15 pozos, la resistividad original y la resistividad obtenida se asemejan en un 94.107%, es decir, el error es del 5.893%.

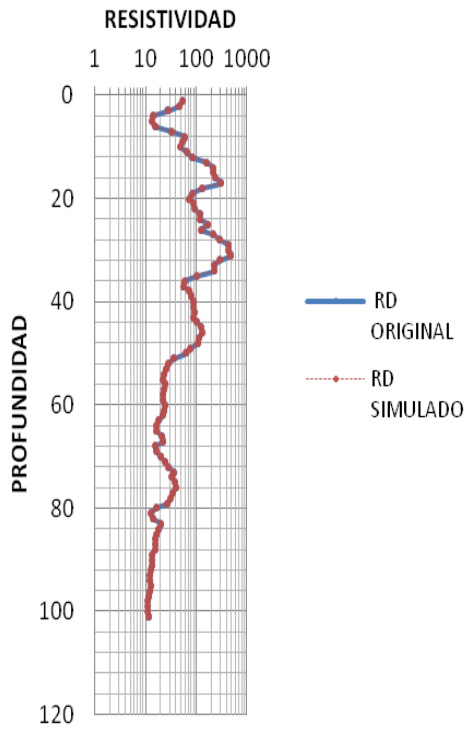
Los valores y su correspondiente perfil de resistividad de formación para el reservorio “T” Inferior originales y simulados para los 15 pozos se indican a continuación, para todos los casos, la resistividad está expresada en  $\Omega m$  y la profundidad en pies.



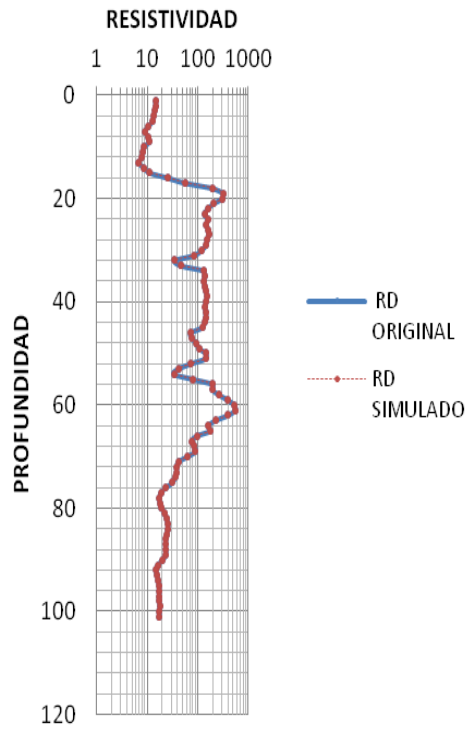




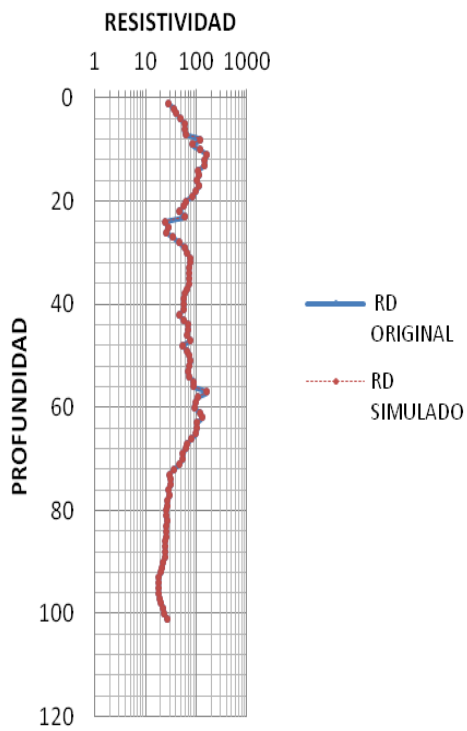
### POZO 11



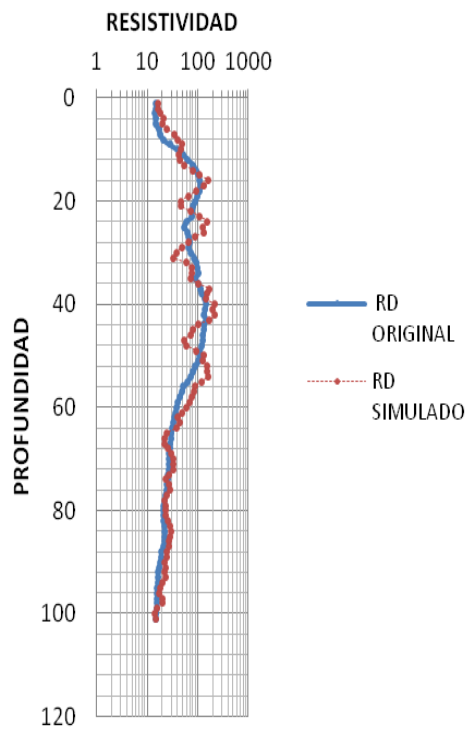
### POZO 12



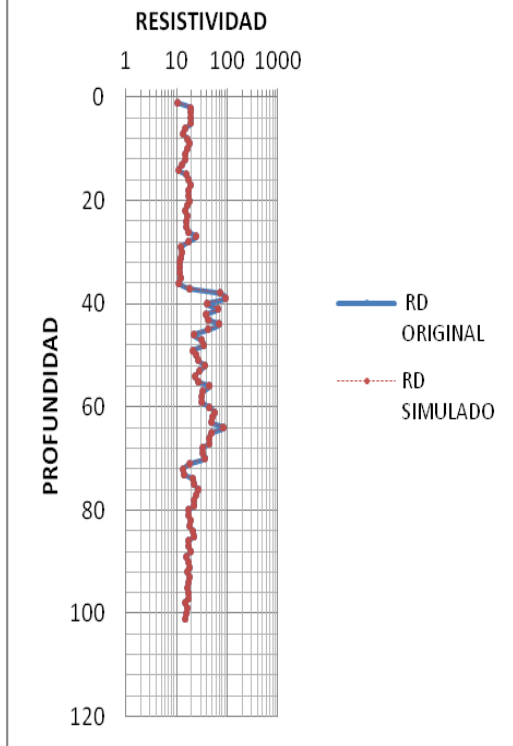
### POZO 13



### POZO 14

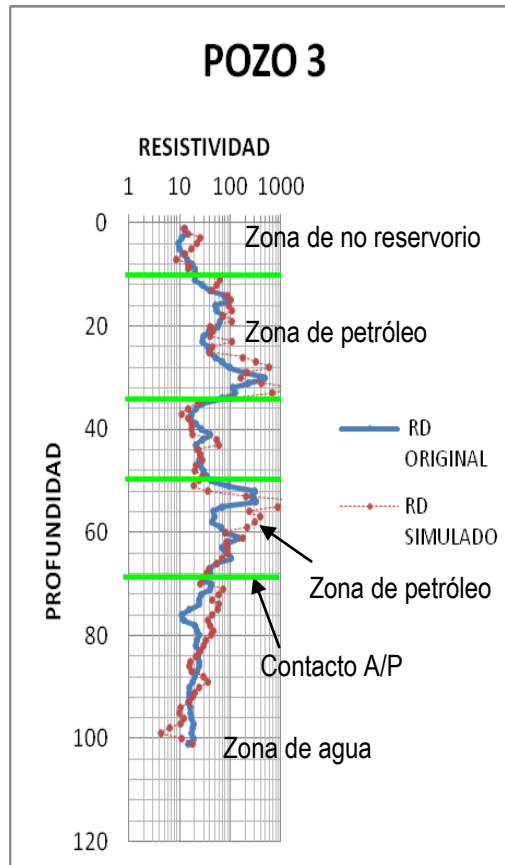


# POZO 15

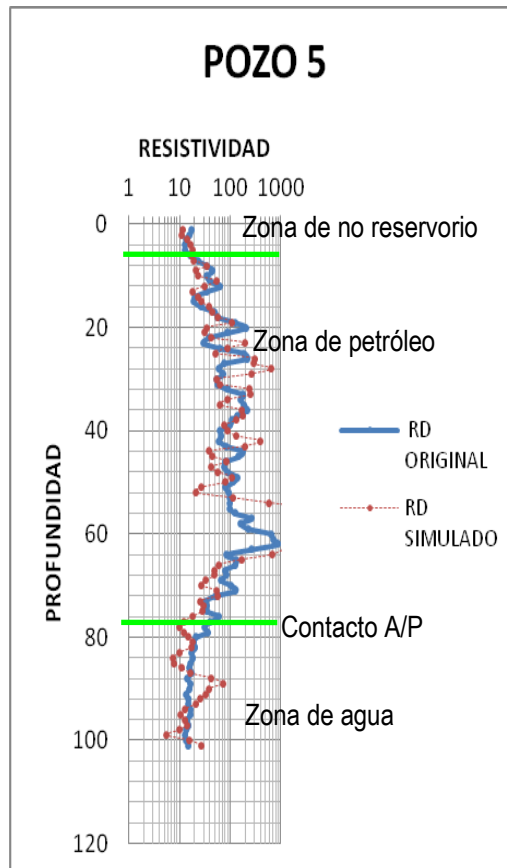




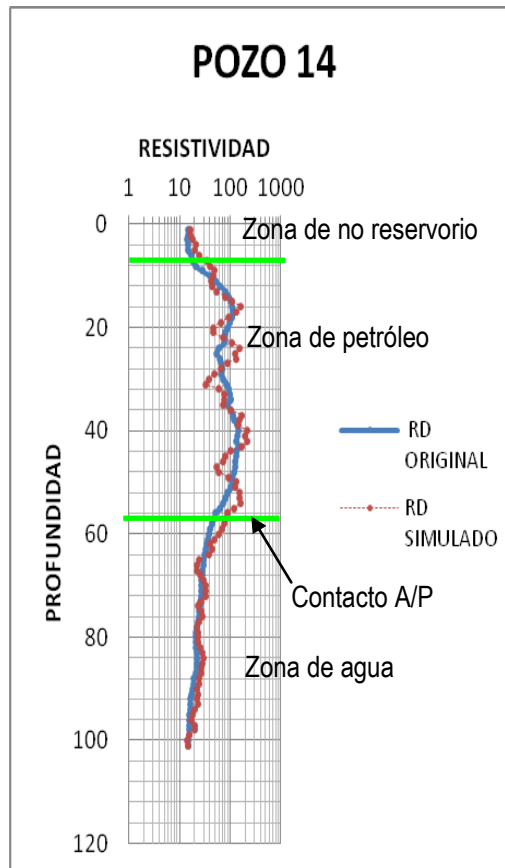
Los pozos simulados para este Reservorio fueron los #3,5 y 14. En sus correspondientes perfiles se aprecia claramente que la predicción de la resistividad es muy cercana a la resistividad original, para el pozo #3 se observan deflexiones de ambas curvas identificándose zonas de no reservorio, zonas de petróleo, un contacto agua-petróleo y una zona de agua; como se indica a continuación:



En el pozo #5 se observan deflexiones de ambas curvas identificándose una zona de no reservorio, una zona de petróleo, un contacto agua-petróleo y una zona de agua; como se indica a continuación:



En el pozo #14 se observan deflexiones de ambas curvas identificándose una zona de no reservorio, una zona de petróleo, un contacto agua-petróleo y una zona de agua; como se indica a continuación:



### **En general:**

Para el reservorio “U” Inferior los pozos predictores fueron los # 3,12 y 15 en los que se observa un gran acercamiento de los datos simulados a los originales, a pesar de que no fueron incluidos en el set de datos de entrenamiento de la red neuronal.

El mismo caso ocurre para el reservorio “T” Inferior en el que los pozos predictores fueron los # 3,5 y 14.

Sin embargo, existen valores de resistividad erráticos luego de la simulación, es decir, ya que como se evidencia y por su naturaleza la predicción no es cien por ciento exacta.

Según los resultados obtenidos para ambos reservorios se puede constatar que es posible dar una predicción de valores de resistividad de formación con una confiabilidad alta a partir de los datos de Gas Total adquiridos en la perforación de pozos, ya que como se observa, la curva de resistividad simulada concuerda con la curva de resistividad original, de esta forma es posible entonces dar una primera evaluación de la formación indicando desde ya los límites productivos de la misma en cuanto a su contenido de hidrocarburo.

En consecuencia, dentro de una zona arenosa si la resistividad indica valores altos se infiere la presencia de petróleo, si la resistividad cae indicara la presencia de agua identificándose un contacto agua/petróleo, y finalmente si la resistividad es baja a lo largo de todo el intervalo arenoso significa que no contiene hidrocarburo.

También es necesario aclarar que la evaluación de hidrocarburos mediante este proceso aplica para zonas porosas y permeables, es decir, arenas como son las planteadas en este estudio y no para lutitas o calizas ya que su respuesta de gas y de resistividad es diferente.

#### **4.4. Códigos de la red neuronal.**

Se aplicó el software libre “Octave” con la integración de algoritmos de libre acceso de “Matlab”.

#### ***ESTRUCTURA DE LA RED NEURONAL CREADA PARA AMBOS RESERVORIOS***

Architecture:

- numInputs: 1
- numLayers: 2

- biasConnect: [1; 1]
- inputConnect: [1; 0]
- layerConnect: [0 0; 1 0]
- outputConnect: [0 1]
- numOutputs: 1 (read-only)
- numInputDelays: 0 (read-only)
- numLayerDelays: 0 (read-only)

Subobject structures:

- inputs: {1x1 cell} of inputs
- layers: {2x1 cell} of layers
- outputs: {1x2 cell} containing 1 output
- biases: {2x1 cell} containing 2 biases
- inputWeights: {2x1 cell} containing 1 input weight
- layerWeights: {2x2 cell} containing 1 layer weight

Functions:

- adaptFcn: 'trains'
- divideFcn: 'divideInd'
- gradientFcn: 'gdefaults'
- initFcn: 'initlay'
- performFcn: 'mse'
- plotFcns: {'plotperform','plottrainstate','plotfit','plotregression'}
- trainFcn: 'trainrp'

Parameters:

- adaptParam: .passes
- divideParam: .trainInd, .valInd, .testInd
- gradientParam: (none)
- initParam: (none)
- performParam: (none)
- trainParam: .show, .showWindow, .showCommandLine, .epochs,
- .time, .goal, .max\_fail, .min\_grad,
- .delt\_inc, .delt\_dec, .delta0, .deltamax

Weight and bias values:

- IW: {2x1 cell} containing 1 input weight matrix
- LW: {2x2 cell} containing 1 layer weight matrix
- b: {2x1 cell} containing 2 bias vectors

### ***CÓDIGO DE LA RED NEURONAL PARA EL RESERVORIO “U” INFERIOR***

#### **% Create Network for U INFERIOR**

```

numHiddenNeurons = 11; % Adjust as desired
net = newfit(GAS,RES,numHiddenNeurons);

net.divideFcn = 'divideInd'; % Adjust as desired
net.trainFcn = 'trainrp'; % Adjust as desired
net.trainParam.epochs = 10000; % Adjust as desired
net.trainParam.max_fail = 10000; % Adjust as desired
net.layers{1}.transferFcn = 'logsig'; % Adjust as desired
net.layers{2}.transferFcn = 'purelin'; % Adjust as desired

```

#### **% Divideind definition:**

```

G = [GAS];
R = [RES];
trainInd = [1,2,4:11,13,14];
valInd = [1,2,4:11,13,14];
testInd = [3,12,15];
net.divideParam.trainInd = [1,2,4:11,13,14];
net.divideParam.valInd = [1,2,4:11,13,14];
net.divideParam.testInd = [3,12,15];
[trainG,valG,testG] = divideind(G,trainInd,valInd,testInd);
[trainR,valR,testR] = divideind(R,trainInd,valInd,testInd);

```

#### **% Train Network**

```
[net,tr,Y] = train(net,GAS,RES);
```

#### **% Apply Network**

```
ressim = sim(net,gas);
```

#### **% Plot**

```

plotperf(tr)
plotfit(net,inputs,targets)
plotregression(targets,outputs)

```

### ***CÓDIGO DE LA RED NEURONAL PARA EL RESERVORIO “T” INFERIOR***

#### **% Create Network for T INFERIOR**

```

numHiddenNeurons = 11; % Adjust as desired
net = newfit(GAS,RES,numHiddenNeurons);

net.divideFcn = 'divideInd'; % Adjust as desired

```

```
net.trainFcn = 'trainrp'; % Adjust as desired
net.trainParam.epochs = 4000; % Adjust as desired
net.trainParam.max_fail = 4000; % Adjust as desired
net.layers{1}.transferFcn = 'logsig'; % Adjust as desired
net.layers{2}.transferFcn = 'purelin'; % Adjust as desired
```

```
% Divideind definition:
```

```
G = [GAS];
R = [RES];
trainInd = [1,2,3,4,5,6,8,9,11,13,14,15];
valInd = [1,2,3,4,5,6,8,9,11,13,14,15];
testInd = [7,10,12];
net.divideParam.trainInd = [1,2,3,4,5,6,8,9,11,13,14,15];
net.divideParam.valInd = [1,2,3,4,5,6,8,9,11,13,14,15];
net.divideParam.testInd = [7,10,12];
[trainG,valG,testG] = divideind(G,trainInd,valInd,testInd);
[trainR,valR,testR] = divideind(R,trainInd,valInd,testInd);
```

```
% Train Network
```

```
[net,tr,Y] = train(net,GAS,RES);
```

```
% Apply Network
```

```
ressim = sim(net,gas);
```

```
% Plot
```

```
plotperf(tr)
```

```
plotfit(net,inputs,targets)
```

```
plotregression(targets,outputs)
```

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- Es posible trazar límites productivos de formaciones mediante la aplicación de los datos de gas y su posterior transformación a resistividad de formación.
- Los datos correspondientes a la cromatografía de gases de ambos reservorios muestran importantes variaciones en cuanto a su magnitud, estas variaciones van del orden de decenas hasta cientos de miles de ppm, lo que constituyó un problema importante para el estudio.
- También se presentaron variaciones en los datos de resistividad en el orden de unidades hasta centenas de  $\Omega\text{m}$ .
- La aplicación de redes neuronales con fines predictivos es válida para problemas geológicos que tienen un patrón de comportamiento como fue el caso del presente estudio, a pesar de que la relación entre las variables analizadas era considerada cualitativa.
- Los resultados obtenidos fueron comparados con los originales o de entrada, y al ser bastante similares en su valor numérico permiten su aplicación para la evaluación de hidrocarburos tanto en el reservorio “U” Inferior como en el de “T” Inferior.
- No se asegura una predicción cien por ciento exacta con el estudio realizado pero sin dudas, se puso en evidencia que puede ser de gran ayuda realizar una transformación de este tipo en el sitio de perforación para tener una evaluación del contenido de hidrocarburos de un reservorio como un apoyo para la toma de decisiones operacionales para un pozo.
- El estudio es mejorable desde todo punto de vista, siempre que se cuente con las herramientas adecuadas para obtener resultados con mayor detalle y por tanto una predicción más confiable.
- El uso de una red neuronal permite trabajar con datos que no requieran de un mayor tratamiento pre-procesamiento, como es este el caso, fue necesaria una normalización de los mismos, pero según sea, si en otros ambientes se obtienen respuestas más claras no sería necesaria la normalización.
- El estudio realizado se aplica a una zona de un Campo del Oriente Ecuatoriano, es decir, la red funcionara bien si los datos que se le suministren fueron tomados dentro de esta zona, esto debido a que cada lugar tiene sus propias características y por tanto sus respuestas de



los parámetros medidos serán parecidos y es precisamente en este aspecto que se apoya una red neuronal para dar solución a problemas de predicción de datos.

- La confiabilidad de la predicción de una red neuronal para este tipo de problemas está en función de tres aspectos importantes:
  - El número de pozos que servirán como patrones de entrenamiento.
  - La calidad de los datos adquiridos o registrados.
  - La resolución de la herramienta que fue utilizada para el registro.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar el mismo tipo de estudio en otro campo con el objeto de verificar la confiabilidad de la predicción ya que se podrían tomar en cuenta nuevas configuraciones que no se incluyeron en este trabajo.
- Ampliar el estudio para que contemple otras litologías que puedan albergar petróleo principalmente a calizas fracturadas.
- Estudiar la aplicación de este método para campos gasíferos (por ejemplo, el Campo Amistad) y comparar los resultados con los aplicados a campos petrolíferos para determinar en donde funciona mejor el modelo.
- En dependencia de la cantidad y calidad de datos, elaborar una red neuronal que con patrones de entrenamiento de pozos completos para la construcción de perfiles completos de resistividad.
- Aplicar el principio de las redes neuronales para la obtención de perfiles de otros parámetros petrofísicos de las formaciones atravesadas durante la perforación.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

1. Aspden J. y Litherland M. (1992). The Geology and Mesozoic Collisional History of the Cordillera Real, Ecuador. Tectonophysics, Vol 205, 187-204. Ecuador.
2. Azzouz, A. (2008). Drilling and Mud Logging: Chromatographic Analysis, 16-19. Francia.
3. Baby, P., Rivadeneira, M., Barragán, R. (2004). La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo. (1era edición). Quito: (Ed.) Editores Científicos.
4. Baldock, J. W. (1982). Geology of Ecuador. Explanatory bulletin of the national geological map of the Republic of Ecuador. DGGM. Ecuador.
5. Christophoul, F., Baby, P. y Dávila, C. (2002). Stratigraphic responses to a major tectonic event in a foreland basin: The Ecuadorian Oriente Basin from Eocene to Oligocene times, 281 – 298. Ecuador.
6. Dashwood M. & Abbots I. (1990). Aspects of the Petroleum Geology of the Oriente Basin, Ecuador. En J. Brooks, eds., Classic Petroleum Provinces, 89 – 117. Inglaterra.
7. Díaz M. (2004). El Pre-Aptense en la Cuenca Oriente Ecuatoriana. Revista la Cuenca Oriente Geología y Petróleo, 295. Ecuador.
8. Eguez A. y Aspden J, (1993). The Meso-Cenozoic Evolution of the Ecuadorian Andes. Ext. Abstract, 179-181. Inglaterra.
9. Faucher B. y Savoyat E. (1973). Esquisse Géologique des Andes de L'équateur. Revue de géographie physique et de géologie dynamique, 115-142. Francia.

10. García M. (2005). Diseño de un programa para discriminar litologías en registros de pozo usando redes neuronales. Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero geofísico, Universidad Simón Bolívar, Venezuela.
11. Hawker, D. (1997). Hydrocarbon Evaluation and Interpretation: Chromatographic Analysis, 155-181. Alberta-Canadá.
12. Haykin, S. (1999). Neural Networks: A comprehensive foundation. Segunda Edición, New Jersey, USA.
13. Hunt, J. M. (1996). Petroleum geochemistry and geology. (2da edición). EE UU.
14. Jaillard, E. (1997). Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretácico y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador. Informe final del convenio Orstrom – Petroproducción. Ecuador.
15. Mariño, G., Sierra, R. Tipos de Gases y Cromatografía, presentación Power Point. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
16. PDVSA, (2005). Manual de Geología de Pozo, 33-42. Venezuela.
17. Pugner, S. (2011). SPE Conference: The development of mud gas logging systems and their role in hydrocarbon exploration. Budapest.
18. Rotenco, Módulo 7: Cromatografía de Gases, presentación Power Point.
19. Rivadeneira, M. y Baby, P. (1999). Los Principales Campos de Petroproducción: Estilo Tectónico, Etapas de Deformación y Características Geológicas. Ecuador.
20. Rivadeneira, M. (Junio 1999). Sistemas y “Plays” Petroleros de la Cuenca Oriente. Informe de avance, Petroproducción. Ecuador.

21. Romeuf, N., Aguirre, L., Soler, P., Féraud, G., Jaillard, E. y Ruffet, G. (1995). Middle Jurassic volcanism in the Northern and Central Andes. *Revista Geológica de Chile*, 245 – 259. Chile.
22. Tschopp, H. J. (1953). Oil explorations in the Oriente of Ecuador, 1938 – 1950. *The American Association of Petroleum Geologists bulletin*. (Volumen 37), 2303 – 2347. Ecuador.
23. Valdez, A. (1997). Reinterpretación Sedimentológica – Estratigráfica de la Formación Tiyuyacu y su relación con la Tectónica del Terciario inferior. Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero geólogo, Universidad Central del Ecuador, Quito.
24. White H. (1995). Reservoir Characterization of the Hollin and Napo Formations, Western Oriente Basin, Ecuador. *AAPG Memoir* 62, 573-596.
25. Yandún, L. (2007). Correlación entre la Geoquímica de Superficie y la Cromatografía de Gases de los Pozos Perforados en los Campos Sacha y Sansahuari. Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniera geóloga, Universidad Central del Ecuador, Quito.

## WEBGRAFÍA

1. Montoya, A. Manual de Geología de Pozo. Tomado de internet: 06-02-2012.
2. Goservices, General Presentation 2010. Tomado de internet: 24-03-2012.
3. <http://www.slb.com/services/geoservices/about.aspx>. Fecha de acceso: 24-03-2012.
4. Bisbé, E. Curso Básico de Evaluación de Formaciones para Operadores de Perforación y Producción. Fecha de acceso: 03-05-2012.
5. Historia de los Registros Eléctricos. Fecha de acceso: 02-07-2012.
6. Registros de Resistividad, presentación Power Point. Fecha de acceso: 02-07-2012.

## ANEXOS

### ANEXO A: CRONOGRAMA TENTATIVO DE ACTIVIDADES

Mes	Mayo				Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
	07	14	21	28						
Actividades										
1. Revisión bibliográfica	x	x								
2. Definición del problema	x	x								
3. Marco Teórico		x	x							
4. Metodología			x							
5. Entrega del proyecto				x						
6. Desarrollo del proyecto e informe final					x	x	x	x	x	x

## ANEXO B: PRESUPUESTO

Concepto	Gasto en \$
1. Libros	50
2. Papel	30
3. Copias	50
4. Impresiones	50
5. Movilización	150
6. Empastados	50
7. Derechos de Grado	400
TOTAL	780

## ANEXO C: GLOSARIO

**Alcanos:** Hidrocarburos que tienen solo átomos de carbono e hidrógeno. La fórmula general para alcanos alifáticos (de cadena lineal) es  $C_nH_{2n+2}$ , y para cicloalcanos es  $C_nH_{2n}$ . También reciben el nombre de hidrocarburos saturados.

**Algoritmo:** es un conjunto preescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad.

**Bitumen:** Producto semi-sólido extremadamente pesado de la refinación del petróleo, compuesto de hidrocarburos pesados utilizado para construcción de caminos y para impermeabilización de techos.

**Campo petrolífero:** Zona con abundancia de pozos de los que se extrae petróleo del subsuelo. Debido a que las formaciones subterráneas que contienen petróleo (yacimientos petrolíferos) pueden extenderse sobre grandes zonas, a veces de varios cientos de kilómetros cuadrados.

**Conductividad:** Medida de la capacidad de un material de dejar pasar la corriente eléctrica, su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas.

**Cromatografía:** Método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, la cual tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia y la física.

**Gas:** Estado de agregación de la materia que bajo ciertas condiciones de temperatura y presión permanece en estado gaseoso.

**Generalización:** Proceso que implica la extensión o propagación de algo, ya sea algo positivo o en su defecto algo negativo.

**Hidrocarburos:** Son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno. Pueden encontrarse en subsuelo y en estado sólido, líquido o gaseoso.

**Influjos de gas:** Referente a la influencia del gas en los reservorios, permitiendo a través de su energía un empuje para producción de fluidos cuando los yacimientos son sometidos a producción.

**Kerógeno:** Fracción orgánica contenida en las rocas sedimentarias que es insoluble en disolventes orgánicos. Bajo condiciones de presión y temperatura, el kerógeno empieza a ser inestable y se



produce reagrupamiento en su estructura con objeto de mantener el equilibrio termodinámico precediendo a la generación de hidrocarburos.

**Litología:** Rama de la geología que trata de las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.

**LWD:** Logging while drilling. Registro mientras se perfora, se refiere a las mediciones de los parámetros petrofísicos cuya herramienta es parte del BHA (bottom hole assembly).

**Mud logging:** Registro de lodo de perforación. Técnica que registra información relacionada con la perforación, compilada por la cuadrilla de mud logging, es primero registrada en hojas de datos y ploteada en un log especial, denominado masterlog, donde se encuentra consignada toda la información registrada.

**Orógeno:** Producto de la formación o rejuvenecimiento de montañas y cordilleras causada por la deformación compresiva de regiones más o menos extensas de litosfera continental.

**Pesos sinápticos:** Valores numéricos, se expresan en términos numéricos sencillos (generalmente números enteros o fraccionarios negativos o positivos) con los que “se ponderan” las señales que reciben por dicha sinapsis.

**Rata de penetración:** Velocidad de avance de la perforación.

**Reología:** Parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir.

**Reservorio:** Yacimiento petrolífero o acumulación de hidrocarburos rentables económicamente.

**Resistividad:** Resistencia eléctrica específica de un material. Se designa por la letra griega rho minúscula ( $\rho$ ) y se mide en ohmios por metro ( $\Omega \cdot m$ ). Su valor describe el comportamiento de un material frente al paso de corriente eléctrica, por lo que da una idea de lo buen o mal conductor que es.

**Red Neuronal:** Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora para producir un estímulo de salida. En inteligencia artificial es frecuente referirse a ellas como *redes de neuronas* o *redes neuronales*.

**Ripios de perforación:** Fragmentos de roca que son cortados por la broca de un taladro de perforación de pozos, bien sea pozos de agua o pozos de exploración y producción de hidrocarburos. Los ripios suelen estar constituidos por rocas sedimentarias como arenisca, arcillolita o rocas carbonáticas como la caliza.

