

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN EL MÉTODO SÍSMICO Y REGISTROS
DE POZO PARA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS**

**WLADIMIR BELLO NIÑO
DAVID MAURICIO CELIS ARIAS
CARLOS MAURICIO DELGADO SALCEDO
MARÍA CRISTINA MANCILLA GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2013**

**SEMINARIO DE INVESTIGACION EN EL MÉTODO SÍSMICO Y REGISTROS
DE POZO PARA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS**

**WLADIMIR BELLO NIÑO
DAVID MAURICIO CELIS ARIAS
CARLOS MAURICIO DELGADO SALCEDO
MARÍA CRISTINA MANCILLA GÓMEZ**

**Trabajo de Grado Para Optar el título de
Geólogo**

**DIRECTOR
SAIT KHURAMA VELÁSQUEZ
MSc. Geophysics**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2013**

Índice General

Introducción.....	18
Generalidades del Seminario de Investigación.....	21
1.1. Objetivo	22
1.2. Ventajas	22
1.3. Organización	23
1.4. Tema del Seminario	24
1.5. Dirección del Seminario de Investigación	25
1.6. Descripción de los Roles	25
1.7. Metodología.....	27
Planeación.....	28
2.1. Objetivos Planteados	29
2.2. Estudio Bibliográfico.....	30
2.3. Selección de los subtemas	40
Ejecución.....	44
3.1. Descripción de los subtemas	46
3.2. Protocolo.....	50
Finalización	52
4.1. Libro de Memorias.....	53
4.2. Presentaciones.....	54
4.3. Software utilizado	56
Conclusiones y Recomendaciones.....	60
5.1. Conclusiones	60

5.2. Recomendaciones.....63
BIBLIOGRAFÍA.....64

Índice de figuras

Figura 1. Esquema metodológico del seminario de investigación.....	28
Figura 2. Portada Libro de Memorias.....	54
Figura 3. Ejemplo de presentaciones.....	55
Figura 4. Ejemplo de presentaciones.....	56
Figura 5. Diagrama de flujo de la secuencia de procesamiento de los datos.	57
Figura 6. Disparos representativos donde se evidencian el número de reflectores a través de la inspección de las hipérbolas formadas por las trazas sísmicas.	58
Figura 7. Visualización trazas sísmicas ordenadas por CMP.	59

RESUMEN

TÍTULO: SEMINARIO DE INVESTIGACION EN EL MÉTODO SÍSMICO Y REGISTROS DE POZO PARA EXPLORACION DE HIDROCARBUROS¹.

AUTORES²: WLADIMIR BELLO NIÑO
DAVID MAURICIO CELIS ARIAS
CARLOS MAURICIO DELGADO SALCEDO
MARIA CRISTINA MANCILLA GOMEZ

PALABRAS CLAVES: Geología, método sísmico, registros de pozos, hidrocarburos.

DESCRIPCIÓN:

En el campo de acción de la geología, se encuentra un área muy amplia dedicada a la búsqueda de recursos energéticos y dentro de ésta las fases de prospección y exploración de hidrocarburos, cuentan con una serie de herramientas que a lo largo de la historia han sido de gran importancia, tales como el método sísmico y los registros de pozos, las cuales buscan predecir el comportamiento y presencia de los materiales y/o rocas en el subsuelo.

Es por esto que se ha desarrollado este seminario, para proveer los fundamentos geológicos y geofísicos que permitan al geólogo comprender y desenvolverse con eficacia al conocer los fundamentos conceptuales y teóricos que subyacen en esta actividad exploratoria.

En este seminario de investigación relacionado con el método sísmico y registros de pozos aplicado a la exploración de hidrocarburos se dividieron los temas en dos grandes grupos. Fundamentos de geología de hidrocarburos, y prospección de hidrocarburos a través del método sísmico y registros de pozos. En la primera parte se investigaron las principales definiciones, análisis de cuencas sedimentarias, sistema petrolífero y modelo geológico o estático. En la segunda parte se estudió el método sísmico tratando los siguientes temas: fundamentos del método sísmico, diseño y adquisición sísmica, procesamiento sísmico, interpretación sísmica, sísmica 3D y multicomponente, un tópico de temas especiales (atributos e inversión sísmica), generalidades de petrofísica y registros de pozos. Por último se hizo el procesamiento e interpretación de información sísmica sintética 2D, aplicando lo aprendido, mediante la plataforma de procesamiento Seismic Unix del CWP (Center for wave Phenomena).

¹Trabajo de Grado

²Facultad de Ingenierías Físico Química. Escuela de Geología. Director: MSc Sait Khurama Velásquez. Universidad Industrial de Santander

ABSTRACT

TITLE: Research Seminar in the Seismic method and well logs applied to hydrocarbon exploration¹.