**Shaker:** Dispositivo empleado para la separación mecánica de sólidos del fluido de perforación. Zarandas.

**Shows:** Manifestaciones de hidrocarburos en pozo.

**Wireline logs:** Registros continuos a hueco abierto de las propiedades de la formación cuya herramienta necesita una fuente eléctrica.



## ANEXO E: DATOS DE ENTRADA POR POZO (“U” INFERIOR)

POZO 1			POZO 2			POZO 3			POZO 4		
DEPTH	RD	TG	DEPTH	RD	TG	DEPTH	RD	TG	DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm	ft	ohm.m	ppm	ft	ohm.m	ppm	ft	ohm.m	ppm
8385	31.900	94554	7475	11.973	122491	7250	9.837	27686	7585	4.067	47562
8386	17.426	112972	7476	13.823	122491	7251	7.623	26285	7586	4.026	47164
8387	17.338	118695	7477	14.591	180496	7252	4.903	25518	7587	4.302	48075
8388	33.285	112166	7478	14.199	203136	7253	4.130	23308	7588	5.527	48005
8389	40.198	112166	7479	21.990	216754	7254	4.506	22899	7589	8.312	46579
8390	11.348	112972	7480	18.973	230687	7255	5.874	44147	7590	8.005	43940
8391	10.568	112972	7481	13.037	242261	7256	8.482	123463	7591	14.763	41467
8392	11.989	112972	7482	13.358	249927	7257	8.306	190021	7592	35.923	49334
8393	11.210	125572	7483	12.745	261205	7258	10.395	230847	7593	72.442	172987
8394	9.376	125944	7484	10.692	290803	7259	18.727	243254	7594	70.354	187515
8395	13.749	125572	7485	9.363	306436	7260	57.580	242535	7595	31.079	187907
8396	39.496	112972	7486	8.355	311957	7261	123.168	228587	7596	17.179	183873
8397	41.220	115515	7487	7.244	312320	7262	144.577	206163	7597	13.627	177530
8398	42.475	115515	7488	6.545	308326	7263	89.115	185022	7598	12.727	170668
8399	33.831	94119	7489	5.975	296408	7264	65.443	165807	7599	12.755	158459
8400	12.143	67521	7490	5.920	277809	7265	37.081	161235	7600	11.654	146369
8401	6.043	54112	7491	5.453	255218	7266	23.728	181328	7601	11.255	145406
8402	7.219	63210	7492	6.068	229388	7267	30.229	237581	7602	9.146	145460
8403	7.193	120724	7493	7.522	210452	7268	53.942	292572	7603	8.092	140604
8404	7.806	177374	7494	9.920	193666	7269	36.299	329698	7604	8.933	135140
8405	13.240	221266	7495	21.940	176029	7270	24.816	353870	7605	7.895	133121
8406	24.422	243680	7496	29.752	163567	7271	16.679	364560	7606	6.101	139978
8407	36.806	254927	7497	13.742	181351	7272	11.148	364160	7607	6.135	155519
8408	49.496	262914	7498	7.616	218650	7273	14.393	355169	7608	6.260	152323
8409	61.352	287006	7499	6.360	241586	7274	19.786	324351	7609	6.800	155110
8410	70.468	305201	7500	7.940	249788	7275	23.152	288143	7610	8.097	275005
8411	77.161	305973	7501	8.941	251357	7276	26.312	250742	7611	12.323	326897
8412	75.039	297792	7502	8.540	249194	7277	48.422	206423	7612	28.157	336511
8413	60.138	264704	7503	8.446	242603	7278	86.912	172278	7613	31.831	334772
8414	136.218	221891	7504	8.064	239139	7279	114.862	151363	7614	34.935	334772
8415	272.342	180945	7505	10.494	241397	7280	101.186	151363	7615	36.717	331196
8416	156.818	133157	7506	23.446	245379	7281	635.003	208098	7616	34.541	331196
8417	130.657	195637	7507	72.327	249292	7282	942.335	209664	7617	38.178	349009
8418	118.601	237404	7508	133.271	248752	7283	234.940	209340	7618	53.755	363989
8419	116.367	351217	7509	130.919	242856	7284	520.682	212053	7619	41.314	395335
8420	159.415	380840	7510	75.506	234755	7285	531.658	215575	7620	30.266	412450
8421	218.072	422988	7511	40.998	227520	7286	445.085	221230	7621	27.311	419217
8422	182.956	464347	7512	39.162	219435	7287	107.540	225673	7622	32.032	433804
8423	116.139	500878	7513	40.457	210591	7288	80.562	226804	7623	37.357	461315
8424	92.307	534675	7514	37.134	203527	7289	156.339	225135	7624	53.022	493928
8425	76.568	557789	7515	22.408	197667	7290	83.412	219408	7625	61.698	540781
8426	73.772	569945	7516	11.709	189644	7291	61.459	203803	7626	55.631	581689
8427	80.948	581933	7517	7.424	174965	7292	50.190	190549	7627	62.598	601532
8428	172.723	609483	7518	6.204	162088	7293	41.345	189967	7628	101.423	608702
8429	130.640	609588	7519	5.375	151646	7294	43.200	202651	7629	187.572	618044
8430	346.044	607789	7520	4.334	139382	7295	66.557	226675	7630	159.084	622075
8431	145.318	581392	7521	3.783	128512	7296	67.307	233359	7631	278.689	622738
8432	117.947	541873	7522	3.772	119263	7297	39.133	232940	7632	322.222	607317
8433	106.670	490836	7523	3.768	109675	7298	46.199	223320	7633	465.149	606798
8434	100.353	433738	7524	3.614	104277	7299	50.513	211389	7634	230.067	595522
8435	138.351	365926	7525	3.442	102238	7300	31.342	203111	7635	219.936	578417
8436	84.536	262368	7526	3.075	101984	7301	26.143	202117	7636	191.068	567555
8437	75.626	168468	7527	2.890	97893	7302	45.416	199181	7637	153.120	559229
8438	35.782	120838	7528	2.760	89694	7303	49.482	187204	7638	149.336	564099
8439	26.769	106993	7529	2.747	81322	7304	46.415	171558	7639	53.495	581637
8440	22.731	101519	7530	2.799	74795	7305	75.571	148762	7640	31.680	582698
8441	17.472	85360	7531	2.759	74795	7306	38.055	133182	7641	29.324	580019
8442	9.332	73048	7532	2.722	68799	7307	22.280	125312	7642	49.948	570722
8443	7.881	67792	7533	2.690	67685	7308	15.898	119917	7643	72.916	558143
8444	5.369	63538	7534	2.925	63663	7309	13.463	115102	7644	54.483	542207
8445	5.642	62399	7535	4.549	71688	7310	12.955	101614	7645	42.431	521268
8446	6.843	59582	7536	9.948	76636	7311	11.617	85567	7646	12.165	483132
8447	8.280	55881	7537	12.655	80961	7312	8.203	70529	7647	6.022	454144
8448	8.615	52319	7538	11.133	50473	7313	5.478	55191	7648	4.245	412411
8449	8.246	52297	7539	7.872	40146	7314	4.645	55191	7649	3.852	371039
8450	7.507	49160	7540	4.837	42816	7315	4.630	48281	7650	3.882	331768
8451	7.326	50150	7541	4.291	43297	7316	4.573	45525	7651	3.811	310717
8452	5.430	59380	7542	4.584	43297	7317	3.342	42763	7652	3.483	275141
8453	4.795	64845	7543	4.254	42891	7318	2.433	44959	7653	3.168	219472
8454	4.821	65028	7544	3.642	42161	7319	2.340	49608	7654	2.869	190264
8455	5.168	63547	7545	3.615	41187	7320	2.465	66478	7655	2.683	190264
8456	4.985	60810	7546	3.065	40689	7321	2.513	70531	7656	3.023	161882
8457	5.868	51162	7547	2.710	40613	7322	2.399	70711	7657	3.234	161882
8458	6.088	48800	7548	2.522	39935	7323	2.914	69082	7658	3.275	178931
8459	3.778	49436	7549	2.421	39630	7324	3.656	62598	7659	3.079	181894
8460	3.230	49819	7550	2.355	39347	7325	4.195	48093	7660	3.079	178219
8461	3.337	53567	7551	2.441	39010	7326	3.325	38422	7661	3.031	167804
8462	3.435	53180	7552	2.414	38731	7327	2.886	38422	7662	2.890	155686
8463	3.360	51618	7553	2.198	37986	7328	2.752	45266	7663	2.421	140370
8464	3.362	51519	7554	2.160	37822	7329	2.807	46881	7664	2.474	112076
8465	3.405	51216	7555	2.201	37454	7330	3.018	47634	7665	2.412	80074

POZO 5		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7895	7.495	27063
7896	8.834	40771
7897	10.129	42026
7898	15.489	38987
7899	24.197	34380
7900	47.045	103702
7901	105.269	144541
7902	114.495	173164
7903	116.571	181970
7904	96.296	183669
7905	37.237	131867
7906	21.437	45441
7907	21.198	45760
7908	25.540	60958
7909	38.214	60958
7910	28.207	47669
7911	21.821	37931
7912	22.764	37592
7913	17.516	88364
7914	13.704	118268
7915	13.275	147661
7916	12.752	155921
7917	10.170	155682
7918	7.612	106661
7919	7.520	62004
7920	10.226	108553
7921	23.134	122989
7922	55.425	126474
7923	96.394	125603
7924	147.152	127818
7925	395.909	125833
7926	308.279	106299
7927	112.730	120443
7928	79.375	106655
7929	91.932	69559
7930	112.365	74046
7931	163.544	109179
7932	150.090	119953
7933	178.127	119953
7934	185.859	94546
7935	330.395	93771
7936	417.533	93771
7937	245.101	93771
7938	317.485	103631
7939	409.946	103639
7940	267.779	193753
7941	329.357	147435
7942	308.014	137440
7943	207.265	131948
7944	179.128	127747
7945	167.898	129390
7946	272.954	133210
7947	235.304	133212
7948	176.207	129157
7949	187.382	87208
7950	152.493	58483
7951	102.084	49865
7952	97.799	35316
7953	59.859	35316
7954	42.306	36399
7955	31.430	36399
7956	21.018	35316
7957	19.880	36399
7958	20.512	36399
7959	15.427	22899
7960	10.848	20668
7961	7.604	20193
7962	5.479	20289
7963	4.017	19341
7964	3.367	21832
7965	3.139	21655
7966	2.940	22725
7967	2.882	22725
7968	2.881	25766
7969	2.876	29522
7970	2.934	33824
7971	2.923	34118
7972	2.947	30640
7973	2.949	30640
7974	2.980	25560
7975	3.196	28384

POZO 6		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7582	17.050	102381
7583	24.103	104390
7584	19.086	107324
7585	10.842	109953
7586	8.430	116621
7587	10.058	120695
7588	10.404	121028
7589	9.908	119677
7590	8.927	104929
7591	7.957	93268
7592	5.559	83888
7593	5.525	71783
7594	6.027	66597
7595	5.068	71582
7596	5.580	85383
7597	8.161	131122
7598	28.086	211552
7599	97.640	297358
7600	122.624	297358
7601	173.833	331450
7602	154.372	343744
7603	103.708	367541
7604	147.522	377559
7605	140.971	397461
7606	115.636	412701
7607	56.892	422710
7608	151.656	424388
7609	130.505	422586
7610	73.604	406579
7611	24.263	395570
7612	20.349	370093
7613	62.646	341443
7614	110.028	340665
7615	192.458	340564
7616	216.996	333082
7617	175.764	313354
7618	120.760	300794
7619	135.306	279966
7620	94.038	254943
7621	60.201	226679
7622	52.658	159180
7623	38.319	125806
7624	25.233	125531
7625	18.505	117365
7626	16.483	99839
7627	17.274	86017
7628	16.536	83794
7629	9.327	85490
7630	6.660	85041
7631	5.652	82879
7632	4.204	79811
7633	3.151	76605
7634	2.723	74294
7635	2.685	73975
7636	2.668	73981
7637	2.666	74089
7638	2.508	74028
7639	2.695	73857
7640	3.046	74019
7641	2.731	73699
7642	2.874	72985
7643	3.497	72142
7644	3.865	72033
7645	3.630	71908
7646	3.118	72692
7647	3.280	74779
7648	3.568	76921
7649	3.287	77322
7650	3.261	77168
7651	3.393	75302
7652	3.087	70804
7653	2.777	64508
7654	2.651	59208
7655	2.404	56410
7656	2.476	54061
7657	2.465	52203
7658	2.150	50964
7659	2.606	50017
7660	3.974	48639
7661	4.979	46748
7662	6.008	45674

POZO 7		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
8538	8.404	156640
8539	11.022	164892
8540	10.505	182282
8541	19.862	205351
8542	29.258	227306
8543	28.260	232880
8544	34.209	256275
8545	42.155	256744
8546	43.300	253188
8547	41.181	232228
8548	33.609	253719
8549	32.236	260325
8550	26.986	257964
8551	28.125	243664
8552	26.695	200291
8553	25.594	170094
8554	14.793	150939
8555	9.717	150939
8556	10.080	150939
8557	13.942	178606
8558	36.012	178606
8559	33.718	179463
8560	27.198	176358
8561	21.341	155601
8562	14.535	155601
8563	16.596	230574
8564	31.904	230574
8565	35.960	329175
8566	83.369	436454
8567	47.734	496747
8568	102.433	541665
8569	123.418	601489
8570	106.802	629895
8571	93.707	654098
8572	102.327	679236
8573	99.800	687402
8574	100.717	652490
8575	83.206	647666
8576	46.463	635785
8577	41.240	611316
8578	15.694	569291
8579	8.217	533191
8580	6.361	495361
8581	5.780	454539
8582	5.062	423878
8583	4.584	384324
8584	4.633	356569
8585	4.648	311637
8586	4.137	283456
8587	3.828	256874
8588	3.634	231181
8589	3.207	211057
8590	3.200	189307
8591	3.381	169419
8592	3.219	154430
8593	3.120	137059
8594	3.304	118452
8595	3.313	112547
8596	3.381	112547
8597	3.277	99058
8598	3.136	95999
8599	3.138	92397
8600	3.162	87816
8601	3.235	83283
8602	3.071	51374
8603	3.072	55504
8604	3.048	58026
8605	3.056	59476
8606	3.338	61603
8607	4.025	63157
8608	4.304	67591
8609	3.514	71728
8610	2.882	76761
8611	3.192	79705
8612	3.580	80872
8613	3.429	80906
8614	3.190	80906
8615	3.267	80207
8616	3.472	83271
8617	3.259	96667
8618	3.061	96667

POZO 8		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7984	9.859	47259
7985	10.873	47200
7986	12.238	43984
7987	7.876	37312
7988	6.292	30684
7989	6.237	26607
7990	6.290	22982
7991	6.552	21983
7992	7.482	22011
7993	8.022	27865
7994	11.895	48924
7995	15.821	71020
7996	24.981	84421
7997	45.457	133217
7998	55.117	154477
7999	57.884	154477
8000	40.806	157425
8001	40.089	157425
8002	25.370	150066
8003	23.096	34031
8004	23.261	29172
8005	24.479	28056
8006	39.123	28056
8007	42.760	28056
8008	28.983	28495
8009	24.453	28846
8010	27.974	29172
8011	30.876	100739
8012	31.657	100739
8013	38.722	121872
8014	65.840	121872
8015	93.466	140442
8016	57.089	140442
8017	49.419	152942
8018	35.156	157950
8019	41.301	158560
8020	15.685	158396
8021	8.871	155368
8022	5.367	147960
8023	4.260	138741
8024	3.896	125841
8025	3.762	112412
8026	3.831	103604
8027	3.253	91326
8028	3.224	83199
8029	3.793	79532
8030	4.859	75672
8031	4.339	70253
8032	3.222	61254
8033	2.444	58558
8034	2.543	56106
8035	2.937	56106
8036	2.947	56106
8037	2.924	50509
8038	2.788	50509
8039	2.462	50509
8040	2.588	33188
8041	3.499	33188
8042	3.614	34398
8043	3.059	35291
8044	3.310	35300
8045	3.435	34674
8046	2.978	32525
8047	2.284	30784
8048	2.276	29352
8049	2.292	27689
8050	2.329	26606
8051	2.481	25181
8052	2.761	17329
8053	2.983	16882
8054	3.025	16809
8055	3.013	16842
8056	2.811	16881
8057	2.657	17022
8058	2.543	17228
8059	2.577	17358
8060	2.668	17592
8061	2.825	17835
8062	2.602	17963
8063	2.376	18125
8064	2.439	18248

POZO 9		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7475	8.219	62089.000
7476	5.943	72927.000
7477	5.695	80274.000
7478	5.382	80283.000
7479	5.971	68108.000
7480	6.444	61494.000
7481	6.526	60882.000
7482	6.568	67026.000
7483	7.606	75777.000
7484	5.677	76769.000
7485	4.991	76758.000
7486	3.485	73024.000
7487	2.949	65461.000
7488	2.885	56784.000
7489	2.778	57209.000
7490	2.800	57275.000
7491	2.806	57045.000
7492	2.812	55785.000
7493	3.348	54910.000
7494	3.911	54654.000
7495	3.473	54805.000
7496	3.127	54829.000
7497	3.298	55006.000
7498	3.356	55244.000
7499	2.886	55531.000
7500	2.858	56313.000
7501	2.720	57609.000
7502	2.939	60338.000
7503	4.049	61945.000
7504	2.809	63121.000
7505	2.583	63880.000
7506	2.590	64400.000
7507	2.902	64405.000
7508	2.851	63896.000
7509	2.372	62566.000
7510	2.328	60727.000
7511	2.903	59376.000
7512	2.991	58585.000
7513	4.982	58014.000
7514	5.615	58858.000
7515	4.303	59636.000
7516	2.744	64389.000
7517	2.640	70127.000
7518	2.974	71403.000
7519	3.164	65843.000
7520	2.966	57250.000
7521	2.495	68155.000
7522	2.503	63316.000
7523	2.722	57132.000
7524	2.600	51474.000
7525	2.613	46886.000
7526	2.579	43877.000
7527	2.630	42346.000
7528	2.574	40259.000
7529	2.517	35662.000
7530	2.350	35662.000
7531	2.251	23462.000
7532	2.994	41280.000
7533	5.664	41473.000
7534	8.136	41164.000
7535	11.631	40516.000
7536	15.020	39642.000
7537	9.840	39424.000
7538	3.905	39211.000
7539	2.677	38232.000
7540	2.397	36955.000
7541	2.234	36032.000
7542	2.234	35607.000
7543	2.478	35207.000
7544	3.423	34902.000
7545	4.101	34545.000
7546	2.586	34016.000
7547	2.309	33666.000
7548	2.707	33901.000
7549	2.721	35520.000
7550	2.840	34132.000
7551	3.605	33681.000
7552	3.857	32609.000
7553	3.596	31420.000
7554	3.476	31029.000
7555	3.045	30844.000

POZO 10		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7570	3.493	50889
7571	4.662	48405
7572	4.728	48405
7573	5.848	41064
7574	5.012	38427
7575	4.839	27313
7576	5.149	26123
7577	4.491	28414
7578	4.546	25624
7579	4.784	25774
7580	5.845	26012
7581	7.774	32239
7582	11.622	57644
7583	35.675	58022
7584	55.063	58064
7585	113.814	51963
7586	144.299	62832
7587	204.264	67803
7588	203.588	78889
7589	339.539	81815
7590	266.199	67592
7591	167.147	77623
7592	142.923	81832
7593	105.477	85228
7594	91.343	91967
7595	63.000	99165
7596	58.557	100814
7597	33.430	97341
7598	12.504	86374
7599	7.318	75456
7600	3.500	61172
7601	2.796	53113
7602	2.530	49538
7603	2.576	47222
7604	2.320	44076
7605	2.396	38832
7606	2.447	34719
7607	2.295	32397
7608	2.160	29661
7609	2.616	28502
7610	2.992	27700
7611	2.517	27502
7612	2.539	27811
7613	2.581	27795
7614	2.549	27310
7615	2.446	32976
7616	2.439	32954
7617	3.000	26022
7618	3.386	25625
7619	3.906	24751
7620	5.041	25553
7621	3.277	27183
7622	3.156	29015
7623	3.337	30724
7624	3.173	30884
7625	3.344	29863
7626	3.426	27240
7627	3.277	26909
7628	3.458	25335
7629	3.832	22563
7630	2.449	19655
7631	2.195	19030
7632	2.194	19810
7633	2.306	17162
7634	2.556	17316
7635	2.656	17259
7636	2.489	16794
7637	2.385	16364
7638	2.329	16482
7639	2.381	16478
7640	2.203	16419
7641	2.256	16118
7642	2.229	15608
7643	2.169	15284
7644	2.398	15309
7645	3.960	14946
7646	6.088	14530
7647	5.593	17133
7648	3.411	17975
7649	2.311	18200
7650	2.294	18191

POZO 11		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7585	6.735	174147.000
7586	7.411	204200.000
7587	16.149	240468.000
7588	22.055	269759.000
7589	40.587	290393.000
7590	44.326	302067.000
7591	31.935	306135.000
7592	17.321	309073.000
7593	10.252	316095.000
7594	12.245	322066.000
7595	20.015	327552.000
7596	29.079	335550.000
7597	30.676	350996.000
7598	22.369	365333.000
7599	17.879	392451.000
7600	14.359	410766.000
7601	12.833	422381.000
7602	11.498	431052.000
7603	9.547	449917.000
7604	9.366	441988.000
7605	11.819	441204.000
7606	27.356	447866.000
7607	27.193	461990.000
7608	68.564	470006.000
7609	83.096	473785.000
7610	104.433	482437.000
7611	150.579	497003.000
7612	99.439	503932.000
7613	66.220	513652.000
7614	67.755	517884.000
7615	86.970	517884.000
7616	103.217	517884.000
7617	86.379	506062.000
7618	71.280	497980.000
7619	93.778	483375.000
7620	136.357	470086.000
7621	99.461	464364.000
7622	93.982	457333.000
7623	134.342	443728.000
7624	146.125	415860.000
7625	135.677	387526.000
7626	80.028	343345.000
7627	54.039	319141.000
7628	35.535	296737.000
7629	27.167	274824.000
7630	14.752	220786.000
7631	8.027	174987.000
7632	5.128	148377.000
7633	4.054	145908.000
7634	3.416	106659.000
7635	3.913	105547.000
7636	3.909	106031.000
7637	3.755	103732.000
7638	3.096	99430.000
7639	2.811	95852.000
7640	3.110	93048.000
7641	3.254	89287.000
7642	3.191	72414.000
7643	3.309	72414.000
7644	4.413	74369.000
7645	6.365	74369.000
7646	5.778	75417.000
7647	4.310	75417.000
7648	2.925	75092.000
7649	2.631	74369.000
7650	2.702	74304.000
7651	2.451	73870.000
7652	2.377	72902.000
7653	2.410	70039.000
7654	2.545	70069.000
7655	2.783	71459.000
7656	2.824	72724.000
7657	2.930	72893.000
7658	3.691	72837.000
7659	4.586	71944.000
7660	5.302	70558.000
7661	6.668	69450.000
7662	6.213	70614.000
7663	4.751	71046.000
7664	3.588	70785.000
7665	2.809	68747.000

POZO 12		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7327	9.730	524775
7328	10.292	524775
7329	22.977	598321
7330	29.143	617661
7331	39.759	640542
7332	90.552	650569
7333	111.560	656956
7334	171.881	656956
7335	277.738	666483
7336	286.390	668246
7337	354.055	667844
7338	432.038	672425
7339	499.257	672994
7340	526.694	669870
7341	398.583	669870
7342	237.622	667374
7343	272.308	668924
7344	488.291	663729
7345	555.867	663865
7346	340.012	659724
7347	317.175	657232
7348	159.039	650917
7349	134.964	646918
7350	177.723	640797
7351	58.743	638803
7352	46.850	634034
7353	72.620	632137
7354	94.315	623806
7355	92.098	616979
7356	79.144	604553
7357	84.158	593619
7358	82.657	573122
7359	52.239	552434
7360	32.513	491032
7361	16.777	418201
7362	12.919	426924
7363	8.247	346467
7364	4.825	317852
7365	3.507	300571
7366	3.742	276161
7367	4.407	260526
7368	3.635	244730
7369	3.419	231982
7370	3.557	218034
7371	3.432	196992
7372	3.384	186299
7373	3.613	178822
7374	3.944	171441
7375	2.952	168155
7376	2.301	49930
7377	2.544	55211
7378	2.836	62593
7379	2.699	69102
7380	2.764	72130
7381	2.515	77384
7382	2.282	80448
7383	2.291	84677
7384	2.418	86791
7385	3.039	90812
7386	3.105	92085
7387	2.628	92356
7388	2.494	91146
7389	2.709	88594
7390	2.502	87865
7391	2.664	88578
7392	2.334	90026
7393	2.391	92315
7394	2.680	94914
7395	2.975	98875
7396	2.790	101548
7397	2.760	104077
7398	2.898	104450
7399	3.087	104264
7400	3.219	102020
7401	3.124	93408
7402	2.689	81661
7403	2.441	73543
7404	2.544	61535
7405	2.525	56124
7406	2.296	47494
7407	2.459	45244

POZO 13		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
9510	10.800	74063
9511	17.829	82796
9512	17.829	94909
9513	23.237	104430
9514	37.437	103162
9515	50.966	103162
9516	52.232	103162
9517	54.729	103162
9518	60.412	104430
9519	59.341	102939
9520	56.891	123055
9521	73.442	123055
9522	66.089	148613
9523	107.727	173452
9524	90.844	200494
9525	97.047	201940
9526	126.645	199068
9527	133.831	189791
9528	144.582	187178
9529	137.830	196054
9530	138.819	205546
9531	137.090	213580
9532	125.032	214044
9533	58.158	210481
9534	42.035	197414
9535	78.636	195398
9536	82.910	200050
9537	75.086	208328
9538	55.598	217370
9539	43.212	111937
9540	58.236	122350
9541	58.751	142224
9542	51.787	162888
9543	56.462	181574
9544	51.133	194838
9545	58.700	207938
9546	40.407	212919
9547	30.108	212709
9548	17.135	201458
9549	13.336	183691
9550	5.128	151216
9551	5.775	42703
9552	13.609	44575
9553	14.104	43364
9554	13.103	51022
9555	10.755	50839
9556	8.992	48974
9557	7.077	42579
9558	5.068	51805
9559	4.715	62409
9560	3.123	66516
9561	3.085	68908
9562	3.948	69707
9563	4.083	69993
9564	3.529	68890
9565	4.203	66559
9566	3.873	60568
9567	4.023	60568
9568	4.348	55378
9569	5.329	49663
9570	4.977	46782
9571	5.748	44328
9572	6.480	44289
9573	6.461	46140
9574	5.797	48931
9575	4.649	53738
9576	4.068	54781
9577	3.869	22514
9578	3.910	24587
9579	3.696	24380
9580	3.507	19440
9581	3.837	19002
9582	4.161	26221
9583	5.106	28745
9584	4.139	32272
9585	3.733	34769
9586	3.297	35987
9587	3.604	36472
9588	3.847	36231
9589	3.433	12198
9590	3.100	10403

POZO 14		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
8820	120.730	188487
8821	98.430	208258
8822	76.140	218959
8823	53.840	231479
8824	53.840	252554
8825	67.730	264615
8826	81.620	283963
8827	85.490	302242
8828	88.780	306568
8829	93.770	306568
8830	92.360	313968
8831	90.950	322259
8832	89.530	330370
8833	97.290	321099
8834	105.060	327296
8835	112.820	329251
8836	82.780	335445
8837	171.040	335107
8838	256.660	338104
8839	179.140	332206
8840	207.770	309720
8841	236.410	269720
8842	247.600	249720
8843	255.600	208258
8844	263.590	178655
8845	271.590	177059
8846	254.820	178783
8847	173.050	183561
8848	110.800	188581
8849	173.600	191686
8850	236.410	195850
8851	204.520	199789
8852	179.140	207731
8853	175.210	213982
8854	160.380	216655
8855	148.890	220802
8856	96.510	224030
8857	85.490	223284
8858	61.340	220417
8859	37.190	217366
8860	20.390	205157
8861	16.180	201663
8862	17.750	193435
8863	15.740	180433
8864	13.740	171244
8865	11.730	161643
8866	9.730	152769
8867	6.650	143719
8868	6.290	138652
8869	5.940	124209
8870	5.580	112773
8871	5.220	106321
8872	4.860	99399
8873	4.180	91908
8874	5.090	86811
8875	4.040	84221
8876	3.860	82040
8877	3.690	80595
8878	3.530	78326
8879	3.360	75797
8880	3.240	73916
8881	3.230	71677
8882	3.210	70856
8883	3.210	69790
8884	3.360	68144
8885	3.520	67734
8886	3.010	67120
8887	3.520	66476
8888	3.880	65740
8889	4.230	64756
8890	4.430	63533
8891	4.150	61832
8892	3.860	59308
8893	3.690	56468
8894	3.520	53359
8895	3.500	24333
8896	3.470	29057
8897	3.270	33994
8898	3.060	34390
8899	3.210	34049
8900	3.210	33503

POZO 15		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7493	5.015	96470
7494	5.362	96877
7495	5.360	94419
7496	5.577	86702
7497	6.566	79987
7498	7.508	70996
7499	7.006	66544
7500	6.963	62028
7501	6.627	56499
7502	6.691	52965
7503	4.984	51345
7504	4.186	49773
7505	3.360	48935
7506	3.458	48597
7507	3.519	48576
7508	3.846	48962
7509	2.952	49007
7510	2.576	48905
7511	2.510	48817
7512	2.314	47992
7513	2.534	47614
7514	2.697	47398
7515	2.593	47152
7516	2.819	48829
7517	2.829	48827
7518	2.686	47130
7519	2.688	45152
7520	2.590	34646
7521	2.253	41912
7522	2.278	53403
7523	2.590	56148
7524	3.422	58660
7525	3.664	59589
7526	3.562	59730
7527	4.958	59130
7528	6.245	53453
7529	3.805	40509
7530	2.604	24810
7531	2.687	44197
7532	2.954	45012
7533	2.932	44825
7534	2.999	42762
7535	2.820	40716
7536	2.885	38981
7537	2.687	36662
7538	2.654	34410
7539	2.547	33093
7540	2.322	31371
7541	2.525	29896
7542	3.385	29018
7543	3.903	28484
7544	3.724	28104
7545	2.815	28329
7546	2.600	29565
7547	2.713	27224
7548	3.557	27145
7549	3.712	26929
7550	2.607	26466
7551	2.466	26190
7552	2.669	25795
7553	2.613	25624
7554	2.462	25532
7555	2.395	25421
7556	2.348	25221
7557	2.405	25121
7558	2.664	25125
7559	2.983	24922
7560	3.141	24908
7561	2.666	24691
7562	2.214	24408
7563	2.306	24086
7564	2.611	23763
7565	2.610	23971
7566	2.481	18002
7567	2.468	18814
7568	2.566	19548
7569	3.624	20479
7570	4.799	21099
7571	3.619	21691
7572	2.992	22063
7573	3.470	22890

# ANEXO F: DATOS DE ENTRADA POR POZO (“T” INFERIOR)

POZO 1			POZO 2			POZO 3			POZO 4		
DEPTH	RD	TG	DEPTH	RD	TG	DEPTH	RD	TG	DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm	ft	ohm.m	ppm	ft	ohm.m	ppm	ft	ohm.m	ppm
8675	15.480	69524	7685	7.762	38597	7500	12.690	103116	7825	10.017	43252
8676	14.966	85692	7686	8.922	38510	7501	13.054	92105	7826	12.091	38404
8677	13.843	101864	7687	11.471	38281	7502	11.025	76006	7827	11.870	34052
8678	17.477	114273	7688	12.289	38581	7503	9.659	63350	7828	11.825	31725
8679	17.569	119427	7689	12.042	39141	7504	10.228	56303	7829	11.467	30455
8680	26.226	119991	7690	12.010	41653	7505	11.997	61485	7830	11.097	29662
8681	36.293	118591	7691	11.138	47292	7506	14.268	84414	7831	11.039	29022
8682	33.390	119646	7692	10.535	88372	7507	18.131	116233	7832	9.440	32257
8683	44.798	125502	7693	9.761	108977	7508	19.802	128435	7833	8.367	27300
8684	40.900	132335	7694	9.603	130506	7509	20.475	132112	7834	7.775	27026
8685	19.398	135615	7695	11.862	151462	7510	20.325	119794	7835	8.725	26531
8686	26.914	135449	7696	17.116	164927	7511	28.721	119794	7836	11.356	26093
8687	58.713	132090	7697	38.083	174565	7512	39.231	151658	7837	13.311	26093
8688	42.817	130258	7698	56.160	183772	7513	75.069	151658	7838	25.201	26093
8689	36.017	134228	7699	60.027	190792	7514	91.733	167062	7839	54.372	159415
8690	31.659	142375	7700	53.403	201100	7515	51.263	171329	7840	81.406	163008
8691	27.819	156373	7701	39.390	208421	7516	54.880	171036	7841	66.516	164672
8692	25.246	156373	7702	24.152	225837	7517	71.392	165704	7842	54.656	166522
8693	18.846	164832	7703	25.135	236484	7518	61.798	158317	7843	30.498	169644
8694	34.150	163449	7704	30.734	250586	7519	58.083	152230	7844	20.551	171117
8695	40.341	154266	7705	57.896	263565	7520	39.012	147038	7845	18.226	171292
8696	39.530	140164	7706	97.869	281865	7521	29.130	126983	7846	26.916	169174
8697	33.114	130126	7707	112.643	295649	7522	28.835	126983	7847	32.947	169174
8698	41.125	122015	7708	137.536	307510	7523	36.535	134203	7848	43.991	154540
8699	45.467	99854	7709	115.172	317544	7524	37.993	134203	7849	37.389	145124
8700	17.896	81448	7710	126.281	320323	7525	51.789	148467	7850	29.089	135693
8701	13.967	73411	7711	122.968	319003	7526	71.054	157146	7851	25.413	130355
8702	11.158	33448	7712	140.151	299686	7527	95.960	161991	7852	24.215	138342
8703	17.622	59647	7713	118.614	299686	7528	197.228	168594	7853	28.821	148326
8704	25.277	82530	7714	78.805	281885	7529	481.927	169548	7854	66.958	156101
8705	21.193	108025	7715	84.743	281885	7530	233.555	163826	7855	74.226	159744
8706	16.793	128872	7716	94.724	219646	7531	111.498	148142	7856	67.499	156442
8707	18.291	159410	7717	85.026	200296	7532	124.850	133667	7857	66.954	153120
8708	28.843	187860	7718	103.628	190988	7533	68.879	115576	7858	57.783	149962
8709	47.384	228954	7719	154.563	185152	7534	28.691	98276	7859	62.357	150989
8710	54.491	240842	7720	299.031	189588	7535	21.141	76205	7860	81.801	152903
8711	65.880	244351	7721	199.102	202934	7536	17.068	61407	7861	126.200	159094
8712	49.028	241199	7722	138.969	203659	7537	16.593	49411	7862	102.576	183347
8713	83.991	265851	7723	151.588	201881	7538	21.337	45228	7863	130.525	206759
8714	176.482	297760	7724	117.249	166944	7539	27.321	42842	7864	130.061	222422
8715	153.238	333465	7725	52.518	166944	7540	39.516	40989	7865	49.418	227126
8716	105.140	370395	7726	42.885	123925	7541	27.887	37404	7866	62.103	226686
8717	119.841	380601	7727	34.406	128137	7542	21.105	39564	7867	45.972	229299
8718	226.880	378828	7728	28.760	128137	7543	22.776	40427	7868	32.759	211033
8719	137.781	375859	7729	36.110	133798	7544	25.857	40785	7869	37.003	192323
8720	120.987	370105	7730	57.842	133798	7545	24.122	40785	7870	50.127	182799
8721	148.614	344263	7731	82.317	144185	7546	25.577	47151	7871	50.487	185059
8722	127.540	305526	7732	91.142	144185	7547	29.478	66064	7872	51.347	222474
8723	101.976	260124	7733	69.587	153130	7548	34.329	89810	7873	108.629	248152
8724	184.801	236488	7734	59.923	164593	7549	43.208	100754	7874	202.495	294842
8725	151.550	206518	7735	51.154	173338	7550	93.853	104923	7875	219.896	318921
8726	81.378	182623	7736	63.226	185599	7551	30.514	108622	7876	229.589	320411
8727	30.948	166259	7737	83.916	190741	7552	264.201	108770	7877	101.849	320891
8728	18.759	149905	7738	124.282	193481	7553	317.377	106949	7878	139.836	313534
8729	21.212	131936	7739	116.878	193292	7554	68.434	104042	7879	122.068	297847
8730	23.887	114540	7740	74.022	191923	7555	46.951	101033	7880	98.813	280258
8731	24.488	98786	7741	61.839	186956	7556	49.938	100450	7881	154.933	252595
8732	23.698	84457	7742	76.091	176990	7557	44.812	100196	7882	143.244	210069
8733	24.067	73939	7743	98.847	166737	7558	64.914	96891	7883	180.113	164251
8734	32.685	65496	7744	97.030	159157	7559	80.756	94586	7884	200.772	149236
8735	19.539	59990	7745	46.471	150097	7560	144.141	92775	7885	182.959	125249
8736	18.211	58748	7746	24.871	124330	7561	94.521	88336	7886	203.647	114507
8737	19.177	55621	7747	22.714	114307	7562	68.590	82288	7887	182.635	105692
8738	17.331	53094	7748	23.432	110430	7563	86.688	75547	7888	135.246	95101
8739	18.158	51369	7749	22.952	116906	7564	102.085	69480	7889	66.648	64210
8740	18.198	50628	7750	23.608	131862	7565	53.564	57913	7890	47.663	42709
8741	21.184	49995	7751	29.688	139921	7566	39.896	47984	7891	28.855	47717
8742	25.702	49453	7752	64.957	143419	7567	39.840	44319	7892	21.129	49497
8743	44.329	49549	7753	97.413	143556	7568	28.618	22165	7893	21.062	51107
8744	71.703	49508	7754	88.574	141359	7569	42.061	32753	7894	21.821	51087
8745	43.258	49402	7755	92.079	132853	7570	39.721	32978	7895	20.722	35048
8746	52.596	54327	7756	40.473	123986	7571	26.681	32705	7896	21.024	39788
8747	62.864	52185	7757	31.185	113056	7572	24.215	32222	7897	22.100	40387
8748	44.888	48942	7758	22.789	102241	7573	23.922	31494	7898	22.350	40665
8749	45.740	47912	7759	22.933	73581	7574	15.630	30858	7899	20.172	40568
8750	45.768	47190	7760	25.223	26773	7575	11.043	29991	7900	21.238	41100
8751	50.376	46791	7761	22.726	27888	7576	11.943	28627	7901	21.666	41624
8752	47.928	47064	7762	19.945	27501	7577	20.474	27428	7902	32.533	41800
8753	45.796	46992	7763	20.868	38772	7578	21.891	26482	7903	44.113	41910
8754	52.085	45144	7764	25.013	37987	7579	24.195	27746	7904	45.775	41800
8755	55.561	43391	7765	30.689	36754	7580	21.589	29511	7905	41.076	41660
8756	49.043	46643	7766	28.101	40379	7581	21.115	30218	7906	38.941	40995
8757	53.131	46767	7767	37.082	41316	7582	24.403	30244	7907	40.532	40200
8758	52.288	45493	7768	60.557	41490	7583	23.309	29552	7908	34.522	40200
8759	56.676	41041	7769	93.881	41572	7584	24.517	28209	7909	27.546	36997
8760	71.847	39371	7770	92.391	41277	7585	24.680	26277	7910	22.220	36050
8761	74.274	38639	7771	109.907	39994	7586	21.719	22746	7911	21.106	35025
8762	43.623	40746	7772	281.481	39062	7587	19.850	21583	7912	20.459	33665
8763	29.278	41226	7773	177.754	38166	7588	17.936	20383	7913	21.609	32803
8764	32.183	41089	7774	135.069	38217	7589	15.868	18844	7914	22.712	32223
8765	35.241	40207	7775	195.025	38535	7590	15.654	17691	7915	22.942	32079
8766	36.917	37815	7776	103.619	38499	7591	15.553	16769	7916	23.976	32071
8767	35.456	35761	7777	52.851	38138	7592	15.129	16565	7917	23.227	32236
8768	46.847	36034	7778	33.149	36765	7593	16.157	16560	7918	21.259	32469
8769	49.72										



POZO 5		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
8170	17.268	32369
8171	15.911	34033
8172	13.366	37592
8173	12.753	40544
8174	12.988	47005
8175	16.028	55614
8176	22.688	74047
8177	33.804	76345
8178	45.356	73668
8179	34.021	55973
8180	39.339	46196
8181	63.305	48437
8182	34.681	53971
8183	20.078	62216
8184	19.341	72604
8185	26.521	73564
8186	50.018	70014
8187	57.624	53253
8188	123.112	39852
8189	202.346	36416
8190	91.004	36403
8191	37.625	27759
8192	29.106	31843
8193	62.174	34740
8194	189.951	34928
8195	217.973	33191
8196	74.857	31406
8197	59.463	37109
8198	73.429	39925
8199	54.373	39852
8200	57.197	28179
8201	88.216	37343
8202	182.554	45597
8203	161.942	45907
8204	187.272	41058
8205	218.200	39453
8206	139.152	36695
8207	110.475	36955
8208	98.418	38654
8209	63.810	31059
8210	67.232	28237
8211	60.234	32220
8212	85.811	30274
8213	178.536	28764
8214	148.417	28632
8215	80.069	32061
8216	75.100	34165
8217	90.396	41383
8218	138.301	47876
8219	112.913	59405
8220	80.802	69799
8221	95.157	71406
8222	98.997	71304
8223	97.839	78866
8224	98.656	78866
8225	124.241	84279
8226	259.469	84279
8227	160.918	99075
8228	234.598	99075
8229	649.590	100495
8230	704.221	100495
8231	884.102	69799
8232	269.769	69799
8233	83.249	33768
8234	131.399	38771
8235	123.185	42969
8236	78.884	44181
8237	83.202	43282
8238	66.125	40791
8239	105.512	36383
8240	128.906	28504
8241	50.308	20796
8242	32.380	22034
8243	34.174	23633
8244	35.039	24302
8245	59.663	24322
8246	40.288	23677
8247	30.575	20082
8248	35.565	18104
8249	21.489	11432
8250	18.735	11730
8251	20.404	11696
8252	17.199	11809
8253	18.443	12710
8254	16.087	11664
8255	15.993	11439
8256	16.926	11509
8257	14.241	11521
8258	16.020	11433
8259	15.620	11189
8260	13.453	9767
8261	15.136	9500
8262	14.577	9496
8263	16.551	9405
8264	16.020	9103
8265	13.862	9093
8266	15.103	8507
8267	13.568	8362
8268	12.572	8308
8269	13.356	8466
8270	15.115	8441

POZO 6		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7807	8.293	57236
7808	8.913	56608
7809	8.224	55519
7810	7.781	55188
7811	6.854	55618
7812	8.916	56840
7813	10.369	69977
7814	16.672	85997
7815	24.184	106197
7816	24.025	113080
7817	24.381	117241
7818	25.363	121769
7819	25.246	120405
7820	20.377	113513
7821	17.591	101819
7822	17.953	116194
7823	17.303	117157
7824	16.285	116015
7825	16.448	114175
7826	19.613	116429
7827	26.119	118364
7828	30.466	124525
7829	75.072	143284
7830	94.217	157783
7831	98.160	170869
7832	66.465	174971
7833	32.163	174139
7834	14.443	165394
7835	9.383	150504
7836	9.303	125239
7837	10.750	115473
7838	14.755	106467
7839	22.668	94624
7840	20.649	85851
7841	20.965	78050
7842	22.859	75710
7843	27.481	82997
7844	35.760	94233
7845	80.555	102690
7846	178.173	103327
7847	171.425	99610
7848	273.896	85763
7849	181.960	69632
7850	62.935	63816
7851	34.507	62074
7852	31.188	55751
7853	29.468	52424
7854	30.943	51318
7855	34.081	50540
7856	38.294	36003
7857	46.056	54044
7858	71.486	58373
7859	82.496	66676
7860	72.658	67623
7861	87.579	66814
7862	87.360	68843
7863	101.098	75812
7864	147.728	83723
7865	116.824	90994
7866	103.778	91192
7867	99.057	83060
7868	36.112	76295
7869	55.591	68788
7870	62.478	64367
7871	50.162	58852
7872	39.404	52968
7873	33.733	44844
7874	41.506	48712
7875	82.697	57941
7876	132.179	64698
7877	181.891	70379
7878	174.884	76008
7879	181.427	83828
7880	217.339	89111
7881	219.653	94313
7882	182.177	94686
7883	173.090	93858
7884	209.558	89274
7885	252.044	86456
7886	305.177	83539
7887	229.790	83872
7888	180.196	85535
7889	191.059	89853
7890	178.448	93228
7891	121.946	93602
7892	93.940	93308
7893	73.945	89993
7894	64.398	82032
7895	46.746	71707
7896	33.323	65824
7897	29.195	62004
7898	28.999	58375
7899	28.352	51025
7900	27.143	59760
7901	25.260	58469
7902	24.625	58657
7903	24.673	58329
7904	23.963	55579
7905	22.768	51481
7906	20.691	39492
7907	19.418	50599

POZO 7		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
8790	9.584	144192
8791	9.847	143008
8792	11.057	140973
8793	13.168	139351
8794	18.790	136957
8795	51.363	135040
8796	44.829	134595
8797	29.916	138144
8798	21.854	142796
8799	19.091	148459
8800	19.639	154357
8801	18.115	158171
8802	14.431	163341
8803	13.244	166114
8804	15.915	165312
8805	17.318	162615
8806	15.843	161574
8807	15.601	160809
8808	15.321	161842
8809	14.643	176213
8810	16.207	176213
8811	20.028	187231
8812	18.153	208573
8813	17.718	220394
8814	18.018	232750
8815	19.844	247524
8816	22.064	259454
8817	19.447	271692
8818	24.241	283612
8819	35.427	285627
8820	37.722	283620
8821	42.468	267338
8822	58.403	250040
8823	83.707	234209
8824	76.843	224487
8825	82.248	228229
8826	85.788	229799
8827	79.471	225961
8828	76.635	206749
8829	69.845	181525
8830	95.926	158880
8831	103.634	146804
8832	97.636	154254
8833	89.865	157335
8834	76.822	156180
8835	73.442	153452
8836	135.316	151755
8837	111.719	154171
8838	101.939	154171
8839	67.442	170406
8840	64.398	187804
8841	61.046	201549
8842	63.821	201549
8843	77.959	200166
8844	83.463	200166
8845	103.912	216237
8846	108.882	216237
8847	86.338	236234
8848	68.637	250930
8849	68.058	252630
8850	54.862	251829
8851	51.850	246466
8852	132.978	239481
8853	204.756	237758
8854	286.201	231148
8855	273.360	210889
8856	218.012	196580
8857	182.839	151865
8858	172.769	125128
8859	160.662	114220
8860	176.120	98403
8861	180.587	98168
8862	162.408	105775
8863	131.144	107527
8864	109.964	108944
8865	102.772	107671
8866	96.474	104119
8867	73.580	96078
8868	63.042	89561
8869	61.557	85230
8870	58.120	81293
8871	57.116	79134
8872	62.577	77212
8873	78.979	74851
8874	86.213	72332
8875	59.756	69323
8876	55.260	44308
8877	39.532	47645
8878	35.104	49001
8879	34.292	53434
8880	35.920	54602
8881	36.247	56754
8882	35.877	74089
8883	35.112	83367
8884	34.440	83051
8885	34.744	74444
8886	34.542	68277
8887	36.679	61880
8888	33.258	58033
8889	31.246	53747
8890	29.583	50804

POZO 8		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
8210	10.357	40449
8211	9.890	39841
8212	10.291	38157
8213	10.794	37253
8214	11.111	35180
8215	15.649	34454
8216	16.025	33814
8217	12.361	32808
8218	11.223	32808
8219	10.295	32320
8220	8.710	31950
8221	8.633	31636
8222	10.359	32195
8223	10.443	32716
8224	10.464	32802
8225	9.700	32460
8226	10.061	31250
8227	10.380	14551
8228	13.274	16888
8229	14.709	19463
8230	15.406	21511
8231	12.872	25586
8232	12.777	28820
8233	13.068	39013
8234	11.160	49866
8235	16.243	66348
8236	23.273	111429
8237	34.513	132922
8238	69.530	133277
8239	78.703	128600
8240	82.405	117316
8241	70.0	

POZO 9		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7700	17.134	132542
7701	22.812	106750
7702	47.365	106750
7703	73.571	190239
7704	48.519	232421
7705	28.302	254489
7706	16.421	267905
7707	18.612	268874
7708	31.004	265362
7709	38.154	252885
7710	33.320	240980
7711	38.515	233851
7712	59.163	235899
7713	116.872	239733
7714	165.590	244935
7715	200.328	249536
7716	261.876	253733
7717	266.809	253835
7718	258.887	252256
7719	176.575	241628
7720	145.553	220697
7721	86.639	198755
7722	67.593	173605
7723	47.786	145638
7724	45.476	129157
7725	70.114	112178
7726	99.006	106128
7727	133.107	95542
7728	122.334	89836
7729	131.068	88053
7730	135.814	91687
7731	125.882	95720
7732	86.785	96685
7733	64.530	98457
7734	27.305	95182
7735	16.027	88672
7736	15.679	81850
7737	20.194	79585
7738	23.302	82206
7739	24.703	84038
7740	28.140	84849
7741	42.278	83700
7742	79.310	72949
7743	103.332	67079
7744	86.260	59386
7745	43.666	52867
7746	34.779	55335
7747	32.720	45287
7748	42.198	45287
7749	81.610	40133
7750	88.389	40133
7751	143.519	69166
7752	141.327	75153
7753	193.180	75389
7754	96.147	72642
7755	56.077	65831
7756	45.682	56948
7757	27.618	50090
7758	24.986	41167
7759	20.559	32257
7760	18.594	28065
7761	21.435	25641
7762	22.053	23363
7763	19.676	22255
7764	18.425	21435
7765	18.643	20685
7766	19.166	20356
7767	22.039	20177
7768	23.531	19950
7769	22.841	19639
7770	21.231	19486
7771	19.784	19301
7772	18.451	17889
7773	17.851	17648
7774	18.531	17592
7775	18.750	17908
7776	17.835	19265
7777	17.180	20604
7778	17.667	20755
7779	17.096	20240
7780	17.211	18415
7781	17.597	15341
7782	17.896	16917
7783	18.130	22772
7784	17.404	22827
7785	17.957	22507
7786	18.688	21500
7787	17.319	20171
7788	17.536	19412
7789	17.470	19170
7790	16.022	19260
7791	15.962	19333
7792	16.974	19345
7793	16.682	19378
7794	17.127	19449
7795	16.010	19458
7796	15.594	19332
7797	14.860	18019
7798	13.705	15721
7799	13.902	15721
7800	15.617	19632

POZO 10		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7800	22.444	67716
7801	21.855	71435
7802	21.504	75133
7803	24.060	79604
7804	26.338	89202
7805	35.382	98965
7806	67.322	113931
7807	98.771	116603
7808	101.393	112634
7809	86.692	101116
7810	75.920	95510
7811	64.087	86258
7812	63.933	58932
7813	74.358	67633
7814	100.286	94658
7815	157.984	93207
7816	141.859	82590
7817	103.687	71798
7818	71.494	72051
7819	45.628	74968
7820	40.670	78211
7821	64.778	85946
7822	106.825	84225
7823	132.753	78784
7824	112.540	77601
7825	121.978	79803
7826	88.775	79322
7827	70.892	63395
7828	51.935	60648
7829	30.832	60661
7830	25.054	60677
7831	47.646	65727
7832	65.008	76651
7833	70.871	91002
7834	82.602	129270
7835	141.962	151133
7836	307.504	156494
7837	344.652	156526
7838	231.002	165610
7839	295.296	160906
7840	421.548	152132
7841	310.016	152132
7842	228.116	145610
7843	148.659	134900
7844	105.905	112132
7845	92.032	109270
7846	64.204	91002
7847	76.223	86557
7848	104.102	85361
7849	131.238	84474
7850	106.761	86039
7851	101.296	85153
7852	102.583	81998
7853	96.034	83494
7854	92.859	83947
7855	91.863	80920
7856	89.610	79204
7857	85.066	72622
7858	76.443	69588
7859	70.587	67954
7860	67.873	64166
7861	59.584	60375
7862	58.528	54995
7863	50.280	50688
7864	28.259	46971
7865	24.915	41482
7866	26.203	35825
7867	26.758	33313
7868	27.761	30233
7869	29.410	24293
7870	25.528	23704
7871	27.865	23447
7872	21.079	29849
7873	19.992	34265
7874	23.268	29399
7875	24.022	29558
7876	20.218	24400
7877	16.216	22862
7878	16.421	21486
7879	14.815	20915
7880	15.633	20162
7881	17.944	19907
7882	18.708	19757
7883	19.865	19293
7884	19.737	19293
7885	19.781	19334
7886	20.218	19318
7887	18.569	19239
7888	19.471	19567
7889	17.919	19629
7890	18.846	19837
7891	18.566	19928
7892	19.776	20009
7893	17.565	20160
7894	16.340	20171
7895	15.873	19893
7896	19.155	20109
7897	19.511	19690
7898	14.722	19325
7899	13.922	19096
7900	14.598	19158

POZO 11		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7855	54.665	105646
7856	45.627	92559
7857	27.674	73225
7858	13.828	61243
7859	13.307	60434
7860	15.659	69795
7861	32.913	83170
7862	58.923	96520
7863	55.062	111554
7864	49.635	121287
7865	65.807	131603
7866	83.029	139469
7867	159.295	146173
7868	216.751	147965
7869	221.087	147756
7870	246.033	141506
7871	308.626	141506
7872	131.861	114717
7873	84.839	114717
7874	73.765	108939
7875	87.730	108939
7876	93.962	121255
7877	117.885	121255
7878	121.551	148255
7879	168.635	194572
7880	125.838	221292
7881	219.753	242344
7882	295.671	254763
7883	432.307	258000
7884	446.294	261815
7885	488.028	261669
7886	292.467	253301
7887	226.267	241103
7888	229.325	228488
7889	103.805	215337
7890	58.836	186055
7891	58.153	160267
7892	74.753	144624
7893	81.382	133392
7894	88.898	128019
7895	87.244	126579
7896	93.390	129528
7897	91.023	130957
7898	104.483	130940
7899	125.561	129031
7900	130.656	126477
7901	112.255	120789
7902	108.068	112372
7903	75.852	105542
7904	62.557	102544
7905	36.748	100081
7906	27.775	95438
7907	25.146	93440
7908	23.082	91059
7909	21.825	88645
7910	24.601	85824
7911	23.592	83440
7912	22.240	79959
7913	21.925	75885
7914	24.379	73107
7915	23.522	65453
7916	21.869	57859
7917	18.341	53683
7918	16.185	51668
7919	16.303	49142
7920	20.962	47879
7921	21.837	46775
7922	16.009	45230
7923	16.267	42567
7924	19.797	37492
7925	23.945	40678
7926	27.991	42848
7927	36.014	43842
7928	33.404	43855
7929	37.716	35863
7930	39.291	27133
7931	33.908	32689
7932	31.000	33948
7933	27.221	31275
7934	16.052	32334
7935	13.063	32933
7936	13.928	32988
7937	20.303	33035
7938	18.528	33350
7939	16.533	33701
7940	15.751	33809
7941	15.781	33971
7942	15.337	34046
7943	13.627	34068
7944	13.480	34196
7945	13.266	34291
7946	12.883	34510
7947	11.941	34734
7948	11.987	34854
7949	12.722	34884
7950	12.195	34906
7951	11.668	34825
7952	10.958	34533
7953	11.065	34324
7954	11.233	34129
7955	11.803	33829

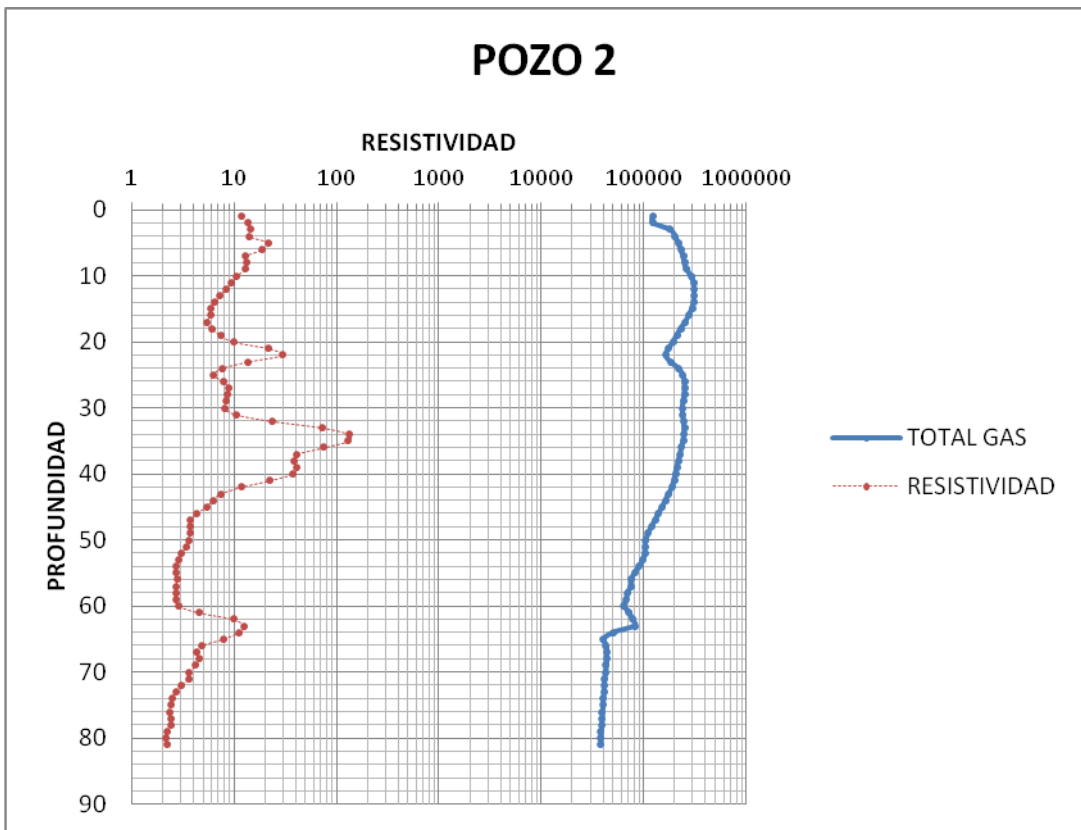
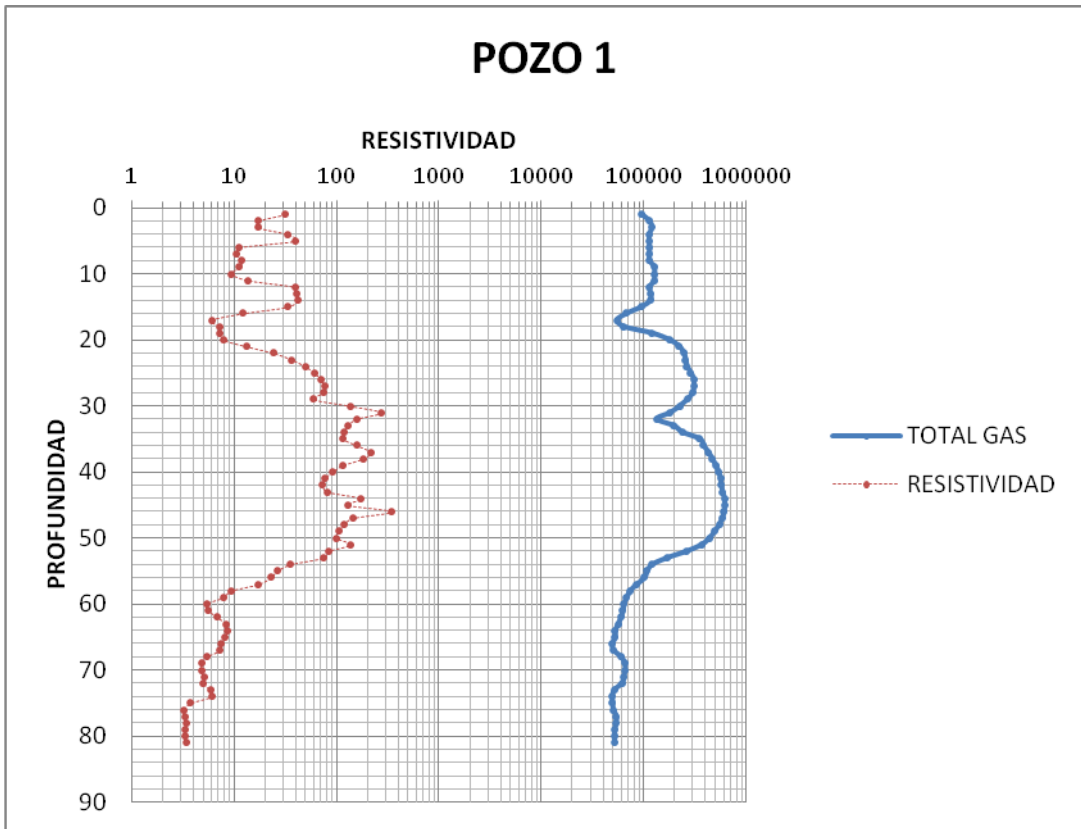
POZO 12		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7550	14.503	71014
7551	14.621	66377
7552	14.180	64140
7553	13.416	65976
7554	12.670	85702
7555	10.715	99041
7556	9.178	115480
7557	10.505	132347
7558	11.109	147145
7559	8.420	156238
7560	8.183	172247
7561	7.805	172480
7562	6.830	172480
7563	8.617	172480
7564	11.243	135191
7565	26.098	135191
7566	58.113	157784
7567	197.675	176071
7568	320.267	195932
7569	306.053	213966
7570	206.668	225522
7571	159.256	232687
7572	136.113	240976
7573	159.043	260137
7574	149.886	285816
7575	165.208	311079
7576	168.652	339727
7577	154.193	356833
7578	150.029	369882
7579	120.131	378738
7580	86.726	