AUTHORS²: WLADIMIR BELLO NIÑO
DAVID MAURICIO CELIS ARIAS
CARLOS MAURICIO DELGADO SALCEDO
MARIA CRISTINA MANCILLA GOMEZ

KEY WORDS: geology, seismic method, logs, hydrocarbons.

DESCRIPTION:

In the scope of geology, there is a very wide area dedicated to the pursuit of energy resources, and within it the phases of prospecting and exploration of hydrocarbons have a number of tools that throughout history have been of great importance, such as the seismic method and the well logs which seek to try and predict the behavior and the presence of structures, fluids, and rocks in the subsurface.

That's why this seminar has been developed to provide geological and geophysical fundamentals that allow the geologists and geophysicists understand and function effectively.

In this research seminar related to the seismic method and well logs applied to hydrocarbon exploration, the subjects were divided into two groups. The fundamentals of hydrocarbon geology and the fundamentals of hydrocarbon exploration through the seismic method and well logs. In the first part the seminar investigated the main definitions, sedimentary basin analysis, the petroleum system and static or geological model. In the second part the seminar studied the seismic method covering the following topics: basics of the seismic method, design and seismic acquisition, seismic processing, seismic interpretation, 3D and multicomponent seismic, a topic of special items (seismic attributes and seismic inversion), and an overview of petrophysical and logs. Finally the members of the seminar process a 2D seismic synthetic data in order to apply the learned concepts, using Seismic Unix from CWP (Center for Wave Phenomena).

¹Final undergraduate project

²Physical-Chemistry Engineering Faculty. Geology School. Director: MSc Sait Khurama Velásquez. Universidad Industrial de Santander

INTRODUCCIÓN.

Los métodos geofísicos y el perfilaje de pozos han sido grandes herramientas que proporcionan información valiosa y de gran importancia para la industria de los hidrocarburos en las fases de exploración y desarrollo. Esto se debe al grado de respuestas que se obtiene de ellos ya que permite tener información geológica del subsuelo donde se puede identificar diferentes estructuras, litologías, características petrofísicas, ambientes de depositación y diferentes tipos de fluido presentes en la roca de interés.

Para la exploración de hidrocarburos se deben tener en cuenta factores geológicos importantes, los cuales están enmarcados en los elementos del sistema petrolífero. El objetivo de estudio de la geología del petróleo es el de analizar todos los casos que conlleva a la generación, migración y preservación de los yacimientos de hidrocarburos para con ello localizar yacimientos potenciales que puedan ser explotados con beneficio económico. Este análisis se inicia con el estudio de la información geológica disponible la cual comprende: litologías, estructuras, geomorfología, geoquímica los cuales se complementan con un estudio geofísico riguroso donde se aplican métodos potenciales en la exploración de hidrocarburos.

El método sísmico es el de mayor importancia y con mayor desarrollo tecnológico dentro de la geofísica, esto es debido a la demanda actual que se tiene de encontrar hidrocarburos como petróleo y gas. El surgimiento de nuevas técnicas para el diseño y adquisición de información ha sido uno de los grandes retos ya que de esto depende una buena toma de datos y posteriormente un eficaz procesamiento e interpretación de los mismos.

En el procesamiento de los datos tomados en campo durante la adquisición se debe tener en cuenta una serie de lineamientos y parámetros para poder tener

como resultado una imagen sísmica consistente que permita hacer las interpretaciones que mejor se ajusten al modelo, esto resulta de la aplicación de algoritmos y filtros que se van aplicando a medida que se va avanzando en el procesado donde se va eliminando una serie de errores que se obtienen de ruidos o señales que interfieren a la hora de la toma de datos. Actualmente es más rápido y eficaz gracias a la utilización de los paquetes de software y algoritmos que varias compañías producen los cuales se encuentran en el mercado y de igual manera se tendrán otro tipo de versiones libres para su utilización académica. Este contexto justifica el desarrollo de este seminario de investigación como un aporte a partir de la información investigada y que se plasma en el libro de memorias. De igual manera se hace un aporte de generación de una imagen sísmica a partir de, datos sintéticos procesándolos para generar una imagen sísmica y posteriormente interpretar los resultados obtenidos, como una forma de simular la situación real del quehacer rutinario del geólogo dedicado al tratamiento de información sísmica. Esto permite al estudiante aplicar las bases teóricas que se desarrollaron durante el seminario.

En este documento se presentan las generalidades del seminario de investigación el cual se enmarca en el seminario alemán y parámetros dados por la vicerrectoría académica de la Universidad Industrial de Santander. Además se muestra la planeación y ejecución que se llevó a cabo durante el seminario para obtener los diferentes aportes como son: libro de memorias, recopilación bibliográfica, presentaciones y aplicación práctica de conceptos.

A partir de la información consignada en las memorias de este seminario, la Escuela de Geología está en capacidad de generar nuevos seminarios de investigación, pues a partir de dicho documento se pueden abordar temáticas específicas de cada una de las sesiones realizadas y generar nuevos proyectos para ahondar de manera más particular y especializadas en los temas de interés. Esto permitirá producir nueva y relevante documentación para consulta que

servirán de apoyo a estudiantes, docentes e investigadores, con especial dedicación a aquellos de otras disciplinas no relacionadas directamente con la geología, pero de gran importancia para el desarrollo exploratorio.