POZO 13		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
9860	28.438	68140
9861	35.682	79849
9862	41.164	102787
9863	48.423	109415
9864	59.570	123406
9865	58.429	136029
9866	61.478	146125
9867	121.791	146125
9868	84.024	136029
9869	119.392	137144
9870	159.198	143085
9871	149.361	142700
9872	146.163	135850
9873	110.085	126062
9874	113.781	115898
9875	101.108	107029
9876	111.596	97322
9877	98.357	90663
9878	85.411	82157
9879	61.439	75874
9880	55.967	80149
9881	46.428	88357
9882	60.363	46520
9883	24.966	46520
9884	29.054	38878
9885	25.686	48595
9886	35.213	48595
9887	45.543	42986
9888	58.681	59287
9889	65.870	72141
9890	75.097	85725
9891	75.621	94540
9892	71.546	98513
9893	72.995	98936
9894	71.238	98286
9895	72.131	94711
9896	64.755	92578
9897	58.714	89465
9898	57.215	87349
9899	58.337	85804
9900	55.710	86735
9901	47.481	90549
9902	56.215	99007
9903	68.400	103924
9904	69.776	106242
9905	66.688	107028
9906	75.313	106743
9907	55.054	106743
9908	67.129	107932
9909	72.592	107932
9910	78.020	108215
9911	73.451	103401
9912	69.079	90641
9913	72.980	90641
9914	89.222	105934
9915	89.754	105934
9916	162.335	105934
9917	108.788	105934
9918	96.320	92098
9919	91.510	86465
9920	117.547	82765
9921	129.495	82027
9922	104.068	77330
9923	102.048	71213
9924	100.311	66899
9925	81.805	62962
9926	67.023	61588
9927	61.657	60786
9928	55.083	59256
9929	53.653	57555
9930	46.609	53813
9931	36.138	51181
9932	30.366	47478
9933	31.159	44953
9934	31.830	41841
9935	28.634	39902
9936	29.967	37579
9937	27.556	35700
9938	26.635	34736
9939	26.180	33253
9940	25.337	32374
9941	26.412	32042
9942	25.789	31166
9943	25.476	30501
9944	25.568	20340
9945	24.415	20396
9946	24.823	22942
9947	24.830	26845
9948	24.287	27519
9949	22.398	27219
9950	20.790	26398
9951	20.111	25297
9952	18.424	24049
9953	18.387	23203
9954	18.029	23052
9955	18.370	22761
9956	18.971	22414
9957	20.153	21871
9958	22.515	20558
9959	23.711	19300
9960	26.698	19984

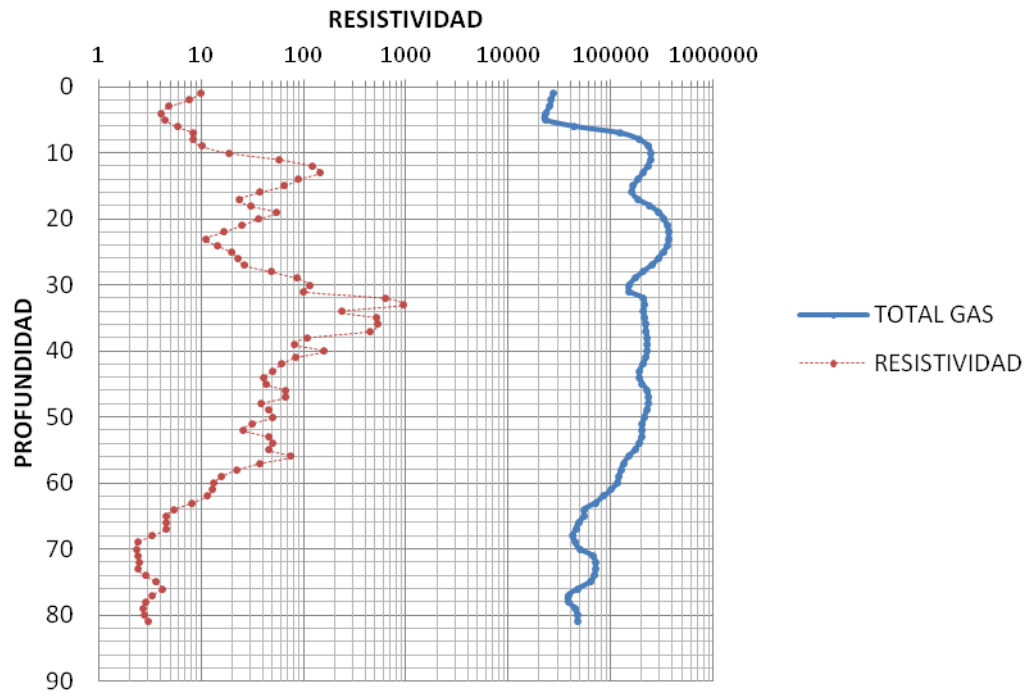
POZO 14		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
9175	14.820	29444
9176	15.080	38444
9177	14.260	38359
9178	14.690	42609
9179	14.570	42128
9180	16.860	45266
9181	17.840	45638
9182	20.550	45065
9183	27.740	50272
9184	40.330	54357
9185	52.820	56203
9186	64.080	48605
9187	81.490	56185
9188	93.870	56185
9189	103.050	59908
9190	110.230	61685
9191	111.430	63866
9192	109.130	63684
9193	96.320	61825
9194	88.560	56893
9195	81.950	54065
9196	77.340	52477
9197	75.620	49398
9198	58.900	46737
9199	53.710	43959
9200	64.090	43073
9201	66.180	45538
9202	70.350	48971
9203	67.160	54472
9204	74.800	57748
9205	86.360	58588
9206	94.500	56428
9207	97.450	57791
9208	102.400	62489
9209	90.380	65143
9210	105.540	66305
9211	116.150	68119
9212	119.990	70941
9213	136.920	73515
9214	143.020	74975
9215	137.000	75792
9216	135.610	77443
9217	142.910	78264
9218	135.030	78604
9219	129.800	78604
9220	126.140	79946
9221	123.930	79610
9222	120.230	79337
9223	111.050	79422
9224	108.560	85455
9225	103.930	86838
9226	90.280	90294
9227	81.580	89542
9228	71.940	85221
9229	63.360	83141
9230	52.500	80205
9231	47.950	78552
9232	43.620	76162
9233	40.330	75030
9234	37.770	73637
9235	36.080	72772
9236	34.050	72489
9237	32.640	71149
9238	31.300	70362
9239	30.460	69406
9240	29.700	67966
9241	28.590	66919
9242	28.060	65550
9243	27.340	62732
9244	27.050	60013
9245	26.760	57751
9246	26.360	55562
9247	26.220	52134
9248	25.570	48896
9249	24.660	46765
9250	23.840	45112
9251	22.900	42995
9252	21.940	41013
9253	21.010	39207
9254	20.580	37331
9255	20.890	36074
9256	21.250	32970
9257	21.770	32970
9258	22.660	31694
9259	22.550	18056
9260	22.300	17922
9261	20.820	17765
9262	19.240	17737
9263	18.760	17707
9264	18.110	17810
9265	17.010	17981
9266	16.740	18130
9267	16.260	18316
9268	16.120	18571
9269	15.960	18840
9270	15.880	18906
9271	15.880	19112
9272	15.640	19247
9273	15.330	19253
9274	15.180	19331
9275	14.890	19444

POZO 15		
DEPTH	RD	TG
ft	ohm.m	ppm
7712	10.475	36155
7713	19.473	36482
7714	18.779	37602
7715	19.522	35174
7716	19.377	33894
7717	14.941	32881
7718	13.499	32087
7719	16.793	32764
7720	18.103	33844
7721	16.199	33966
7722	15.120	33979
7723	14.679	33469
7724	13.103	32009
7725	10.915	28813
7726	15.640	26280
7727	17.548	31565
7728	18.666	31881
7729	17.449	32185
7730	17.315	32091
7731	18.289	31495
7732	16.435	24449
7733	15.036	35857
7734	16.089	35857
7735	15.947	40121
7736	15.727	40838
7737	17.273	40995
7738	24.091	39770
7739	16.861	37408
7740	12.449	35850
7741	12.603	34397
7742	12.487	33070
7743	11.835	33796
7744	11.482	38868
7745	11.451	44367
7746	12.050	49682
7747	11.149	56532
7748	17.993	59230
7749	74.170	62959
7750	92.419	64755
7751	39.289	64960
7752	65.902	63949
7753	38.884	60895
7754	43.019	45093
7755	68.805	45093
7756	42.143	40109
7757	21.932	37660
7758	30.609	34662
7759	34.411	34221
7760	21.439	33747
7761	24.942	32867
7762	27.168	31158
7763	35.667	29515
7764	28.068	33827
7765	23.802	38554
7766	26.530	41722
7767	43.919	43865
7768	33.026	46757
7769	31.943	49444
7770	31.796	51923
7771	44.163	53331
7772	56.688	53890
7773	51.710	54415
7774	48.905	56620
7775	86.410	58871
7776	49.078	59729
7777	43.559	60088
7778	43.375	60224
7779	32.375	58294
7780	32.837	57959
7781	36.594	54943
7782	18.166	53397
7783	13.656	50134
7784	14.267	46437
7785	21.366	43521
7786	22.533	40188
7787	26.467	37595
7788	24.520	33913
7789	22.297	30604
7790	22.392	29364
7791	17.496	27321
7792	17.279	26521
7793	18.741	25718
7794	17.776	24694
7795	21.162	23843
7796	21.951	23126
7797	17.335	22334
7798	17.511	21670
7799	18.602	21092
7800	15.856	20472
7801	17.578	19630
7802	18.035	16840
7803	16.781	17105
7804	17.806	18126
7805	17.068	18963
7806	16.323	19088
7807	17.394	19079
7808	16.872	19112
7809	14.923	19012
7810	16.439	18935
7811	15.555	18798
7812	15.004	18174

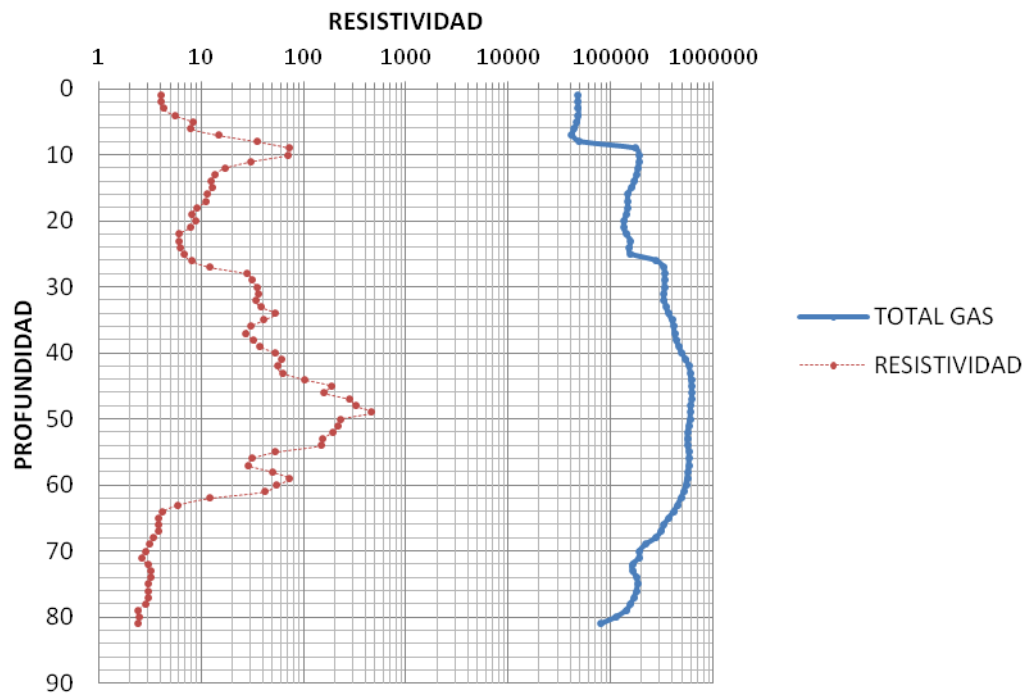
**ANEXO G: PERFILES DE RESISTIVIDAD Y TOTAL GAS POR POZO (“U” INFERIOR)**



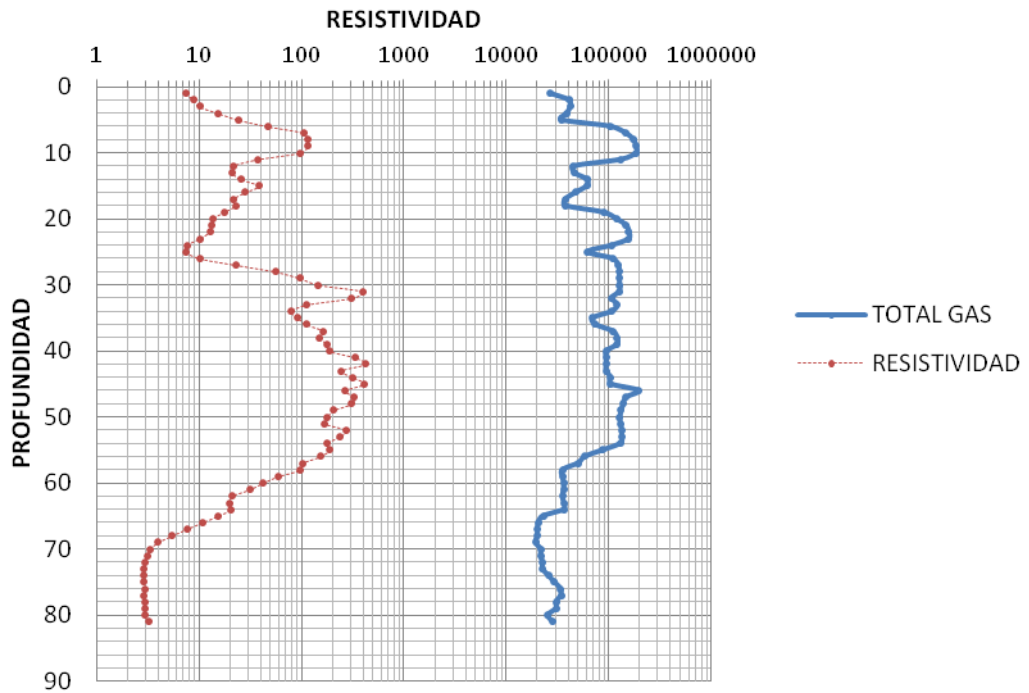
## POZO 3



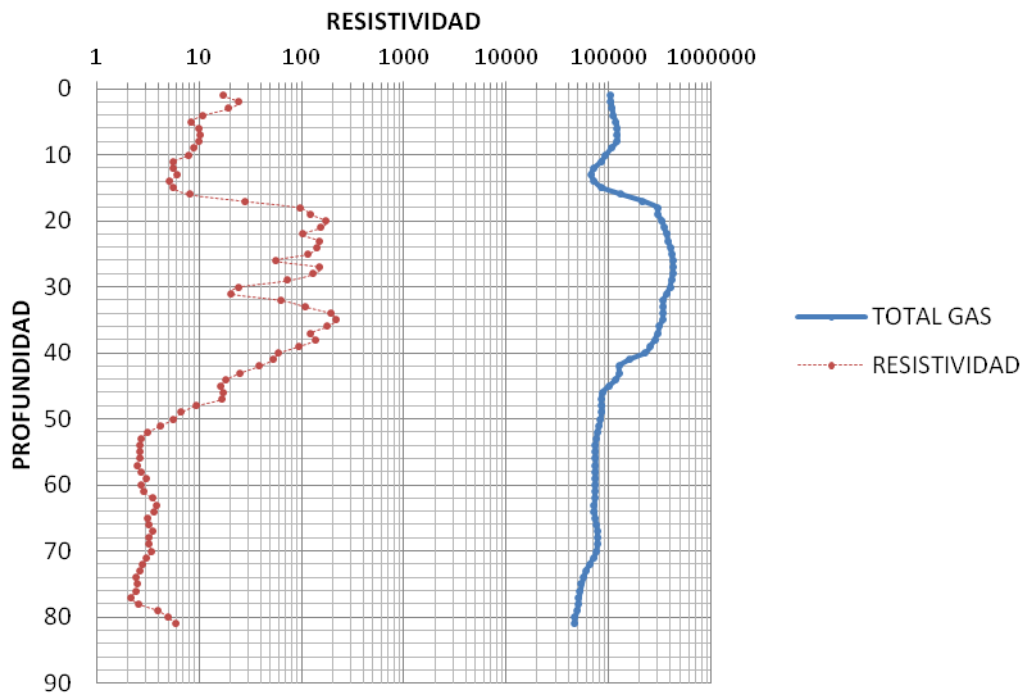
## POZO 4



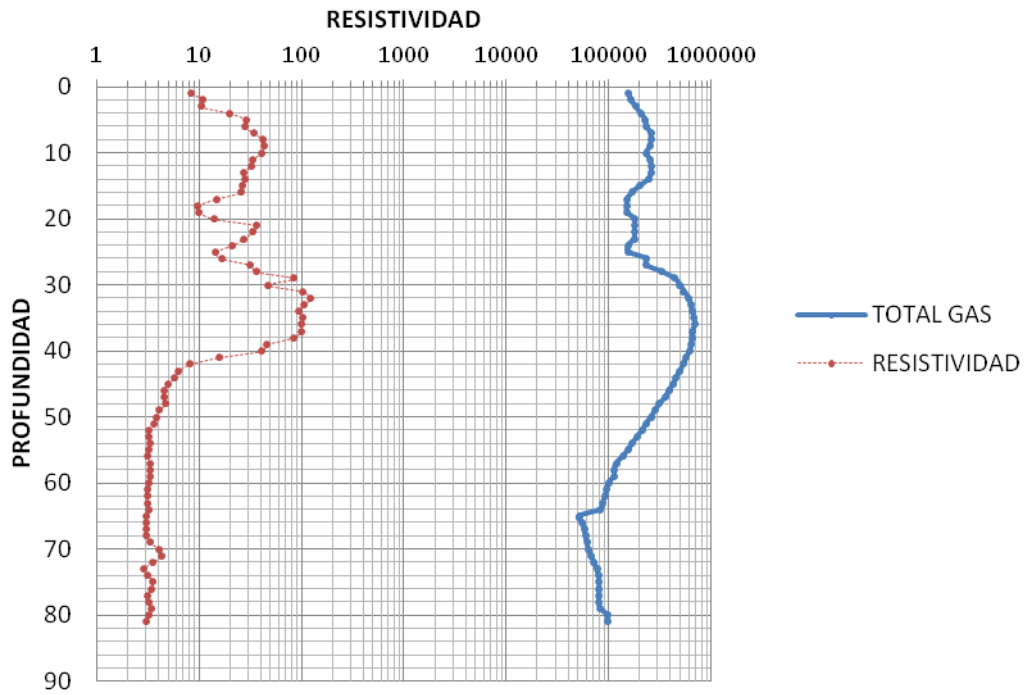
## POZO 5



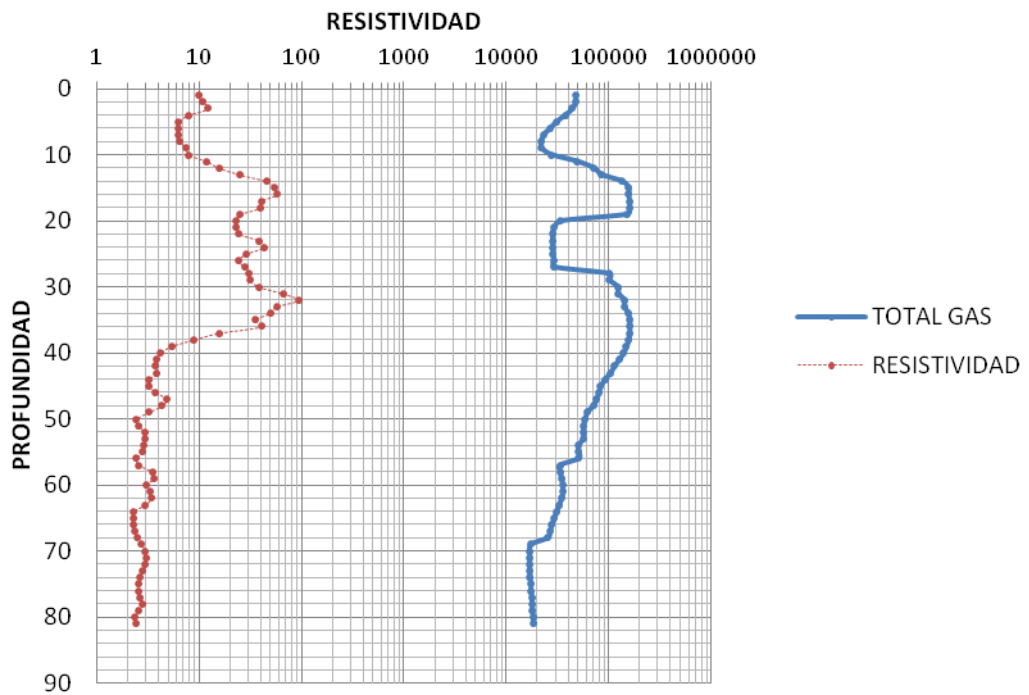
## POZO 6



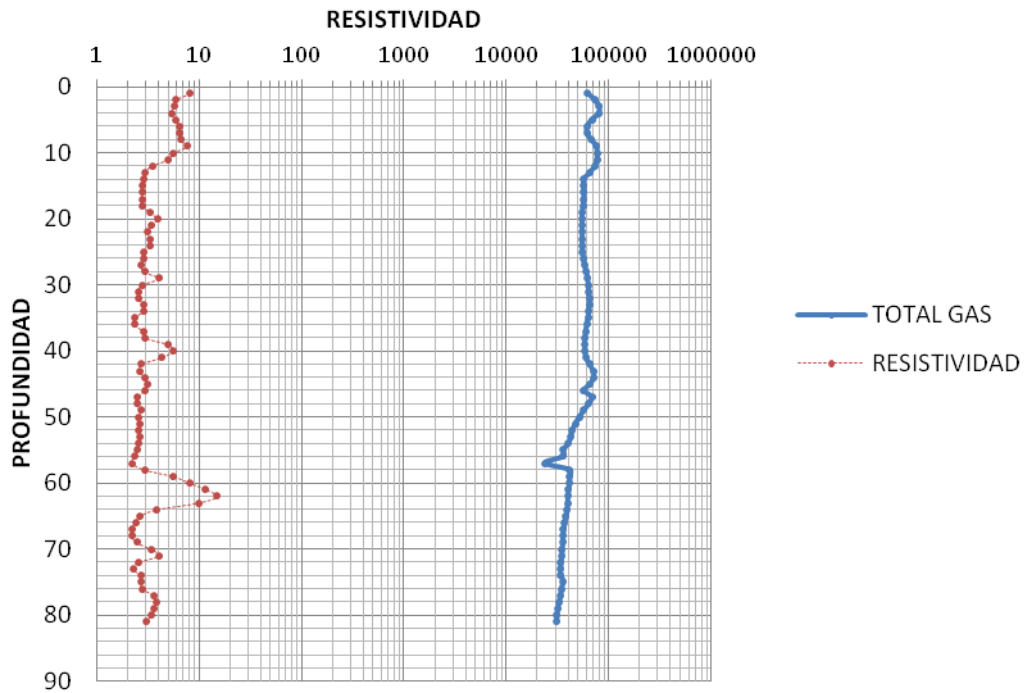
## POZO 7



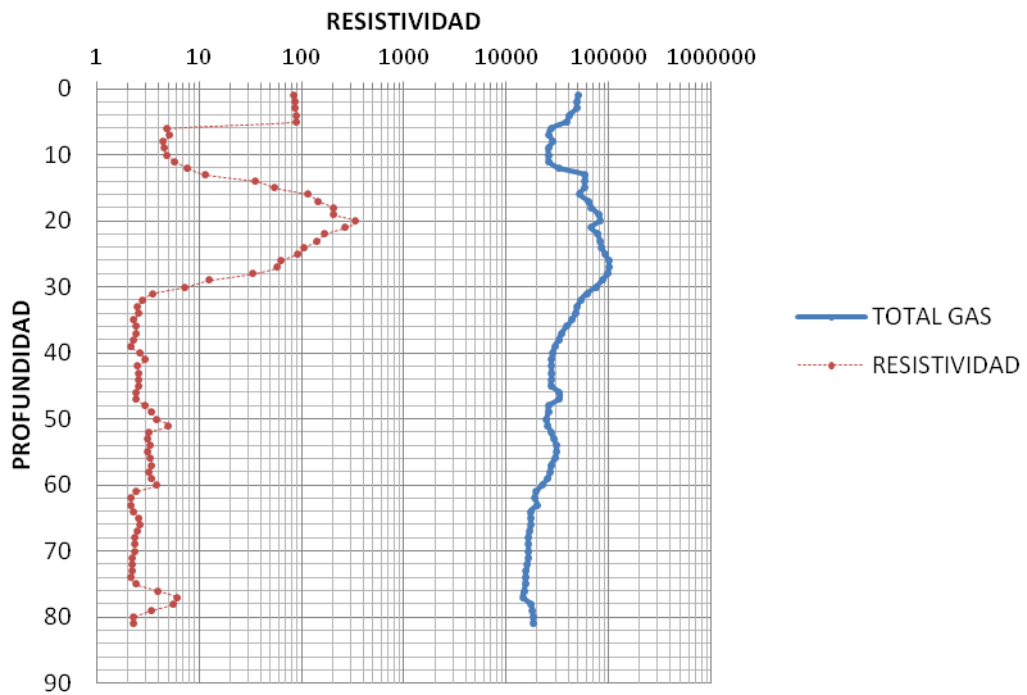
## POZO 8



# POZO 9

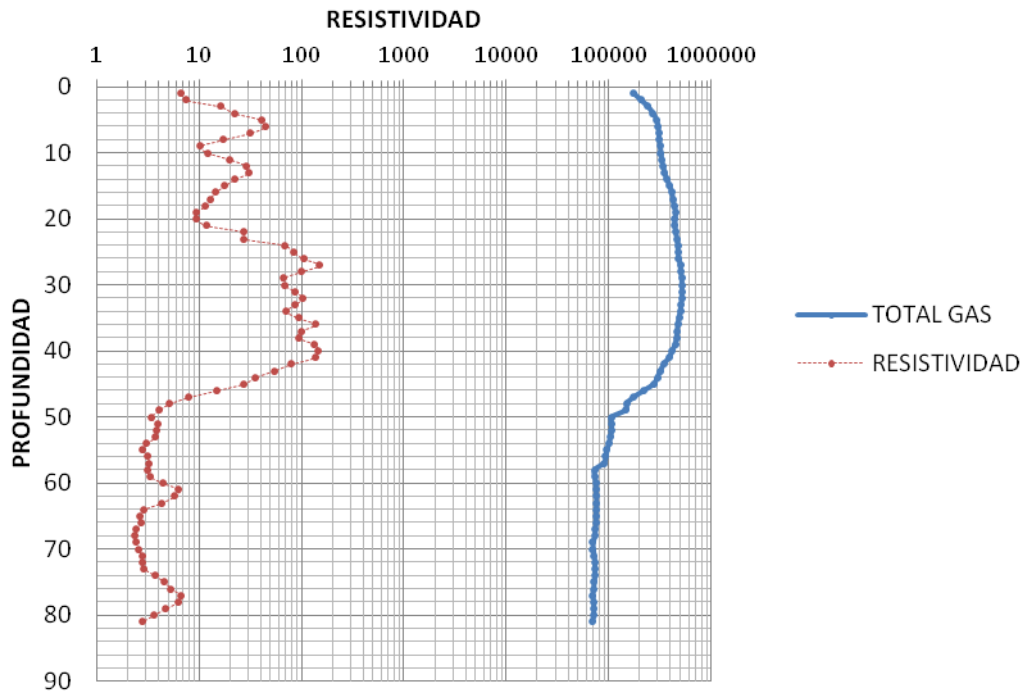


# POZO 10

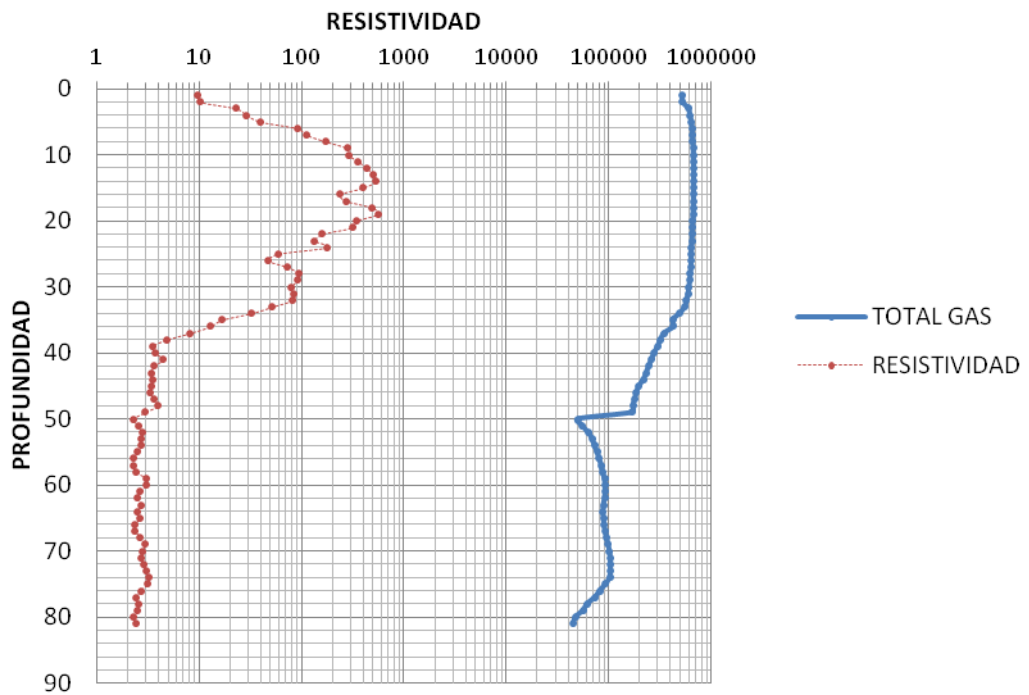




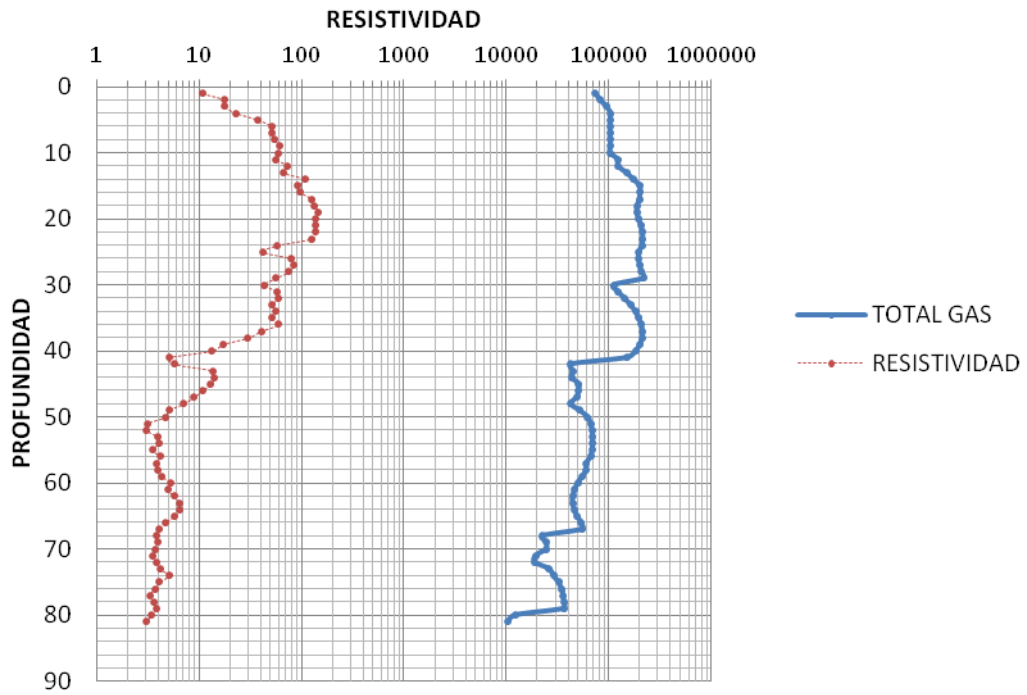
# POZO 11



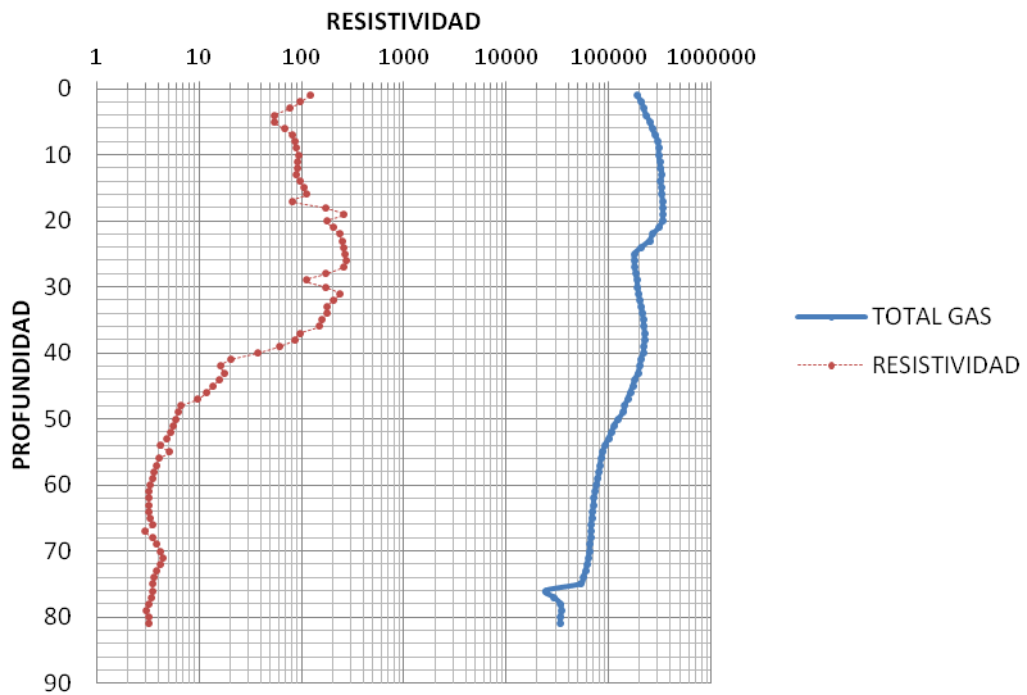
# POZO 12



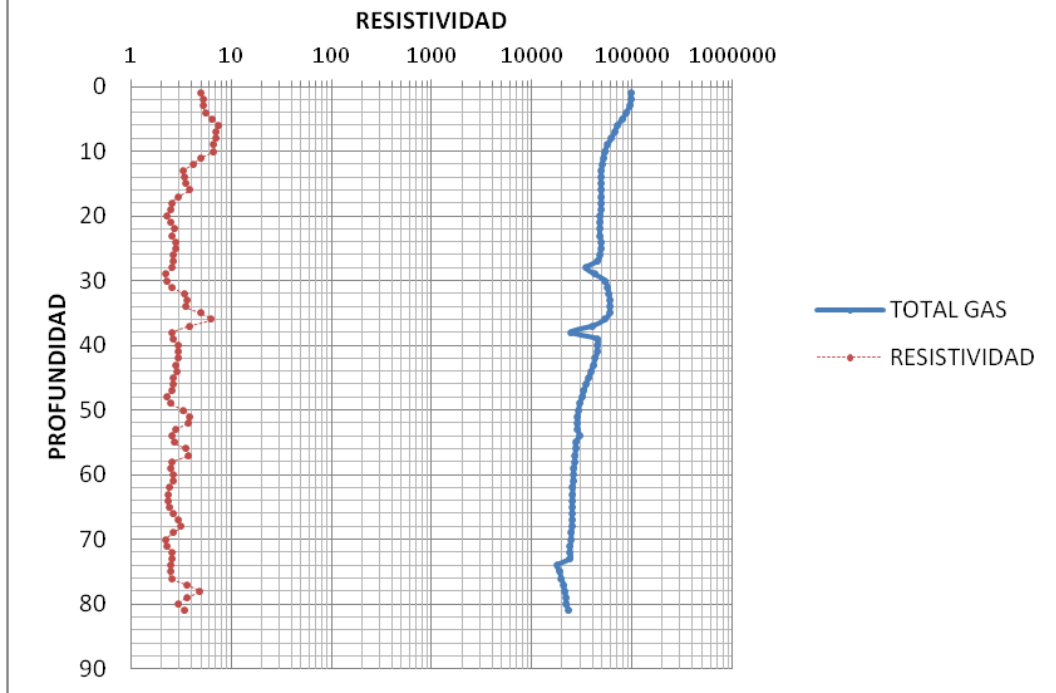
# POZO 13



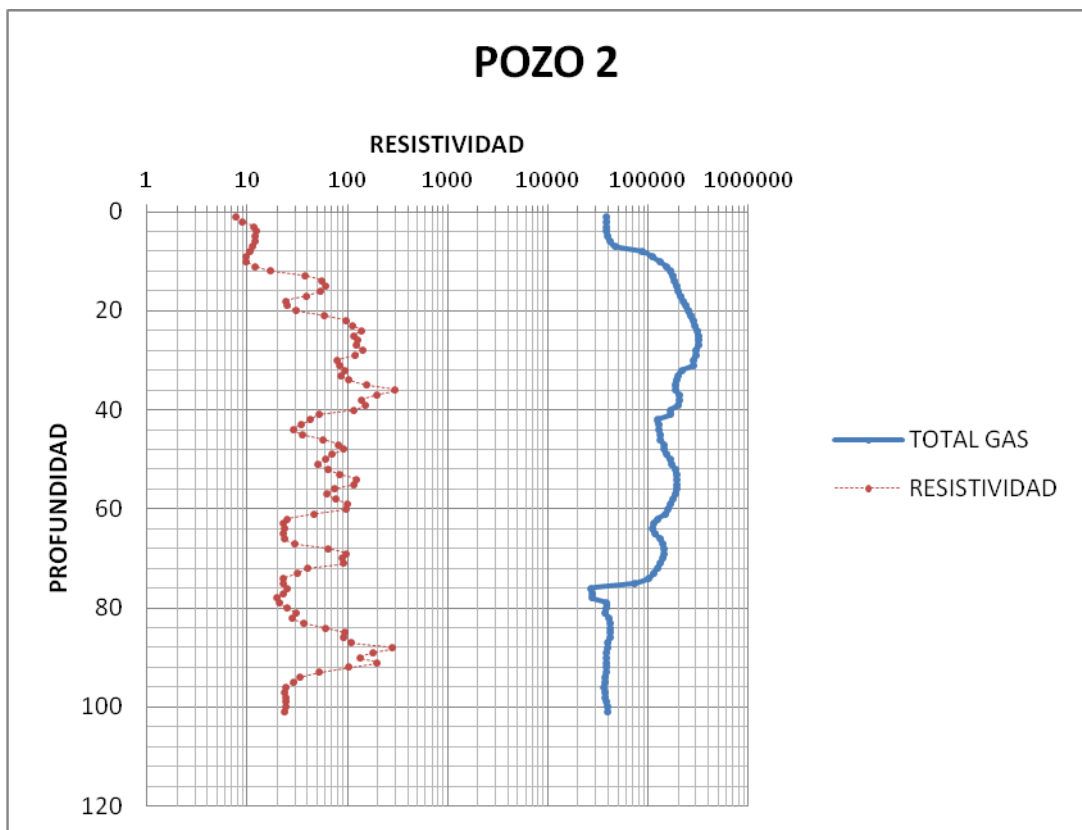
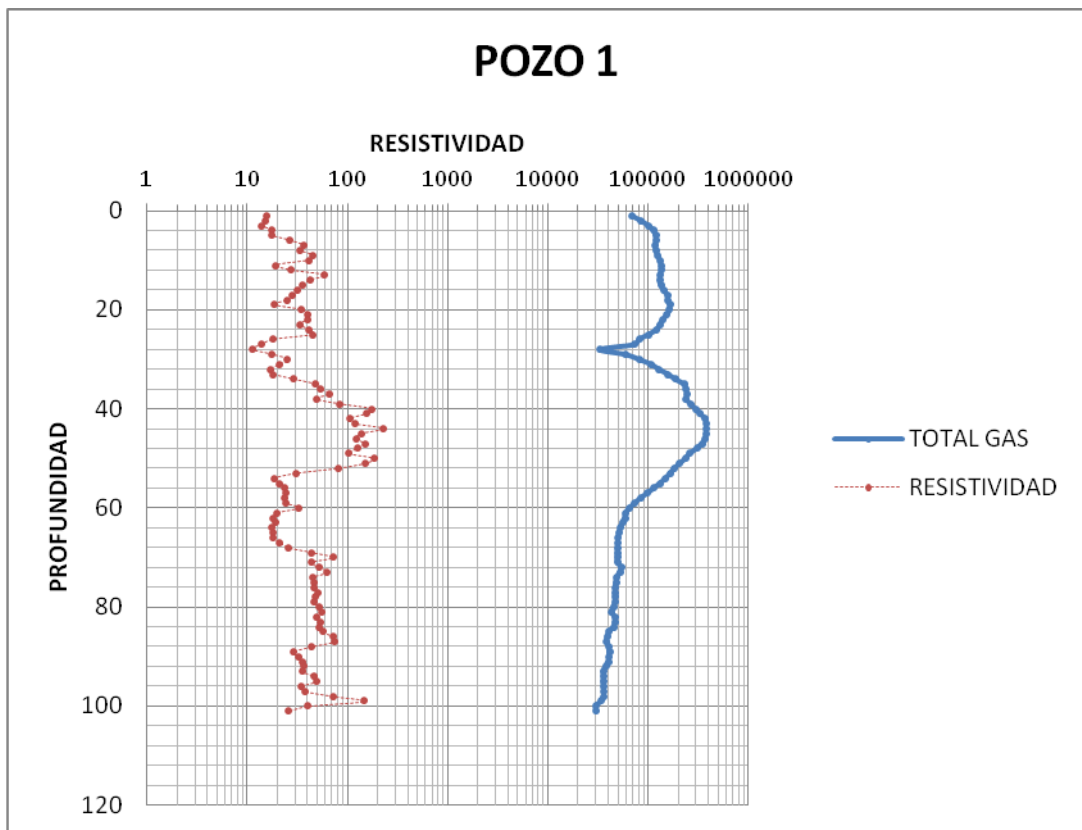
# POZO 14

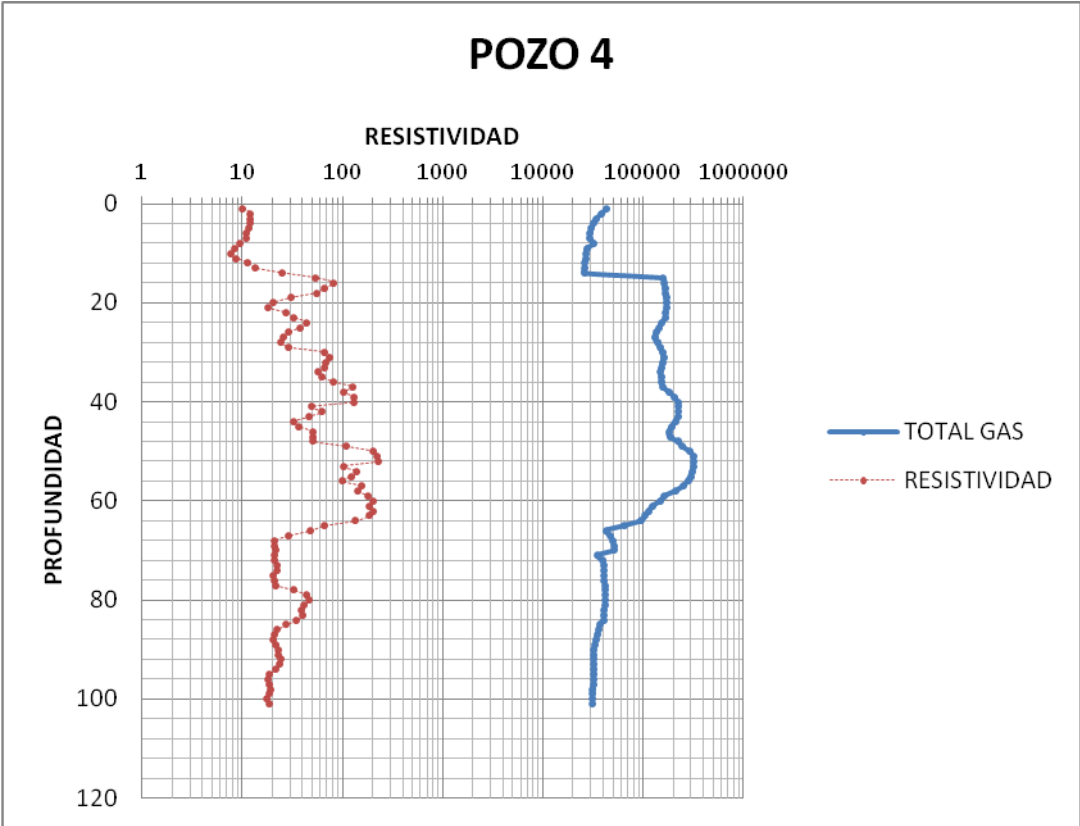
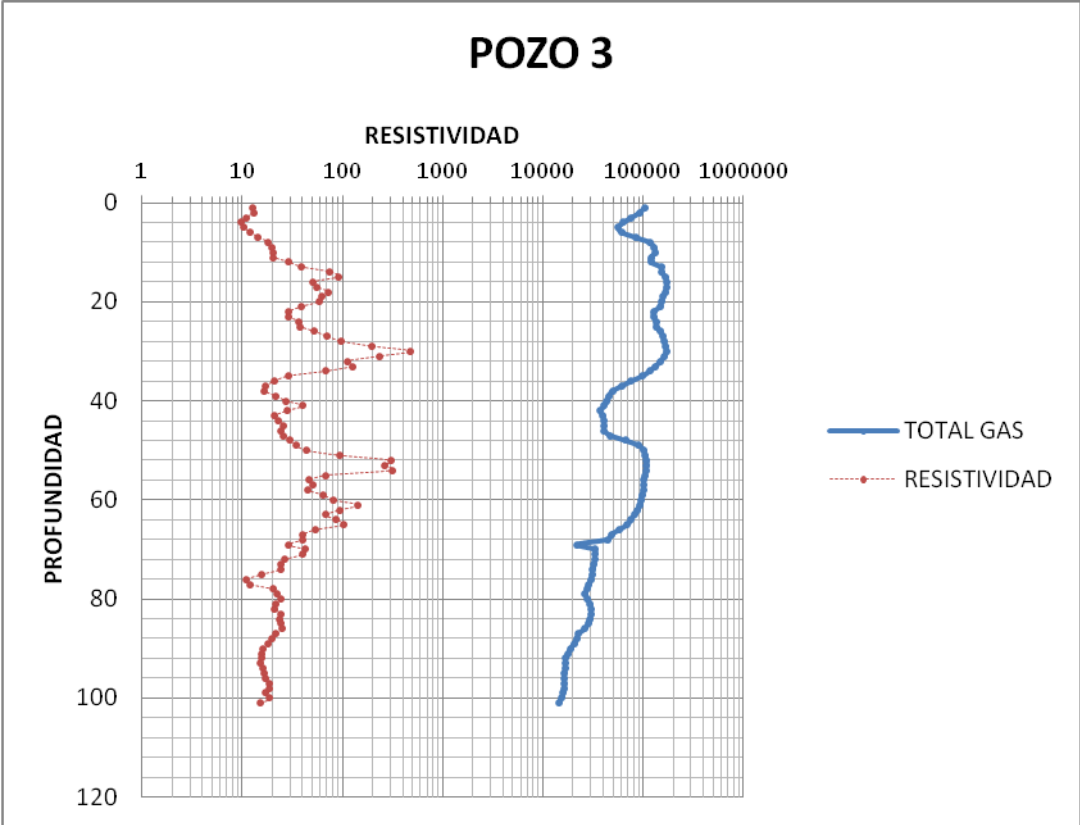


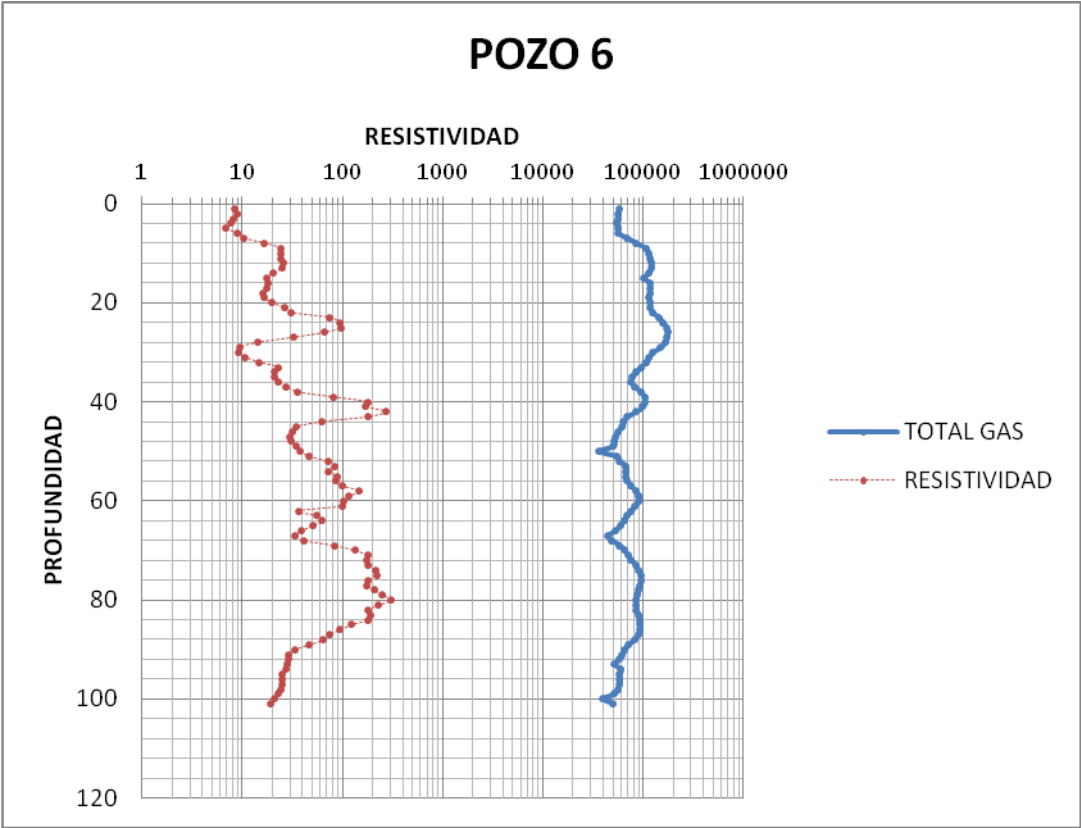
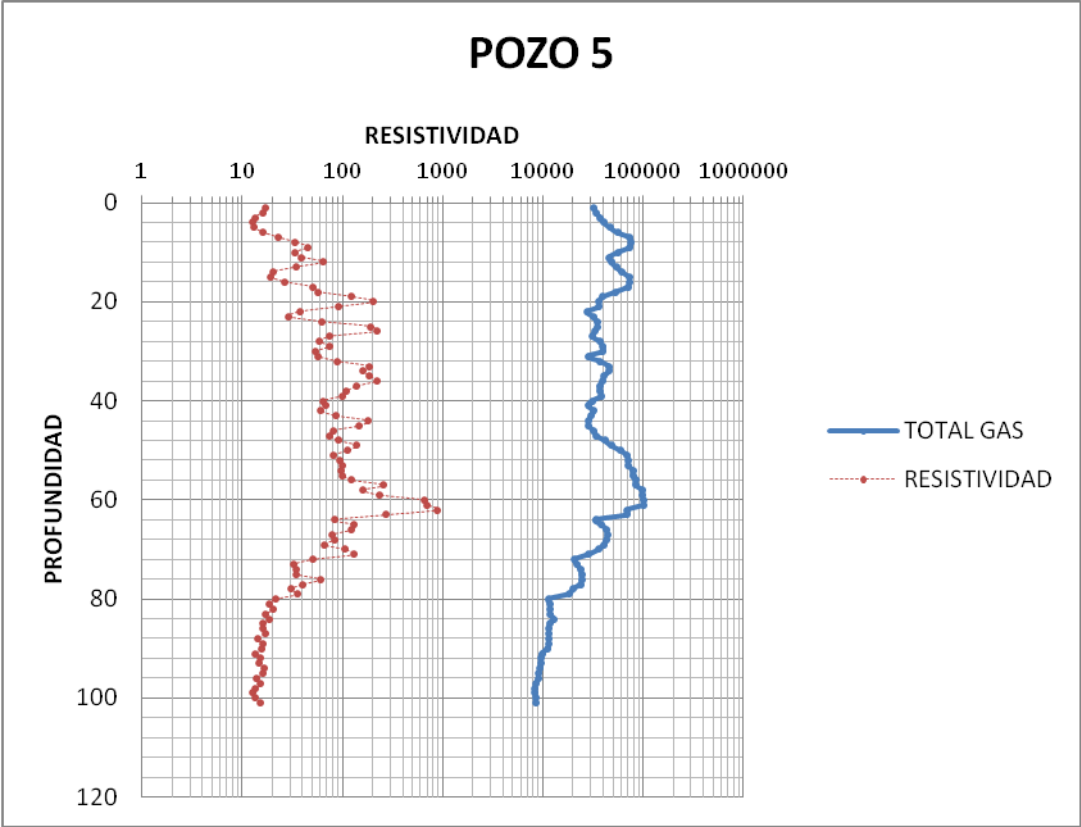
# POZO 15

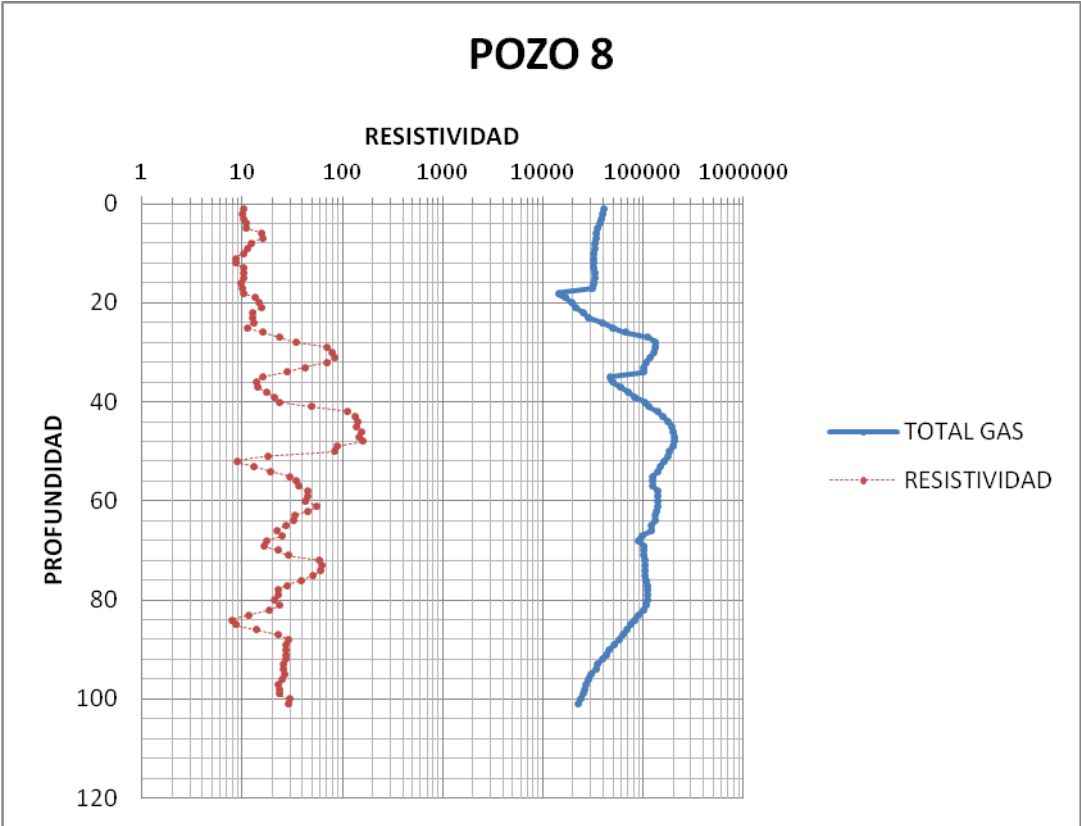
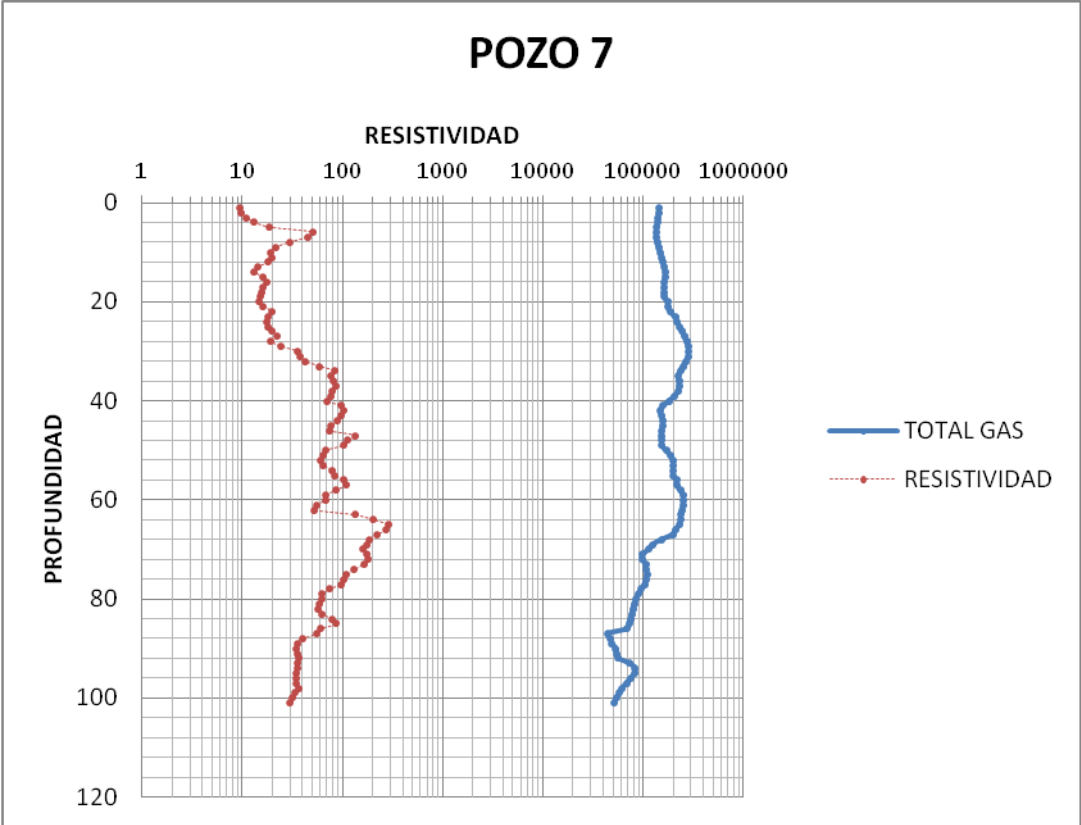


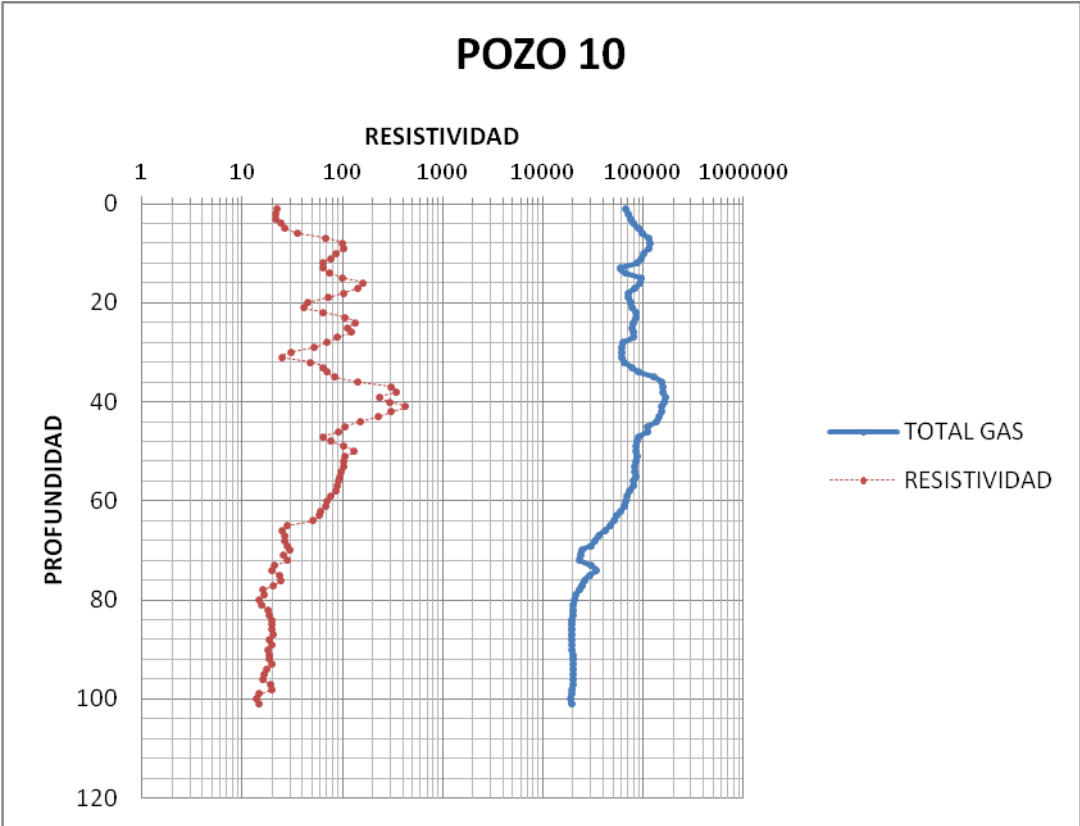
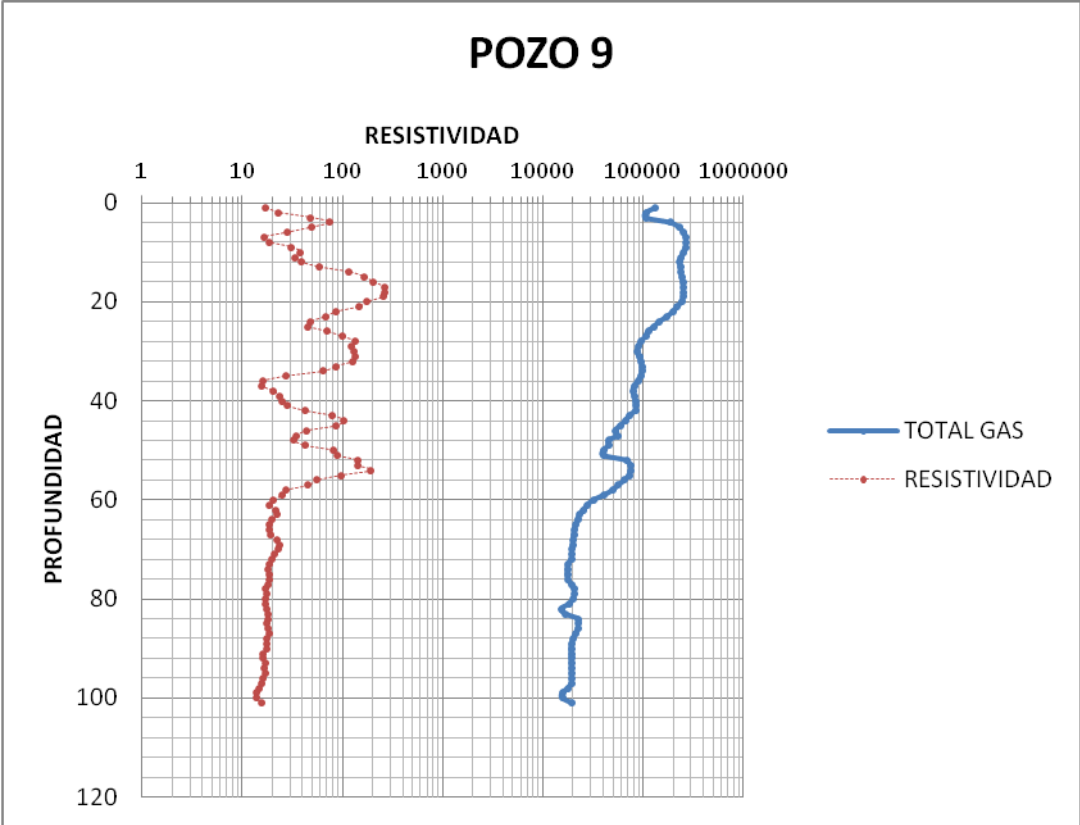
**ANEXO H: PERFILES DE RESISTIVIDAD Y TOTAL GAS POR POZO (“T” INFERIOR)**





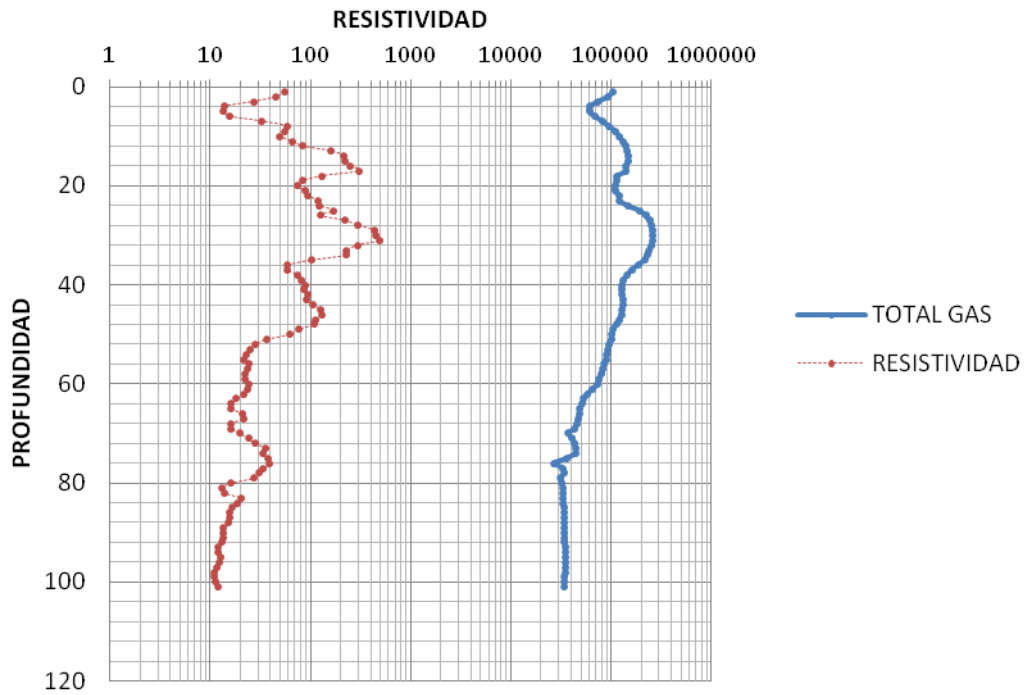




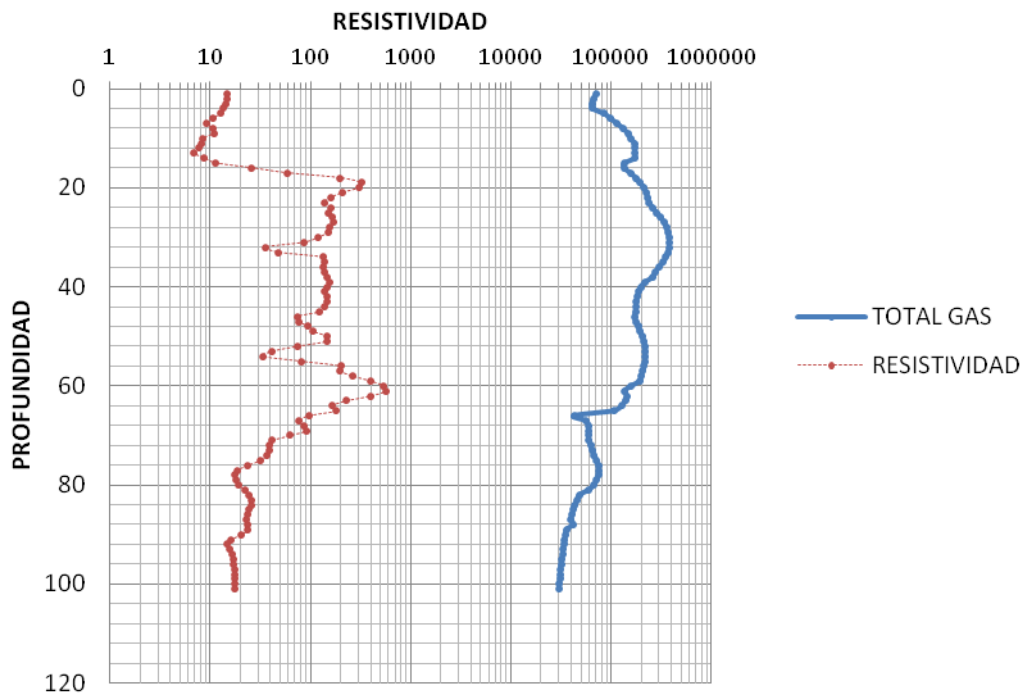




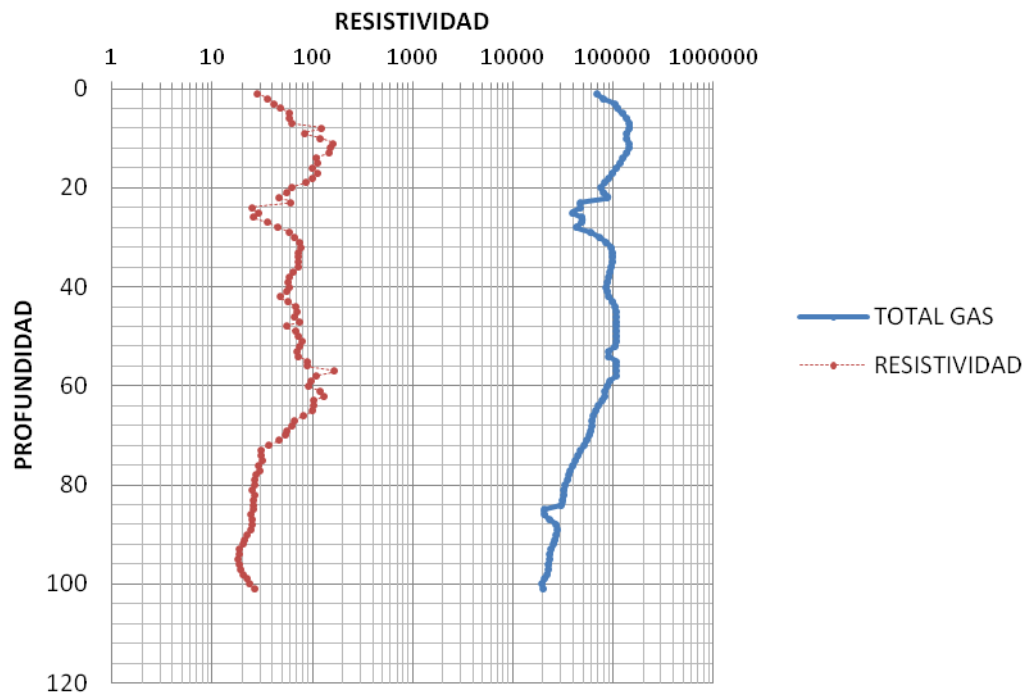
## POZO 11



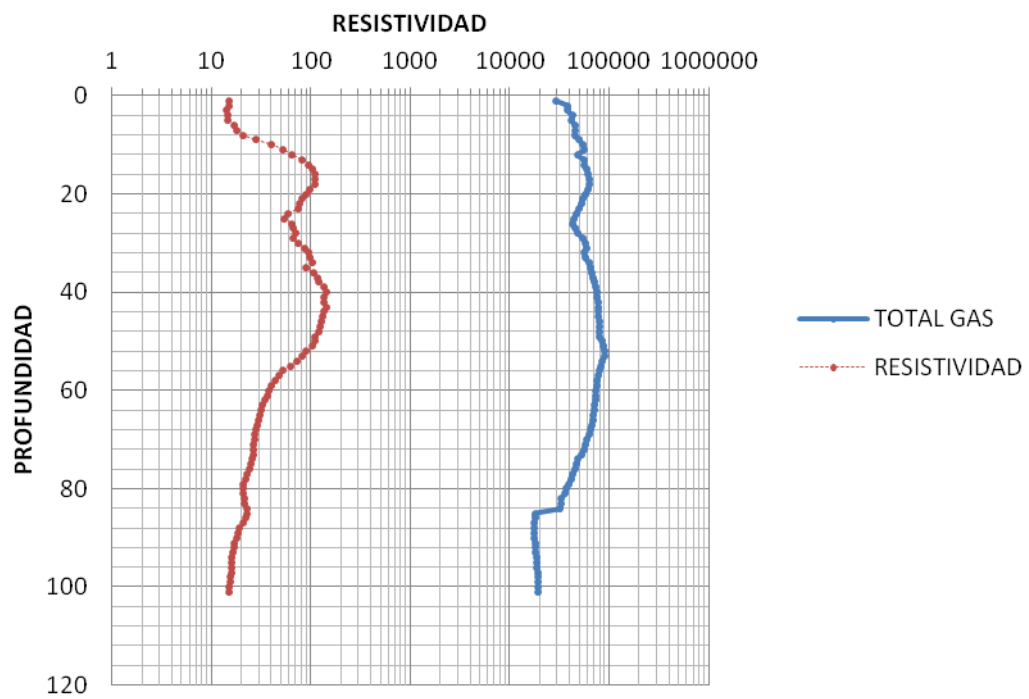
## POZO 12



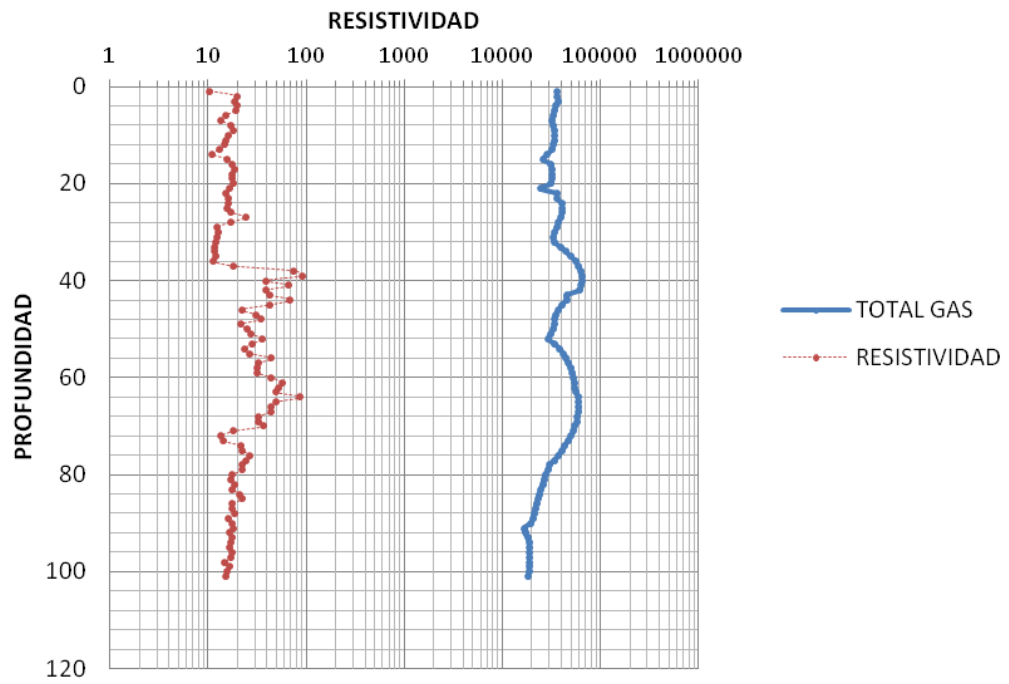
## POZO 13



## POZO 14



# POZO 15



## ANEXO I: DATOS DE SALIDA POR POZO (“U” INFERIOR)

POZO 1			POZO 2			POZO 3			POZO 4		
DEPTH	RD	RD simulado	DEPTH	RD	RD simulado	DEPTH	RD	RD simulado	DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m	ft	ohm.m	ohm.m	ft	ohm.m	ohm.m	ft	ohm.m	ohm.m
8385	31.900	31.904	7475	11.973	11.974	7250	9.837	11.488	7585	4.067	4.067
8386	17.426	17.427	7476	13.823	13.824	7251	7.623	11.972	7586	4.026	4.026
8387	17.338	17.339	7477	14.591	14.592	7252	4.903	17.068	7587	4.302	4.302
8388	33.285	33.289	7478	14.199	14.200	7253	4.130	28.057	7588	5.527	5.527
8389	40.198	40.203	7479	21.990	21.992	7254	4.506	52.921	7589	8.312	8.312
8390	11.348	11.349	7480	18.973	18.974	7255	5.874	58.739	7590	8.005	8.005
8391	10.568	10.568	7481	13.037	13.038	7256	8.482	88.980	7591	14.763	14.764
8392	11.989	11.990	7482	13.358	13.359	7257	8.306	79.238	7592	35.923	35.927
8393	11.210	11.211	7483	12.745	12.746	7258	10.395	62.369	7593	72.442	72.456
8394	9.376	9.376	7484	10.692	10.692	7259	18.727	56.701	7594	70.354	70.367
8395	13.749	13.750	7485	9.363	9.363	7260	57.580	44.499	7595	31.079	31.082
8396	39.496	39.501	7486	8.355	8.355	7261	123.168	56.835	7596	17.179	17.180
8397	41.220	41.226	7487	7.244	7.244	7262	144.577	63.589	7597	13.627	13.628
8398	42.475	42.481	7488	6.545	6.545	7263	89.115	75.397	7598	12.727	12.728
8399	33.831	33.835	7489	5.975	5.975	7264	65.443	96.042	7599	12.755	12.756
8400	12.143	12.144	7490	5.920	5.920	7265	37.081	35.738	7600	11.654	11.655
8401	6.043	6.043	7491	5.453	5.453	7266	23.728	24.511	7601	11.255	11.256
8402	7.219	7.219	7492	6.068	6.068	7267	30.229	33.276	7602	9.146	9.146
8403	7.193	7.193	7493	7.522	7.522	7268	53.942	22.276	7603	8.092	8.092
8404	7.806	7.806	7494	9.920	9.920	7269	36.299	14.694	7604	8.933	8.933
8405	13.240	13.241	7495	21.940	21.942	7270	24.816	13.484	7605	7.895	7.895
8406	24.422	24.424	7496	29.752	29.755	7271	16.679	20.754	7606	6.101	6.101
8407	36.806	36.811	7497	13.742	13.743	7272	11.148	20.311	7607	6.135	6.135
8408	49.496	49.504	7498	7.616	7.616	7273	14.393	17.858	7608	6.260	6.260
8409	61.352	61.363	7499	6.360	6.360	7274	19.786	21.966	7609	6.800	6.800
8410	70.468	70.481	7500	7.940	7.940	7275	23.152	39.382	7610	8.097	8.097
8411	77.161	77.177	7501	8.941	8.941	7276	26.312	87.794	7611	12.323	12.324
8412	75.039	75.054	7502	8.540	8.540	7277	48.422	244.287	7612	28.157	28.160
8413	60.138	60.148	7503	8.446	8.446	7278	86.912	196.294	7613	31.831	31.835
8414	136.218	136.256	7504	8.064	8.064	7279	114.862	1371.558	7614	34.935	34.939
8415	272.342	272.451	7505	10.494	10.494	7280	101.186	46135.325	7615	36.717	36.722
8416	156.818	156.865	7506	23.446	23.448	7281	635.003	8283.980	7616	34.541	34.545
8417	130.657	130.693	7507	72.327	72.341	7282	942.335	753.005	7617	38.178	38.183
8418	118.601	118.632	7508	133.271	133.308	7283	234.940	431.342	7618	53.755	53.764
8419	116.367	116.397	7509	130.919	130.955	7284	520.682	624.801	7619	41.314	41.320
8420	159.415	159.464	7510	75.506	75.521	7285	531.658	1614.228	7620	30.266	30.269
8421	218.072	218.150	7511	40.998	41.004	7286	445.085	1812.091	7621	27.311	27.314
8422	182.956	183.016	7512	39.162	39.167	7287	107.540	1090.347	7622	32.032	32.036
8423	116.139	116.169	7513	40.457	40.462	7288	80.562	781.592	7623	37.357	37.362
8424	92.307	92.328	7514	37.134	37.139	7289	156.339	544.136	7624	53.022	53.030
8425	76.568	76.583	7515	22.408	22.410	7290	83.412	1186.807	7625	61.698	61.709
8426	73.772	73.786	7516	11.709	11.710	7291	61.459	77125.907	7626	55.631	55.640
8427	80.948	80.965	7517	7.424	7.424	7292	50.190	#NUM!	7627	62.598	62.609
8428	172.723	172.778	7518	6.204	6.204	7293	41.345	#NUM!	7628	101.423	101.447
8429	130.640	130.676	7519	5.375	5.375	7294	43.200	#NUM!	7629	187.572	187.634
8430	346.044	346.201	7520	4.334	4.334	7295	66.557	#NUM!	7630	159.084	159.132
8431	145.318	145.360	7521	3.783	3.783	7296	67.307	#NUM!	7631	278.689	278.802
8432	117.947	117.977	7522	3.772	3.772	7297	39.133	178802.786	7632	322.222	322.363
8433	106.670	106.696	7523	3.768	3.768	7298	46.199	4206.568	7633	465.149	465.392
8434	100.353	100.377	7524	3.614	3.614	7299	50.513	2185.258	7634	230.067	230.152
8435	138.351	138.390	7525	3.442	3.442	7300	31.342	1320.933	7635	219.936	220.015
8436	84.536	84.554	7526	3.075	3.075	7301	26.143	5333.314	7636	191.068	191.132
8437	75.626	75.641	7527	2.890	2.890	7302	45.416	8392.129	7637	153.120	153.166
8438	35.782	35.786	7528	2.760	2.760	7303	49.482	1062.635	7638	149.336	149.380
8439	26.769	26.772	7529	2.747	2.747	7304	46.415	624.317	7639	53.495	53.504
8440	22.731	22.733	7530	2.799	2.799	7305	75.571	739.473	7640	31.680	31.684
8441	17.472	17.473	7531	2.759	2.759	7306	38.055	283.054	7641	29.324	29.327
8442	9.332	9.332	7532	2.722	2.722	7307	22.280	136.514	7642	49.948	49.956
8443	7.881	7.881	7533	2.690	2.690	7308	15.898	61.540	7643	72.916	72.930
8444	5.369	5.369	7534	2.925	2.925	7309	13.463	41.230	7644	54.483	54.492
8445	5.642	5.642	7535	4.549	4.549	7310	12.955	39.019	7645	42.431	42.437
8446	6.843	6.843	7536	9.948	9.948	7311	11.617	31.465	7646	12.165	12.166
8447	8.280	8.280	7537	12.655	12.656	7312	8.203	34.722	7647	6.022	6.022
8448	8.615	8.615	7538	11.133	11.134	7313	5.478	37.625	7648	4.245	4.245
8449	8.246	8.246	7539	7.872	7.872	7314	4.645	28.222	7649	3.852	3.852
8450	7.507	7.507	7540	4.837	4.837	7315	4.630	17.118	7650	3.882	3.882
8451	7.326	7.326	7541	4.291	4.291	7316	4.573	11.397	7651	3.811	3.811
8452	5.430	5.430	7542	4.584	4.584	7317	3.342	7.036	7652	3.483	3.483
8453	4.795	4.795	7543	4.254	4.254	7318	2.433	4.732	7653	3.168	3.168
8454	4.821	4.821	7544	3.642	3.642	7319	2.340	3.484	7654	2.869	2.869
8455	5.168	5.168	7545	3.615	3.615	7320	2.465	3.218	7655	2.683	2.683
8456	4.985	4.985	7546	3.065	3.065	7321	2.513	3.628	7656	3.023	3.023
8457	5.868	5.868	7547	2.710	2.710	7322	2.399	4.404	7657	3.234	3.234
8458	6.088	6.088	7548	2.522	2.522	7323	2.914	4.663	7658	3.275	3.275
8459	3.778	3.778	7549	2.421	2.421	7324	3.656	3.576	7659	3.079	3.079
8460	3.230	3.230	7550	2.355	2.355	7325	4.195	3.290	7660	3.079	3.079
8461	3.337	3.337	7551	2.441	2.441	7326	3.325	3.213	7661	3.031	3.031
8462	3.435	3.435	7552	2.414	2.414	7327	2.886	3.295	7662	2.890	2.890
8463	3.360	3.360	7553	2.198	2.198	7328	2.752	3.250	7663	2.421	2.421
8464	3.362	3.362	7554	2.160	2.160	7329	2.807	3.184	7664	2.474	2.474
8465	3.405	3.405	7555	2.201	2.201	7330	3.018	3.281	7665	2.412	2.412

POZO 5		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7895	7.495	7.495
7896	8.834	8.834
7897	10.129	10.129
7898	15.489	15.490
7899	24.197	24.199
7900	47.045	47.052
7901	105.269	105.294
7902	114.495	114.524
7903	116.571	116.601
7904	96.296	96.318
7905	37.237	37.242
7906	21.437	21.439
7907	21.198	21.200
7908	25.540	25.542
7909	38.214	38.219
7910	28.207	28.210
7911	21.821	21.823
7912	22.764	22.766
7913	17.516	17.517
7914	13.704	13.705
7915	13.275	13.276
7916	12.752	12.753
7917	10.170	10.170
7918	7.612	7.612
7919	7.520	7.520
7920	10.226	10.226
7921	23.134	23.136
7922	55.425	55.434
7923	96.394	96.416
7924	147.152	147.195
7925	395.909	396.100
7926	308.279	308.411
7927	112.730	112.758
7928	79.375	79.391
7929	91.932	91.953
7930	112.365	112.393
7931	163.544	163.594
7932	150.090	150.134
7933	178.127	178.184
7934	185.859	185.920
7935	330.395	330.541
7936	417.533	417.740
7937	245.101	245.194
7938	317.485	317.623
7939	409.946	410.148
7940	267.779	267.886
7941	329.357	329.503
7942	308.014	308.146
7943	207.265	207.337
7944	179.128	179.186
7945	167.898	167.951
7946	272.954	273.064
7947	235.304	235.392
7948	176.207	176.264
7949	187.382	187.444
7950	152.493	152.538
7951	102.084	102.108
7952	97.799	97.822
7953	59.859	59.869
7954	42.306	42.312
7955	31.430	31.434
7956	21.018	21.020
7957	19.880	19.882
7958	20.512	20.514
7959	15.427	15.428
7960	10.848	10.849
7961	7.604	7.604
7962	5.479	5.479
7963	4.017	4.017
7964	3.367	3.367
7965	3.139	3.139
7966	2.940	2.940
7967	2.882	2.882
7968	2.881	2.881
7969	2.876	2.876
7970	2.934	2.934
7971	2.923	2.923
7972	2.947	2.947
7973	2.949	2.949
7974	2.980	2.980
7975	3.196	3.196

POZO 6		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7582	17.050	17.051
7583	24.103	24.105
7584	19.086	19.087
7585	10.842	10.843
7586	8.430	8.430
7587	10.058	10.058
7588	10.404	10.404
7589	9.908	9.908
7590	8.927	8.927
7591	7.957	7.957
7592	5.559	5.559
7593	5.525	5.525
7594	6.027	6.027
7595	5.068	5.068
7596	5.580	5.580
7597	8.161	8.161
7598	28.086	28.089
7599	97.640	97.663
7600	122.624	122.656
7601	173.833	173.888
7602	154.372	154.418
7603	103.708	103.733
7604	147.522	147.565
7605	140.971	141.011
7606	115.636	115.665
7607	56.892	56.902
7608	151.656	151.701
7609	130.505	130.541
7610	73.604	73.618
7611	24.263	24.265
7612	20.349	20.351
7613	62.646	62.657
7614	110.028	110.055
7615	192.458	192.523
7616	216.996	217.074
7617	175.764	175.820
7618	120.760	120.792
7619	135.306	135.344
7620	94.038	94.059
7621	60.201	60.211
7622	52.658	52.666
7623	38.319	38.324
7624	25.233	25.235
7625	18.505	18.506
7626	16.483	16.484
7627	17.274	17.275
7628	16.536	16.537
7629	9.327	9.327
7630	6.660	6.660
7631	5.652	5.652
7632	4.204	4.204
7633	3.151	3.151
7634	2.723	2.723
7635	2.685	2.685
7636	2.668	2.668
7637	2.666	2.666
7638	2.508	2.508
7639	2.695	2.695
7640	3.046	3.046
7641	2.731	2.731
7642	2.874	2.874
7643	3.497	3.497
7644	3.865	3.865
7645	3.630	3.630
7646	3.118	3.118
7647	3.280	3.280
7648	3.568	3.568
7649	3.287	3.287
7650	3.261	3.261
7651	3.393	3.393
7652	3.087	3.087
7653	2.777	2.777
7654	2.651	2.651
7655	2.404	2.404
7656	2.476	2.476
7657	2.465	2.465
7658	2.150	2.150
7659	2.606	2.606
7660	3.974	3.974
7661	4.979	4.979
7662	6.008	6.008

POZO 7		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
8538	8.404	8.404
8539	11.022	11.023
8540	10.505	10.505
8541	19.862	19.864
8542	29.258	29.261
8543	28.260	28.263
8544	34.209	34.213
8545	42.155	42.161
8546	43.300	43.306
8547	41.181	41.187
8548	33.609	33.613
8549	32.236	32.240
8550	26.986	26.989
8551	28.125	28.128
8552	26.695	26.698
8553	25.594	25.596
8554	14.793	14.794
8555	9.717	9.717
8556	10.080	10.080
8557	13.942	13.943
8558	36.012	36.016
8559	33.718	33.722
8560	27.198	27.201
8561	21.341	21.343
8562	14.535	14.536
8563	16.596	16.597
8564	31.904	31.908
8565	35.960	35.964
8566	83.369	83.387
8567	47.734	47.741
8568	102.433	102.457
8569	123.418	123.451
8570	106.802	106.828
8571	93.707	93.728
8572	102.327	102.351
8573	99.800	99.823
8574	100.717	100.741
8575	83.206	83.224
8576	46.463	46.470
8577	41.240	41.246
8578	15.694	15.695
8579	8.217	8.217
8580	6.361	6.361
8581	5.780	5.780
8582	5.062	5.062
8583	4.584	4.584
8584	4.633	4.633
8585	4.648	4.648
8586	4.137	4.137
8587	3.828	3.828
8588	3.634	3.634
8589	3.207	3.207
8590	3.200	3.200
8591	3.381	3.381
8592	3.219	3.219
8593	3.120	3.120
8594	3.304	3.304
8595	3.313	3.313
8596	3.381	3.381
8597	3.277	3.277
8598	3.136	3.136
8599	3.138	3.138
8600	3.162	3.162
8601	3.235	3.235
8602	3.071	3.071
8603	3.072	3.072
8604	3.048	3.048
8605	3.056	3.056
8606	3.338	3.338
8607	4.025	4.025
8608	4.304	4.304
8609	3.514	3.514
8610	2.882	2.882
8611	3.192	3.192
8612	3.580	3.580
8613	3.429	3.429
8614	3.190	3.190
8615	3.267	3.267
8616	3.472	3.472
8617	3.259	3.259
8618	3.061	3.061

POZO 8		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7984	9.859	9.859
7985	10.873	10.874
7986	12.238	12.239
7987	7.876	7.876
7988	6.292	6.292
7989	6.237	6.237
7990	6.290	6.290
7991	6.552	6.552
7992	7.482	7.482
7993	8.022	8.022
7994	11.895	11.896
7995	15.821	15.822
7996	24.981	24.983
7997	45.457	45.464
7998	55.117	55.126
7999	57.884	57.894
8000	40.806	40.812
8001	40.089	40.094
8002	25.370	25.372
8003	23.096	23.098
8004	23.261	23.263
8005	24.479	24.481
8006	39.123	39.128
8007	42.760	42.766
8008	28.983	28.986
8009	24.453	24.455
8010	27.974	27.977
8011	30.876	30.879
8012	31.657	31.661
8013	38.722	38.727
8014	65.840	65.852
8015	93.466	93.487
8016	57.089	57.099
8017	49.410	49.418
8018	35.156	35.160
8019	41.301	41.307
8020	15.685	15.686
8021	8.871	8.871
8022	5.367	5.367
8023	4.260	4.260
8024	3.896	3.896
8025	3.762	3.762
8026	3.831	3.831
8027	3.253	3.253
8028	3.224	3.224
8029	3.793	3.793
8030	4.859	4.859
8031	4.339	4.339
8032	3.222	3.222
8033	2.444	2.444
8034	2.543	2.543
8035	2.937	2.937
8036	2.947	2.947
8037	2.924	2.924
8038	2.788	2.788
8039	2.462	2.462
8040	2.588	2.588
8041	3.499	3.499
8042	3.614	3.614
8043	3.059	3.059
8044	3.310	3.310
8045	3.435	3.435
8046	2.978	2.978
8047	2.284	2.284
8048	2.276	2.276
8049	2.292	2.292
8050	2.329	2.329
8051	2.481	2.481
8052	2.761	2.761
8053	2.983	2.983
8054	3.025	3.025
8055	3.013	3.013
8056	2.811	2.811
8057	2.657	2.657
8058	2.543	2.543
8059	2.577	2.577
8060	2.668	2.668
8061	2.825	2.825
8062	2.602	2.602
8063	2.376	2.376
8064	2.439	2.439

POZO 9		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7475	8.219	8.219
7476	5.943	5.943
7477	5.695	5.695
7478	5.382	5.382
7479	5.971	5.971
7480	6.444	6.444
7481	6.526	6.526
7482	6.568	6.568
7483	7.606	7.606
7484	5.677	5.677
7485	4.991	4.991
7486	3.485	3.485
7487	2.949	2.949
7488	2.885	2.885
7489	2.778	2.778
7490	2.800	2.800
7491	2.806	2.806
7492	2.812	2.812
7493	3.348	3.348
7494	3.911	3.911
7495	3.473	3.473
7496	3.127	3.127
7497	3.298	3.298
7498	3.356	3.356
7499	2.886	2.886
7500	2.858	2.858
7501	2.720	2.720
7502	2.939	2.939
7503	4.049	4.049
7504	2.809	2.809
7505	2.583	2.583
7506	2.590	2.590
7507	2.902	2.902
7508	2.851	2.851
7509	2.372	2.372
7510	2.328	2.328
7511	2.903	2.903
7512	2.991	2.991
7513	4.982	4.982
7514	5.615	5.615
7515	4.303	4.303
7516	2.744	2.744
7517	2.640	2.640
7518	2.974	2.974
7519	3.164	3.164
7520	2.966	2.966
7521	2.495	2.495
7522	2.503	2.503
7523	2.722	2.722
7524	2.600	2.600
7525	2.613	2.613
7526	2.579	2.579
7527	2.630	2.630
7528	2.574	2.574
7529	2.517	2.517
7530	2.350	2.350
7531	2.251	2.251
7532	2.994	2.994
7533	5.664	5.664
7534	8.136	8.136
7535	11.631	11.632
7536	15.020	15.021
7537	9.840	9.840
7538	3.905	3.905
7539	2.677	2.677
7540	2.397	2.397
7541	2.234	2.234
7542	2.234	2.234
7543	2.478	2.478
7544	3.423	3.423
7545	4.101	4.101
7546	2.586	2.586
7547	2.309	2.309
7548	2.707	2.707
7549	2.721	2.721
7550	2.840	2.840
7551	3.605	3.605
7552	3.857	3.857
7553	3.596	3.596
7554	3.476	3.476
7555	3.045	3.045

POZO 10		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7570	3.493	3.493
7571	4.662	4.662
7572	4.728	4.728
7573	5.848	5.848
7574	5.012	5.012
7575	4.839	4.839
7576	5.149	5.149
7577	4.491	4.491
7578	4.546	4.546
7579	4.784	4.784
7580	5.845	5.845
7581	7.774	7.774
7582	11.622	11.623
7583	35.675	35.679
7584	55.063	55.072
7585	113.814	113.843
7586	144.299	144.341
7587	204.264	204.335
7588	203.588	203.658
7589	339.539	339.691
7590	266.199	266.305
7591	167.147	167.199
7592	142.923	142.964
7593	105.477	105.503
7594	91.343	91.363
7595	63.000	63.011
7596	58.557	58.567
7597	33.430	33.434
7598	12.504	12.505
7599	7.318	7.318
7600	3.500	3.500
7601	2.796	2.796
7602	2.530	2.530
7603	2.576	2.576
7604	2.320	2.320
7605	2.396	2.396
7606	2.447	2.447
7607	2.295	2.295
7608	2.160	2.160
7609	2.616	2.616
7610	2.992	2.992
7611	2.517	2.517
7612	2.539	2.539
7613	2.581	2.581
7614	2.549	2.549
7615	2.446	2.446
7616	2.439	2.439
7617	3.000	3.000
7618	3.386	3.386
7619	3.906	3.906
7620	5.041	5.041
7621	3.277	3.277
7622	3.156	3.156
7623	3.337	3.337
7624	3.173	3.173
7625	3.344	3.344
7626	3.426	3.426
7627	3.277	3.277
7628	3.458	3.458
7629	3.832	3.832
7630	2.449	2.449
7631	2.195	2.195
7632	2.194	2.194
7633	2.306	2.306
7634	2.556	2.556
7635	2.656	2.656
7636	2.489	2.489
7637	2.385	2.385
7638	2.329	2.329
7639	2.381	2.381
7640	2.203	2.203
7641	2.256	2.256
7642	2.229	2.229
7643	2.169	2.169
7644	2.398	2.398
7645	3.960	3.960
7646	6.088	6.088
7647	5.593	5.593
7648	3.411	3.411
7649	2.311	2.311
7650	2.294	2.294

POZO 11		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7585	6.735	6.735
7586	7.411	7.411
7587	16.149	16.150
7588	22.055	22.057
7589	40.587	40.592
7590	44.326	44.332
7591	31.935	31.939
7592	17.321	17.322
7593	10.252	10.252
7594	12.245	12.246
7595	20.015	20.017
7596	29.079	29.082
7597	30.676	30.679
7598	22.369	22.371
7599	17.879	17.880
7600	14.359	14.360
7601	12.833	12.834
7602	11.498	11.499
7603	9.547	9.547
7604	9.366	9.366
7605	11.819	11.820
7606	27.356	27.359
7607	27.193	27.196
7608	68.564	68.577
7609	83.096	83.114
7610	104.433	104.458
7611	150.579	150.623
7612	99.439	99.462
7613	66.220	66.232
7614	67.755	67.768
7615	86.970	86.989
7616	103.217	103.242
7617	86.379	86.398
7618	71.280	71.294
7619	93.778	93.799
7620	136.357	136.395
7621	99.461	99.484
7622	93.982	94.003
7623	134.342	134.379
7624	146.125	146.167
7625	135.677	135.715
7626	80.028	80.045
7627	54.039	54.048
7628	35.535	35.539
7629	27.167	27.170
7630	14.752	14.753
7631	8.027	8.027
7632	5.128	5.128
7633	4.054	4.054
7634	3.416	3.416
7635	3.913	3.913
7636	3.909	3.909
7637	3.755	3.755
7638	3.096	3.096
7639	2.811	2.811
7640	3.110	3.110
7641	3.254	3.254
7642	3.191	3.191
7643	3.309	3.309
7644	4.413	4.413
7645	6.365	6.365
7646	5.778	5.778
7647	4.310	4.310
7648	2.925	2.925
7649	2.631	2.631
7650	2.702	2.702
7651	2.451	2.451
7652	2.377	2.377
7653	2.410	2.410
7654	2.545	2.545
7655	2.783	2.783
7656	2.824	2.824
7657	2.930	2.930
7658	3.691	3.691
7659	4.586	4.586
7660	5.302	5.302
7661	6.668	6.668
7662	6.213	6.213
7663	4.751	4.751
7664	3.588	3.588
7665	2.809	2.809

POZO 12		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7327	9.730	10.371
7328	10.292	11.141
7329	22.977	27.910
7330	29.143	36.275
7331	39.759	95.637
7332	90.552	112.357
7333	111.560	68.693
7334	171.881	39.137
7335	277.738	23.728
7336	286.390	39.099
7337	354.055	132.750
7338	432.038	222.387
7339	499.257	189.003
7340	526.694	124.731
7341	398.583	64.973
7342	237.622	61.303
7343	272.308	33.834
7344	488.291	22.622
7345	555.867	21.708
7346	340.012	21.291
7347	317.175	29.608
7348	159.039	94.741
7349	134.964	71.001
7350	177.723	316.847
7351	58.743	513.919
7352	46.850	1156.249
7353	72.620	378.684
7354	94.315	121.214
7355	92.098	49.541
7356	79.144	74.136
7357	84.158	71.926
7358	82.657	57.617
7359	52.239	66.744
7360	32.513	67.651
7361	16.777	73.273
7362	12.919	75.809
7363	8.247	38.072
7364	4.825	37.208
7365	3.507	44.504
7366	3.742	46.401
7367	4.407	25.306
7368	3.635	15.490
7369	3.419	16.176
7370	3.557	11.211
7371	3.432	9.074
7372	3.384	4.739
7373	3.613	2.912
7374	3.944	2.066
7375	2.952	1.954
7376	2.301	1.731
7377	2.544	2.011
7378	2.836	1.979
7379	2.699	1.963
7380	2.764	1.701
7381	2.515	1.613
7382	2.282	1.597
7383	2.291	1.777
7384	2.418	1.849
7385	3.039	1.968
7386	3.105	2.952
7387	2.628	4.020
7388	2.494	3.161
7389	2.709	2.123
7390	2.502	1.518
7391	2.664	1.571
7392	2.334	1.732
7393	2.391	1.538
7394	2.680	1.921
7395	2.975	2.275
7396	2.790	2.491
7397	2.760	2.843
7398	2.898	3.220
7399	3.087	3.259
7400	3.219	4.200
7401	3.124	5.642
7402	2.689	7.212
7403	2.441	10.305
7404	2.544	7.497
7405	2.525	3.877
7406	2.296	2.688
7407	2.459	1.929

POZO 13		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
9510	10.800	10.801
9511	17.829	17.830
9512	17.829	17.830
9513	23.237	23.239
9514	37.437	37.442
9515	50.966	50.974
9516	52.232	52.240
9517	54.729	54.738
9518	60.412	60.422
9519	59.341	59.351
9520	56.891	56.901
9521	73.442	73.456
9522	66.089	66.101
9523	107.727	107.753
9524	90.844	90.864
9525	97.047	97.069
9526	126.645	126.679
9527	133.831	133.868
9528	144.582	144.624
9529	137.830	137.869
9530	138.819	138.858
9531	137.090	137.128
9532	125.032	125.065
9533	58.158	58.168
9534	42.035	42.041
9535	78.636	78.652
9536	82.910	82.927
9537	75.086	75.101
9538	55.598	55.607
9539	43.212	43.218
9540	58.236	58.246
9541	58.751	58.761
9542	51.787	51.795
9543	56.462	56.471
9544	51.133	51.141
9545	58.700	58.710
9546	40.407	40.412
9547	30.108	30.111
9548	17.135	17.136
9549	13.336	13.337
9550	5.128	5.128
9551	5.775	5.775
9552	13.609	13.610
9553	14.104	14.105
9554	13.103	13.104
9555	10.755	10.756
9556	8.992	8.992
9557	7.077	7.077
9558	5.068	5.068
9559	4.715	4.715
9560	3.123	3.123
9561	3.085	3.085
9562	3.948	3.948
9563	4.083	4.083
9564	3.529	3.529
9565	4.203	4.203
9566	3.873	3.873
9567	4.023	4.023
9568	4.348	4.348
9569	5.329	5.329
9570	4.977	4.977
9571	5.748	5.748
9572	6.480	6.480
9573	6.461	6.461
9574	5.797	5.797
9575	4.649	4.649
9576	4.068	4.068
9577	3.869	3.869
9578	3.910	3.910
9579	3.696	3.696
9580	3.507	3.507
9581	3.837	3.837
9582	4.161	4.161
9583	5.106	5.106
9584	4.139	4.139
9585	3.733	3.733
9586	3.297	3.297
9587	3.604	3.604
9588	3.847	3.847
9589	3.433	3.433
9590	3.100	3.100

POZO 14		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
8820	120.730	120.762
8821	98.430	98.453
8822	76.140	76.155
8823	53.840	53.849
8824	53.840	53.849
8825	67.730	67.743
8826	81.620	81.637
8827	85.490	85.508
8828	88.780	88.799
8829	93.770	93.791
8830	92.360	92.381
8831	90.950	90.970
8832	89.530	89.550
8833	97.290	97.312
8834	105.060	105.085
8835	112.820	112.848
8836	82.780	82.797
8837	171.040	171.094
8838	256.660	256.760
8839	179.140	179.198
8840	207.770	207.843
8841	236.410	236.498
8842	247.600	247.695
8843	255.600	255.699
8844	263.590	263.694
8845	271.590	271.699
8846	254.820	254.919
8847	173.050	173.105
8848	110.800	110.828
8849	173.600	173.655
8850	236.410	236.498
8851	204.520	204.591
8852	179.140	179.198
8853	175.210	175.266
8854	160.380	160.429
8855	148.890	148.934
8856	96.510	96.532
8857	85.490	85.508
8858	61.340	61.351
8859	37.190	37.195
8860	20.390	20.392
8861	16.180	16.181
8862	17.750	17.751
8863	15.740	15.741
8864	13.740	13.741
8865	11.730	11.731
8866	9.730	9.730
8867	6.650	6.650
8868	6.290	6.290
8869	5.940	5.940
8870	5.580	5.580
8871	5.220	5.220
8872	4.860	4.860
8873	4.180	4.180
8874	5.090	5.090
8875	4.040	4.040
8876	3.860	3.860
8877	3.690	3.690
8878	3.530	3.530
8879	3.360	3.360
8880	3.240	3.240
8881	3.230	3.230
8882	3.210	3.210
8883	3.210	3.210
8884	3.360	3.360
8885	3.520	3.520
8886	3.010	3.010
8887	3.520	3.520
8888	3.880	3.880
8889	4.230	4.230
8890	4.430	4.430
8891	4.150	4.150
8892	3.860	3.860
8893	3.690	3.690
8894	3.520	3.520
8895	3.500	3.500
8896	3.470	3.470
8897	3.270	3.270
8898	3.060	3.060
8899	3.210	3.210
8900	3.210	3.210

POZO 15		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7493	5.015	8.731
7494	5.362	7.115
7495	5.360	6.344
7496	5.577	5.647
7497	6.566	5.947
7498	7.508	6.273
7499	7.006	5.694
7500	6.963	5.406
7501	6.627	6.156
7502	6.691	4.880
7503	4.984	4.760
7504	4.186	3.700
7505	3.360	3.224
7506	3.458	3.590
7507	3.519	3.376
7508	3.846	4.044
7509	2.952	4.836
7510	2.576	5.498
7511	2.510	7.970
7512	2.314	10.449
7513	2.534	8.265
7514	2.697	6.891
7515	2.593	6.778
7516	2.819	6.335
7517	2.829	5.395
7518	2.686	5.161
7519	2.688	3.830
7520	2.590	3.269
7521	2.253	3.203
7522	2.278	2.046
7523	2.590	1.500
7524	3.422	1.467
7525	3.664	1.787
7526	3.562	1.902
7527	4.958	1.582
7528	6.245	1.503
7529	3.805	1.764
7530	2.604	1.861
7531	2.687	2.782
7532	2.954	3.162
7533	2.932	2.262
7534	2.999	1.557
7535	2.820	1.743
7536	2.885	1.915
7537	2.687	1.963
7538	2.654	1.739
7539	2.547	1.403
7540	2.322	1.416
7541	2.525	1.608
7542	3.385	1.675
7543	3.903	1.633
7544	3.724	1.409
7545	2.815	1.471
7546	2.600	1.483
7547	2.713	1.468
7548	3.557	1.459
7549	3.712	1.417
7550	2.607	1.720
7551	2.466	2.997
7552	2.669	4.712
7553	2.613	5.612
7554	2.462	7.648
7555	2.395	5.967
7556	2.348	2.962
7557	2.405	2.253
7558	2.664	2.052
7559	2.983	1.907
7560	3.141	2.073
7561	2.666	2.400
7562	2.214	3.224
7563	2.306	3.697
7564	2.611	2.553
7565	2.610	2.356
7566	2.481	2.743
7567	2.468	2.743
7568	2.566	3.239
7569	3.624	4.490
7570	4.799	4.611
7571	3.619	3.719
7572	2.992	3.235
7573	3.470	2.765

## ANEXO J: DATOS DE SALIDA POR POZO (“T” INFERIOR)

POZO 1		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
8675	15.480	15.482
8676	14.966	14.968
8677	13.843	13.844
8678	17.477	17.479
8679	17.569	17.571
8680	26.226	26.231
8681	36.293	36.301
8682	33.390	33.397
8683	44.798	44.809
8684	40.900	40.910
8685	19.398	19.401
8686	26.914	26.919
8687	58.713	58.730
8688	42.817	42.827
8689	36.017	36.025
8690	31.659	31.665
8691	27.819	27.824
8692	25.246	25.250
8693	18.846	18.849
8694	34.150	34.157
8695	40.341	40.351
8696	39.530	39.539
8697	33.114	33.121
8698	41.125	41.135
8699	45.467	45.479
8700	17.896	17.898
8701	13.967	13.969
8702	11.158	11.159
8703	17.622	17.624
8704	25.277	25.281
8705	21.193	21.196
8706	16.793	16.795
8707	18.291	18.293
8708	28.843	28.848
8709	47.384	47.396
8710	54.491	54.506
8711	65.880	65.901
8712	49.028	49.041
8713	83.991	84.022
8714	176.482	176.576
8715	153.238	153.314
8716	105.140	105.183
8717	119.841	119.894
8718	226.880	227.016
8719	137.781	137.846
8720	120.987	121.040
8721	148.614	148.687
8722	127.540	127.598
8723	101.976	102.017
8724	184.801	184.902
8725	151.550	151.625
8726	81.378	81.407
8727	30.948	30.954
8728	18.759	18.762
8729	21.212	21.215
8730	23.887	23.891
8731	24.488	24.492
8732	23.698	23.702
8733	24.067	24.071
8734	32.685	32.692
8735	19.539	19.542
8736	18.211	18.213
8737	19.177	19.180
8738	17.331	17.333
8739	18.158	18.160
8740	18.198	18.200
8741	21.184	21.187
8742	25.702	25.706
8743	44.329	44.340
8744	71.703	71.727
8745	43.258	43.269
8746	52.596	52.611
8747	62.864	62.883
8748	44.888	44.899
8749	45.740	45.752
8750	45.768	45.780
8751	50.376	50.390
8752	47.928	47.941
8753	45.796	45.808
8754	52.085	52.099
8755	55.561	55.577
8756	49.043	49.056
8757	53.131	53.146
8758	52.288	52.302
8759	56.676	56.692
8760	71.847	71.871
8761	74.274	74.299
8762	43.623	43.634
8763	29.278	29.284
8764	32.183	32.190
8765	35.241	35.249
8766	36.917	36.925
8767	35.456	35.464
8768	46.847	46.859
8769	49.726	49.739
8770	34.386	34.393
8771	37.991	38.000
8772	72.171	72.195
8773	147.324	147.396
8774	40.034	40.043
8775	25.945	25.950

POZO 2		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7685	7.762	7.762
7686	8.922	8.923
7687	11.471	11.472
7688	12.289	12.290
7689	12.042	12.043
7690	12.010	12.011
7691	11.138	11.139
7692	10.535	10.536
7693	9.761	9.762
7694	9.603	9.604
7695	11.862	11.863
7696	17.116	17.118
7697	38.083	38.092
7698	56.160	56.176
7699	60.027	60.045
7700	53.403	53.418
7701	39.390	39.399
7702	24.152	24.156
7703	25.135	25.139
7704	30.734	30.740
7705	57.896	57.913
7706	97.869	97.908
7707	112.643	112.691
7708	137.536	137.601
7709	115.172	115.222
7710	126.281	126.338
7711	122.968	123.023
7712	140.151	140.218
7713	118.614	118.666
7714	78.805	78.833
7715	84.743	84.774
7716	94.724	94.761
7717	85.026	85.057
7718	103.628	103.670
7719	154.563	154.640
7720	299.031	299.235
7721	199.102	199.214
7722	138.969	139.035
7723	151.588	151.663
7724	117.249	117.300
7725	52.518	52.533
7726	42.885	42.896
7727	34.406	34.413
7728	28.760	28.765
7729	36.110	36.118
7730	57.842	57.859
7731	82.317	82.347
7732	91.142	91.177
7733	69.587	69.610
7734	59.923	59.941
7735	51.154	51.168
7736	63.226	63.246
7737	83.916	83.946
7738	124.282	124.338
7739	116.878	116.929
7740	74.022	74.047
7741	61.839	61.858
7742	76.091	76.117
7743	98.847	98.886
7744	97.030	97.068
7745	46.471	46.483
7746	24.871	24.875
7747	22.714	22.718
7748	23.432	23.436
7749	22.952	22.956
7750	23.608	23.612
7751	29.688	29.694
7752	64.957	64.977
7753	97.413	97.451
7754	88.574	88.607
7755	92.079	92.114
7756	40.473	40.483
7757	31.185	31.191
7758	22.789	22.793
7759	22.933	22.937
7760	25.223	25.227
7761	22.726	22.730
7762	19.945	19.948
7763	20.868	20.871
7764	25.013	25.017
7765	30.689	30.695
7766	28.101	28.106
7767	37.082	37.090
7768	60.557	60.575
7769	93.881	93.917
7770	92.391	92.426
7771	109.907	109.953
7772	281.481	281.668
7773	177.754	177.849
7774	135.069	135.132
7775	195.025	195.134
7776	103.619	103.661
7777	52.851	52.866
7778	33.149	33.156
7779	28.589	28.594
7780	24.046	24.050
7781	23.877	23.881
7782	24.109	24.113
7783	24.059	24.063
7784	24.049	24.053
7785	23.432	23.436

POZO 3		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7500	12.690	12.111
7501	13.054	15.237
7502	11.025	25.544
7503	9.659	21.608
7504	10.228	17.096
7505	11.997	12.872
7506	14.268	8.817
7507	18.131	14.998
7508	19.802	15.041
7509	20.475	21.572
7510	20.325	63.222
7511	28.721	55.131
7512	39.231	43.933
7513	75.069	87.407
7514	91.733	105.721
7515	51.263	95.545
7516	54.880	106.808
7517	71.392	73.750
7518	61.798	110.843
7519	58.083	40.604
7520	39.012	47.429
7521	29.130	40.908
7522	28.835	107.318
7523	36.535	44.135
7524	37.993	40.164
7525	51.789	174.303
7526	71.054	317.712
7527	95.960	584.438
7528	197.228	219.900
7529	481.927	161.189
7530	233.555	417.138
7531	111.498	1305.389
7532	124.850	696.775
7533	68.879	106.517
7534	28.691	23.216
7535	21.141	14.774
7536	17.068	11.209
7537	16.593	14.568
7538	21.337	16.880
7539	27.321	17.094
7540	39.516	17.893
7541	27.887	54.106
7542	21.105	60.532
7543	22.776	22.239
7544	25.857	26.100
7545	24.122	28.380
7546	25.577	21.010
7547	29.478	19.821
7548	34.329	29.034
7549	43.208	25.045
7550	93.853	18.624
7551	303.514	35.715
7552	264.201	205.755
7553	317.377	1786.253
7554	68.434	889.060
7555	46.951	241.039
7556	49.938	393.644
7557	44.812	304.623
7558	64.914	213.533
7559	80.756	81.032
7560	144.141	176.242
7561	94.521	85.785
7562	68.590	89.529
7563	86.688	89.784
7564	102.085	68.770
7565	53.564	55.247
7566	39.896	39.171
7567	39.840	34.644
7568	28.618	28.145
7569	42.061	25.955
7570	39.721	74.353
7571	26.681	59.958
7572	24.215	45.144
7573	23.922	59.782
7574	15.630	56.196
7575	11.043	45.234
7576	11.943	36.067
7577	20.474	39.370
7578	21.891	46.866
7579	24.195	41.675
7580	21.589	33.558
7581	21.115	29.543
7582	24.403	25.516
7583	23.309	20.595
7584	24.517	16.711
7585	24.680	15.381
7586	21.719	16.988
7587	19.850	30.268
7588	17.936	37.258
7589	15.868	24.853
7590	15.654	20.143
7591	15.553	17.989
7592	15.129	15.282
7593	16.157	10.740
7594	16.398	9.845
7595	17.269	12.098
7596	18.643	10.507
7597	18.555	6.529
7598	17.137	4.261
7599	18.816	10.775
7600	15.196	18.010

POZO 4		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7825	10.017	10.018
7826	12.091	12.092
7827	11.870	11.871
7828	11.825	11.826
7829	11.467	11.468
7830	11.097	11.098
7831	11.039	11.040
7832	9.440	9.441
7833	8.367	8.368
7834	7.775	7.775
7835	8.725	8.726
7836	11.356	11.357
7837	13.311	13.312
7838	25.201	25.205
7839	54.372	54.387
7840	81.406	81.435
7841	66.516	66.537
7842	54.656	54.672
7843	30.498	30.504
7844	20.551	20.554
7845	18.226	18.228
7846	26.916	26.921



POZO 5		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
8170	17.268	11.613
8171	15.911	11.262
8172	13.366	14.333
8173	12.753	16.304
8174	12.988	18.041
8175	16.028	16.917
8176	22.688	19.125
8177	33.804	35.065
8178	45.356	20.916
8179	34.021	23.463
8180	39.339	53.569
8181	63.305	30.881
8182	34.681	17.882
8183	20.078	23.116
8184	19.341	26.589
8185	26.521	38.345
8186	50.018	45.315
8187	57.624	55.944
8188	123.112	108.103
8189	202.346	34.017
8190	91.004	31.288
8191	37.625	42.962
8192	29.106	197.407
8193	62.174	88.288
8194	189.951	52.757
8195	217.973	305.862
8196	74.857	287.198
8197	59.463	656.390
8198	73.429	262.506
8199	54.373	54.665
8200	57.197	62.922
8201	88.216	245.384
8202	182.554	253.856
8203	161.942	90.235
8204	187.272	61.420
8205	218.200	170.369
8206	139.152	176.916
8207	110.475	130.176
8208	98.418	76.879
8209	63.810	88.834
8210	67.232	130.140
8211	60.234	403.225
8212	85.811	195.645
8213	178.536	37.794
8214	148.417	45.501
8215	80.069	84.734
8216	75.100	43.274
8217	90.396	55.975
8218	138.301	109.782
8219	112.913	82.064
8220	80.802	27.347
8221	95.157	20.641
8222	98.997	112.017
8223	97.839	602.497
8224	98.656	4075.411
8225	124.241	2175.646
8226	259.469	17889.065
8227	160.918	294583.748
8228	234.598	375997.260
8229	649.590	8395.783
8230	704.221	3426858.601
8231	884.102	12658.870
8232	269.769	1300.393
8233	83.249	693.123
8234	131.399	169.002
8235	123.185	58.639
8236	78.884	47.848
8237	83.202	49.953
8238	66.125	33.344
8239	105.512	27.479
8240	128.906	54.760
8241	50.308	57.106
8242	32.380	25.512
8243	34.174	29.351
8244	35.039	28.176
8245	59.663	18.541
8246	40.288	12.048
8247	30.575	9.843
8248	35.565	11.953
8249	21.489	14.499
8250	18.735	18.364
8251	20.404	17.303
8252	17.199	9.952
8253	18.443	7.567
8254	16.087	7.723
8255	15.993	10.964
8256	16.926	16.521
8257	14.241	43.258
8258	16.020	71.475
8259	15.620	37.845
8260	13.453	32.507
8261	15.136	25.649
8262	14.577	20.600
8263	16.551	12.674
8264	16.020	10.535
8265	13.862	12.953
8266	15.103	14.420
8267	13.568	10.011
8268	12.572	5.486
8269	13.356	15.813
8270	15.115	26.883

POZO 6		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7807	8.293	8.294
7808	8.913	8.914
7809	8.224	8.225
7810	7.781	7.781
7811	6.854	6.854
7812	8.916	8.917
7813	10.369	10.370
7814	16.672	16.674
7815	24.184	24.188
7816	24.025	24.029
7817	24.381	24.385
7818	25.363	25.367
7819	25.246	25.250
7820	20.377	20.380
7821	17.591	17.593
7822	17.953	17.955
7823	17.303	17.305
7824	16.285	16.287
7825	16.448	16.450
7826	19.613	19.616
7827	26.119	26.124
7828	30.466	30.472
7829	75.072	75.098
7830	94.217	94.253
7831	98.160	98.199
7832	66.465	66.486
7833	32.163	32.170
7834	14.443	14.445
7835	9.383	9.384
7836	9.303	9.304
7837	10.750	10.751
7838	14.755	14.757
7839	22.668	22.672
7840	20.649	20.652
7841	20.965	20.968
7842	22.859	22.863
7843	27.481	27.486
7844	35.760	35.768
7845	80.555	80.584
7846	178.173	178.268
7847	171.425	171.515
7848	273.896	274.075
7849	181.960	182.058
7850	62.935	62.954
7851	34.507	34.514
7852	31.188	31.194
7853	29.468	29.474
7854	30.943	30.949
7855	34.081	34.088
7856	38.294	38.303
7857	46.056	46.068
7858	71.486	71.510
7859	82.496	82.526
7860	72.658	72.682
7861	87.579	87.612
7862	87.360	87.392
7863	101.098	101.139
7864	147.728	147.800
7865	116.824	116.875
7866	103.778	103.820
7867	99.057	99.096
7868	36.112	36.120
7869	55.591	55.607
7870	62.478	62.497
7871	50.162	50.176
7872	39.404	39.413
7873	33.733	33.740
7874	41.506	41.516
7875	82.697	82.727
7876	132.179	132.240
7877	181.891	181.989
7878	174.884	174.977
7879	181.427	181.525
7880	217.339	217.467
7881	219.653	219.783
7882	182.177	182.276
7883	173.090	173.181
7884	209.558	209.679
7885	252.044	252.203
7886	305.177	305.387
7887	229.790	229.929
7888	180.196	180.293
7889	191.059	191.165
7890	178.448	178.544
7891	121.946	122.000
7892	93.940	93.976
7893	73.945	73.970
7894	64.398	64.418
7895	46.746	46.758
7896	33.323	33.330
7897	29.195	29.201
7898	28.999	29.005
7899	28.352	28.357
7900	27.143	27.148
7901	25.260	25.264
7902	24.625	24.629
7903	24.673	24.677
7904	23.963	23.967
7905	22.768	22.772
7906	20.691	20.694
7907	19.418	19.421

POZO 7		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
8790	9.584	9.585
8791	9.847	9.848
8792	11.057	11.058
8793	13.168	13.169
8794	18.790	18.793
8795	51.363	51.377
8796	44.829	44.840
8797	29.916	29.922
8798	21.854	21.857
8799	19.091	19.094
8800	19.639	19.642
8801	18.115	18.117
8802	14.431	14.433
8803	13.244	13.245
8804	15.915	15.917
8805	17.318	17.320
8806	15.843	15.845
8807	15.601	15.603
8808	15.321	15.323
8809	14.643	14.645
8810	16.207	16.209
8811	20.028	20.031
8812	18.153	18.155
8813	17.718	17.720
8814	18.018	18.020
8815	19.844	19.847
8816	22.064	22.067
8817	19.447	19.450
8818	24.241	24.245
8819	35.427	35.435
8820	37.722	37.731
8821	42.468	42.478
8822	58.403	58.420
8823	83.707	83.737
8824	76.843	76.870
8825	82.248	82.278
8826	85.788	85.820
8827	79.471	79.499
8828	76.635	76.661
8829	69.845	69.868
8830	95.926	95.963
8831	103.634	103.676
8832	97.636	97.674
8833	89.865	89.899
8834	76.822	76.849
8835	73.442	73.467
8836	135.316	135.379
8837	111.719	111.766
8838	101.939	101.980
8839	67.442	67.464
8840	64.398	64.418
8841	61.046	61.065
8842	63.821	63.841
8843	77.959	77.986
8844	83.463	83.493
8845	103.912	103.954
8846	108.882	108.927
8847	86.338	86.370
8848	68.637	68.659
8849	68.058	68.080
8850	54.862	54.878
8851	51.850	51.864
8852	132.978	133.040
8853	204.756	204.873
8854	286.201	286.392
8855	273.360	273.539
8856	218.012	218.141
8857	182.839	182.938
8858	172.769	172.860
8859	160.662	160.744
8860	176.120	176.214
8861	180.587	180.684
8862	162.408	162.491
8863	131.144	131.204
8864	109.964	110.010
8865	102.772	102.814
8866	96.474	96.512
8867	73.580	73.605
8868	63.042	63.061
8869	61.557	61.576
8870	58.120	58.137
8871	57.116	57.133
8872	62.577	62.596
8873	78.979	79.007
8874	86.213	86.245
8875	59.756	59.774
8876	55.260	55.276
8877	39.532	39.541
8878	35.104	35.112
8879	34.292	34.299
8880	35.920	35.928
8881	36.247	36.255
8882	35.877	35.885
8883	35.112	35.120
8884	34.440	34.447
8885	34.744	34.751
8886	34.542	34.549
8887	36.679	36.687
8888	33.258	33.265
8889	31.246	31.252
8890	29.583	29.589

POZO 8		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
8210	10.357	10.358
8211	9.890	9.891
8212	10.291	10.292
8213	10.794	10.795
8214	11.111	11.112
8215	15.649	15.651
8216	16.025	16.027
8217	12.361	12.362
8218	11.223	11.224
8219	10.295	10.296
8220	8.710	8.711
8221	8.633	8.634
8222	10.359	10.360
8223	10.443	10.444
8224	10.464	10.465
8225	9.700	9.701
8226	10.061	10.062
8227	10.380	10.381
8228	13.274	13.275
8229	14.709	14.711
8230	15.406	15.408
8231	12.872	12.873
8232	12.777	

POZO 9		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7700	17.134	17.136
7701	22.812	22.816
7702	47.365	47.377
7703	73.571	73.596
7704	48.519	48.532
7705	28.302	28.307
7706	16.421	16.423
7707	18.612	18.615
7708	31.004	31.010
7709	38.154	38.163
7710	33.320	33.327
7711	38.515	38.524
7712	59.163	59.181
7713	116.872	116.923
7714	165.590	165.676
7715	200.328	200.441
7716	261.876	262.044
7717	266.809	266.982
7718	258.887	259.052
7719	176.575	176.669
7720	145.553	145.624
7721	86.639	86.671
7722	67.593	67.615
7723	47.786	47.799
7724	45.476	45.488
7725	70.114	70.137
7726	99.006	99.045
7727	133.107	133.169
7728	122.334	122.388
7729	131.068	131.128
7730	135.814	135.878
7731	125.882	125.939
7732	86.785	86.817
7733	64.530	64.570
7734	27.305	27.310
7735	16.027	16.029
7736	15.679	15.681
7737	20.194	20.197
7738	23.302	23.306
7739	24.703	24.707
7740	28.140	28.145
7741	42.278	42.288
7742	79.310	79.338
7743	103.332	103.374
7744	86.260	86.292
7745	43.666	43.677
7746	34.779	34.786
7747	32.720	32.727
7748	42.198	42.208
7749	81.610	81.639
7750	88.389	88.422
7751	143.519	143.588
7752	141.327	141.394
7753	193.180	193.288
7754	96.147	96.185
7755	56.077	56.093
7756	45.682	45.694
7757	27.618	27.623
7758	24.986	24.990
7759	20.559	20.562
7760	18.594	18.597
7761	21.435	21.438
7762	22.053	22.056
7763	19.676	19.679
7764	18.425	18.428
7765	18.643	18.646
7766	19.166	19.169
7767	22.039	22.042
7768	23.531	23.535
7769	22.841	22.845
7770	21.231	21.234
7771	19.784	19.787
7772	18.451	18.454
7773	17.851	17.853
7774	18.531	18.534
7775	18.750	18.753
7776	17.835	17.837
7777	17.180	17.182
7778	17.667	17.669
7779	17.096	17.098
7780	17.211	17.213
7781	17.597	17.599
7782	17.896	17.898
7783	18.130	18.132
7784	17.404	17.406
7785	17.957	17.959
7786	18.688	18.691
7787	17.319	17.321
7788	17.536	17.538
7789	17.470	17.472
7790	16.022	16.024
7791	15.962	15.964
7792	16.974	16.976
7793	16.682	16.684
7794	17.127	17.129
7795	16.010	16.012
7796	15.594	15.596
7797	14.860	14.862
7798	13.705	13.706
7799	13.902	13.904
7800	15.617	15.619

POZO 10		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7800	22.444	22.448
7801	21.855	21.858
7802	21.504	21.507
7803	24.060	24.064
7804	26.338	26.343
7805	35.382	35.390
7806	67.322	67.344
7807	98.771	98.810
7808	101.393	101.434
7809	86.692	86.724
7810	75.920	75.946
7811	64.087	64.107
7812	63.933	63.953
7813	74.358	74.383
7814	100.286	100.326
7815	157.984	158.064
7816	141.859	141.927
7817	103.687	103.729
7818	71.494	71.518
7819	45.628	45.640
7820	40.670	40.680
7821	64.778	64.798
7822	106.825	106.869
7823	132.753	132.814
7824	112.540	112.588
7825	121.978	122.032
7826	88.775	88.808
7827	70.892	70.915
7828	51.935	51.949
7829	30.832	30.838
7830	25.054	25.058
7831	47.646	47.658
7832	65.008	65.028
7833	70.871	70.894
7834	82.602	82.632
7835	141.962	142.030
7836	307.504	307.716
7837	344.652	344.903
7838	231.002	231.142
7839	295.296	295.496
7840	421.548	421.883
7841	310.016	310.231
7842	228.116	228.253
7843	148.659	148.732
7844	105.905	105.949
7845	92.032	92.067
7846	64.204	64.224
7847	76.223	76.249
7848	104.102	104.144
7849	131.238	131.298
7850	106.761	106.805
7851	101.296	101.337
7852	102.583	102.625
7853	96.034	96.072
7854	92.859	92.895
7855	91.863	91.898
7856	89.610	89.644
7857	85.066	85.097
7858	76.443	76.469
7859	70.587	70.610
7860	67.873	67.895
7861	59.584	59.602
7862	58.528	58.545
7863	50.280	50.294
7864	28.259	28.264
7865	24.915	24.919
7866	26.203	26.208
7867	26.758	26.763
7868	27.761	27.766
7869	29.410	29.416
7870	25.528	25.532
7871	27.865	27.870
7872	21.079	21.082
7873	19.992	19.995
7874	23.268	23.272
7875	24.022	24.026
7876	20.218	20.221
7877	16.216	16.218
7878	16.421	16.423
7879	14.815	14.817
7880	15.633	15.635
7881	17.944	17.946
7882	18.708	18.711
7883	19.865	19.868
7884	19.737	19.740
7885	19.781	19.784
7886	20.218	20.221
7887	18.569	18.572
7888	19.471	19.474
7889	17.919	17.921
7890	18.846	18.849
7891	18.566	18.569
7892	19.776	19.779
7893	17.565	17.567
7894	16.340	16.342
7895	15.873	15.875
7896	19.155	19.158
7897	19.511	19.514
7898	14.722	14.724
7899	13.922	13.924
7900	14.598	14.600

POZO 11		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7855	54.665	54.681
7856	45.627	45.639
7857	27.674	27.679
7858	13.828	13.829
7859	13.307	13.308
7860	15.659	15.661
7861	32.913	32.920
7862	58.923	58.941
7863	55.062	55.078
7864	49.635	49.648
7865	65.807	65.828
7866	83.029	83.059
7867	159.295	159.376
7868	216.751	216.878
7869	221.087	221.218
7870	246.033	246.186
7871	308.626	308.840
7872	131.861	131.922
7873	84.839	84.870
7874	73.765	73.790
7875	87.730	87.763
7876	93.962	93.998
7877	117.885	117.936
7878	121.551	121.605
7879	168.635	168.723
7880	125.838	125.895
7881	219.753	219.883
7882	295.671	295.872
7883	432.307	432.654
7884	446.294	446.657
7885	488.028	488.441
7886	292.467	292.664
7887	226.267	226.403
7888	229.325	229.463
7889	103.805	103.847
7890	58.836	58.853
7891	58.153	58.170
7892	74.753	74.778
7893	81.382	81.411
7894	88.898	88.931
7895	87.244	87.276
7896	93.390	93.426
7897	91.023	91.058
7898	104.483	104.526
7899	125.561	125.617
7900	130.656	130.716
7901	112.255	112.303
7902	108.068	108.113
7903	75.852	75.878
7904	62.557	62.576
7905	36.748	36.756
7906	27.775	27.780
7907	25.146	25.150
7908	23.082	23.086
7909	21.825	21.828
7910	24.601	24.605
7911	23.592	23.596
7912	22.240	22.243
7913	21.925	21.928
7914	24.379	24.383
7915	23.522	23.526
7916	21.869	21.872
7917	18.341	18.343
7918	16.185	16.187
7919	16.303	16.305
7920	20.962	20.965
7921	21.837	21.840
7922	16.009	16.011
7923	16.267	16.269
7924	19.797	19.800
7925	23.945	23.949
7926	27.991	27.996
7927	36.014	36.022
7928	33.404	33.411
7929	37.716	37.725
7930	39.291	39.300
7931	33.908	33.915
7932	31.000	31.006
7933	27.221	27.226
7934	16.052	16.054
7935	13.063	13.064
7936	13.928	13.930
7937	20.303	20.306
7938	18.528	18.531
7939	16.533	16.535
7940	15.751	15.753
7941	15.781	15.783
7942	15.337	15.339
7943	13.627	13.628
7944	13.480	13.481
7945	13.266	13.267
7946	12.883	12.884
7947	11.941	11.942
7948	11.987	11.988
7949	12.722	12.723
7950	12.195	12.196
7951	11.668	11.669
7952	10.958	10.959
7953	11.065	11.066
7954	11.233	11.234
7955	11.803	11.804

POZO 12		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7550	14.503	14.505
7551	14.621	14.623
7552	14.180	14.182
7553	13.416	13.417
7554	12.670	12.671
7555	10.715	10.716
7556	9.178	9.179
7557	10.505	10.506
7558	11.109	11.110
7559	8.420	8.421
7560	8.183	8.184
7561	7.805	7.805
7562	6.830	6.830
7563	8.617	8.618
7564	11.243	11.244
7565	26.038	26.043
7566	58.113	58.130
7567	197.675	197.786
7568	320.267	320.492
7569	306.053	306.264
7570	206.668	206.787
7571	159.256	159.337
7572	136.	

POZO 13		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
9860	28.438	28.443
9861	35.682	35.690
9862	41.164	41.174
9863	48.423	48.436
9864	59.570	59.588
9865	58.429	58.446
9866	61.478	61.497
9867	121.791	121.845
9868	84.024	84.055
9869	119.392	119.444
9870	159.198	159.279
9871	149.361	149.434
9872	146.163	146.234
9873	110.085	110.131
9874	113.781	113.830
9875	101.108	101.149
9876	111.596	111.643
9877	98.357	98.396
9878	85.411	85.442
9879	61.439	61.458
9880	55.967	55.983
9881	46.428	46.440
9882	60.363	60.381
9883	24.966	24.970
9884	29.054	29.060
9885	25.686	25.690
9886	35.213	35.221
9887	45.543	45.555
9888	58.681	58.698
9889	65.870	65.891
9890	75.097	75.123
9891	75.621	75.647
9892	71.546	71.570
9893	72.995	73.020
9894	71.238	71.262
9895	72.131	72.155
9896	64.755	64.775
9897	58.714	58.731
9898	57.215	57.232
9899	58.337	58.354
9900	55.710	55.726
9901	47.481	47.493
9902	56.215	56.231
9903	68.400	68.422
9904	69.776	69.799
9905	66.688	66.709
9906	75.313	75.339
9907	55.054	55.070
9908	67.129	67.151
9909	72.592	72.616
9910	78.020	78.047
9911	73.451	73.476
9912	69.079	69.102
9913	72.980	73.005
9914	89.222	89.256
9915	89.754	89.788
9916	162.335	162.418
9917	108.788	108.833
9918	96.320	96.358
9919	91.510	91.545
9920	117.547	117.598
9921	129.495	129.554
9922	104.068	104.110
9923	102.048	102.089
9924	100.311	100.351
9925	81.805	81.834
9926	67.023	67.044
9927	61.657	61.676
9928	55.083	55.099
9929	53.653	53.668
9930	46.609	46.621
9931	36.138	36.146
9932	30.366	30.372
9933	31.159	31.165
9934	31.830	31.836
9935	28.634	28.639
9936	29.967	29.973
9937	27.556	27.561
9938	26.635	26.640
9939	26.180	26.185
9940	25.337	25.341
9941	26.412	26.417
9942	25.789	25.794
9943	25.476	25.480
9944	25.568	25.572
9945	24.415	24.419
9946	24.823	24.827
9947	24.830	24.834
9948	24.287	24.291
9949	22.398	22.402
9950	20.790	20.793
9951	20.111	20.114
9952	18.424	18.427
9953	18.387	18.390
9954	18.029	18.031
9955	18.370	18.372
9956	18.971	18.974
9957	20.153	20.156
9958	22.515	22.519
9959	23.711	23.715
9960	26.698	26.703

POZO 14		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
9175	14.820	16.247
9176	15.080	16.193
9177	14.260	18.380
9178	14.690	21.127
9179	14.570	20.318
9180	16.860	24.864
9181	17.840	34.034
9182	20.550	41.033
9183	27.740	49.947
9184	40.330	46.303
9185	52.820	42.488
9186	64.080	43.883
9187	81.490	54.279
9188	93.870	80.838
9189	103.050	110.760
9190	110.230	161.405
9191	111.430	134.816
9192	109.130	95.523
9193	96.320	65.804
9194	88.560	45.976
9195	81.950	46.120
9196	77.340	72.139
9197	75.620	110.767
9198	58.900	153.582
9199	53.710	127.852
9200	64.090	133.503
9201	66.180	86.994
9202	70.350	67.218
9203	67.160	49.705
9204	74.800	37.377
9205	86.360	33.151
9206	94.500	59.339
9207	97.450	77.624
9208	102.400	76.455
9209	90.380	73.954
9210	105.540	102.557
9211	116.150	166.878
9212	119.990	153.834
9213	136.920	144.536
9214	143.020	213.149
9215	137.000	197.748
9216	135.610	213.111
9217	142.910	173.778
9218	135.030	102.229
9219	129.800	78.790
9220	126.140	73.048
9221	123.930	53.132
9222	120.230	60.292
9223	111.050	91.896
9224	108.560	131.348
9225	103.930	125.977
9226	90.280	155.440
9227	81.580	151.992
9228	71.940	162.946
9229	63.360	120.440
9230	52.500	88.525
9231	47.950	83.797
9232	43.620	75.781
9233	40.330	69.162
9234	37.770	59.593
9235	36.080	47.962
9236	34.050	39.493
9237	32.640	44.863
9238	31.300	37.637
9239	30.460	24.359
9240	29.700	22.392
9241	28.590	22.517
9242	28.060	25.786
9243	27.340	30.213
9244	27.050	32.358
9245	26.760	32.246
9246	26.360	33.482
9247	26.220	26.718
9248	25.570	23.725
9249	24.660	26.470
9250	23.840	27.704
9251	22.900	24.444
9252	21.940	22.072
9253	21.010	23.521
9254	20.580	22.890
9255	20.890	23.404
9256	21.250	25.238
9257	21.770	28.080
9258	22.660	30.267
9259	22.550	28.786
9260	22.300	27.469
9261	20.820	26.779
9262	19.240	24.369
9263	18.760	24.494
9264	18.110	22.100
9265	17.010	23.077
9266	16.740	22.581
9267	16.260	23.061
9268	16.120	20.134
9269	15.960	18.588
9270	15.880	17.415
9271	15.880	19.969
9272	15.640	20.363
9273	15.330	15.756
9274	15.180	14.482
9275	14.890	15.053

POZO 15		
DEPTH	RD	RD simulado
ft	ohm.m	ohm.m
7712	10.475	10.476
7713	19.473	19.476
7714	18.779	18.782
7715	19.522	19.525
7716	19.377	19.380
7717	14.941	14.943
7718	13.499	13.500
7719	16.793	16.795
7720	18.103	18.105
7721	16.199	16.201
7722	15.120	15.122
7723	14.679	14.681
7724	13.103	13.104
7725	10.915	10.916
7726	15.640	15.642
7727	17.548	17.550
7728	18.666	18.669
7729	17.449	17.451
7730	17.315	17.317
7731	18.289	18.291
7732	16.435	16.437
7733	15.036	15.038
7734	16.089	16.091
7735	15.947	15.949
7736	15.727	15.729
7737	17.273	17.275
7738	24.091	24.095
7739	16.861	16.863
7740	12.449	12.450
7741	12.603	12.604
7742	12.487	12.488
7743	11.835	11.836
7744	11.482	11.483
7745	11.451	11.452
7746	12.050	12.051
7747	11.149	11.150
7748	17.993	17.995
7749	74.170	74.195
7750	92.419	92.454
7751	39.289	39.298
7752	65.902	65.923
7753	38.884	38.893
7754	43.019	43.030
7755	68.805	68.827
7756	42.143	42.153
7757	21.932	21.935
7758	30.609	30.615
7759	34.411	34.418
7760	21.439	21.442
7761	24.942	24.946
7762	27.168	27.173
7763	35.667	35.675
7764	28.068	28.073
7765	23.802	23.806
7766	26.530	26.535
7767	43.919	43.930
7768	33.026	33.033
7769	31.943	31.949
7770	31.796	31.802
7771	44.163	44.174
7772	56.688	56.704
7773	51.710	51.724
7774	48.905	48.918
7775	86.410	86.442
7776	49.078	49.091
7777	43.559	43.570
7778	43.375	43.386
7779	32.375	32.382
7780	32.837	32.844
7781	36.594	36.602
7782	18.166	18.168
7783	13.656	13.657
7784	14.267	14.269
7785	21.366	21.369
7786	22.533	22.537
7787	26.467	26.472
7788	24.520	24.524
7789	22.297	22.301
7790	22.392	22.396
7791	17.496	17.498
7792	17.279	17.281
7793	18.741	18.744
7794	17.776	17.778
7795	21.162	21.165
7796	21.951	21.954
7797	17.335	17.337
7798	17.511	17.513
7799	18.602	18.605
7800	15.856	15.858
7801	17.578	17.580
7802	18.035	18.037
7803	16.781	16.783
7804	17.806	17.808
7805	17.068	17.070
7806	16.323	16.325
7807	17.394	17.396
7808	16.872	16.874
7809	14.923	14.925
7810	16.439	16.441
7811	15.555	15.557
7812	15.004	15.006

## CURRICULUM VITAE

### DATOS PERSONALES:

Nombres y Apellidos: César Andrés Fonseca Amaya  
Fecha de Nacimiento: 22 de diciembre de 1988  
Edad: 23 años  
Dirección: Cdla. Reino de Quito, calle #3, casa OE 11-180  
Localidad: Quito, Ecuador  
Teléfono: 022843254 / 083810291  
Estado Civil: Soltero

### FORMACIÓN Y ESTUDIOS:

#### Titulación:

- Primaria: Escuela Fiscal Mixta “José Miguel Leoro Vásquez”.
- Secundaria: Colegio Fiscomisional Técnico “San José”.
- Superior: Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental – Carrera de Ingeniería en Geología – Décimo Semestre (curso actual).

#### Idiomas:

- Español: Primer idioma
- Inglés: Nivel Intermedio

#### Conocimientos Informáticos:

- Excel: Nivel Intermedio
- Word: Nivel Intermedio
- Power Point: Nivel Intermedio
- Internet Explorer: Nivel Intermedio

#### Cursos y Seminarios:

- Capacitación Ocupacional de Dibujante en AutoCad, en 2009 (120 horas).
- Metamorfismo y Geodinámica de Basamentos Metamórficos, en 2010 (50 horas).
- Capacitación NEST de Schlumberger, en 2012 (40 horas).

### EXPERIENCIA PROFESIONAL:

- Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Metropolitano de Quito (EPMAPS-Q), 2011. Ayudante de Geología.
- Operaciones Río Napo – Compañía de Economía Mixta, 2011. Ayudante de Geología y Geofísica.
- Geoservices, a Schlumberger Company, 2012. Ayudante de Operaciones.