Capítulo 1

GENERALIDADES DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

El seminario de investigación también se conoce como Seminario Alemán, es una actividad académica que nace en el siglo XVIII con el propósito de modernizar las estrategias y metodologías de estudio, en la formación de investigadores, probando que la investigación y la docencia se vinculan para obtener mejores resultados.

El seminario consiste en el estudio, la planeación y el intercambio de ideas acerca de un tema específico. Los participantes del grupo son los encargados de investigar, uno de ellos expone el tema asignado (relator), otro lo complementa y lo evalúa (correlator), entre todos se discute el tema y se plantean nuevas dudas, al final otro participante (el protocolante) es el encargado de sacar las conclusiones, y plasmar la discusión en el acta de la reunión.

El seminario de investigación es programado por el director, quien con su experiencia y conocimiento selecciona los temas y guía a los participantes al correcto desarrollo de la actividad. Los temas son abordados en sesiones participativas, donde los miembros asumen diferentes roles en un ambiente incluyente y de colaboración.

1.1. Objetivo

El objetivo de un Seminario de Investigación es formar a los participantes en la investigación científica mediante el desarrollo de habilidades específicas aplicadas al asumir los diferentes roles dentro del seminario. Estas habilidades están enfocadas a:

- Desarrollo de las capacidades del lector crítico para dar resultados en base a la investigación en las áreas bajo estudio.
- Fortalecimiento de las aptitudes de identificación de problemas presentados en los tópicos bajo análisis.
- Búsqueda de respuestas y soluciones a preguntas claves, sustentándolas de forma teórica en forma verbal y por escrito.
- Identificación y contextualización de problemas objeto de estudio en los ámbitos económico, político o social, con el fin de fortalecer de manera integral el conocimiento del grupo de estudiantes.

Para lograr dicho objetivo es necesario que exista una relación entre el trabajo individual y el trabajo grupal, para ello cada participante debe reconocer sus intereses, modelos de aprendizaje, y su capacidad para aprender y trabajar en equipo. También deberá interiorizar la metodología de trabajo para poder compartir, criticar y corregir las ideas que surjan de él, en un ambiente de colaboración.

1.2. Ventajas

El seminario de investigación, como herramienta para el desarrollo integral de los participantes, presenta las siguientes ventajas:

- Permite tener el apoyo de un director durante todo el seminario, el cual guía hacia la realización de los propósitos establecidos, además de orientar sobre fuentes bibliográficas y resolver las dudas e inquietudes de los miembros del grupo.
- Fortalecer el hábito de consulta en el tema bajo estudio. Para lograr esto, los participantes deben recurrir a fuentes bibliográficas, bases de datos, textos de referencia obligatoria y documentos científicos. Este ejercicio permite apropiarse y aprender los métodos que emplearon los autores de los artículos y textos para aplicarlos en la vida profesional.
- Refuerza las habilidades comunicativas y las relaciones interpersonales mediante el desempeño de los diferentes roles dentro del grupo de trabajo, formando al integrante tanto personal como profesionalmente.
- Fomenta el aprendizaje como experiencia grupal, experimentando la eficiencia y eficacia del trabajo en equipo.
- Es una metodología centrada en el estudiante, con una amplia oportunidad de formar integralmente, fundamental para tomar el perfil del siglo XXI.

1.3. Organización

El seminario de investigación se compone de las siguientes actividades: la Relatoría, la Correlatoría, la discusión y el protocolo, las cuales deben girar en torno al tema seleccionado, del que se desprenden subtemas que se tratan durante las sesiones. Estas actividades son responsabilidad de los integrantes del grupo por lo que a cada uno se le asigna un rol de carácter rotativo. El seminario de investigación en el método Sísmico y Registros de Pozo Aplicado a la Exploración de Hidrocarburos está conformado por:

Director: Sait Khurama Velásquez

Participantes: María Cristina Mancilla Gómez.
 David Mauricio Celis Arias.
 Wladimir Bello Niño.
 Carlos Mauricio Delgado Salcedo.

Se desarrollaron 20 sesiones de 20 minutos, en los salones asignados por el director.

1.4. Tema del Seminario

En la exploración de hidrocarburos es imprescindible el desarrollo de actividades relacionadas con levantamientos sísmicos, los cuales, de manera eficiente, permiten conocer la geología del subsuelo. Estos levantamientos resultan críticos en el proceso pues pueden definir estructuras que permitan el futuro desarrollo de un campo petrolífero.

El estudio de la geología de hidrocarburos se inicia con el entendimiento del sistema petrolífero el cual engloba todos los procesos y elementos que se involucran en la generación, migración, acumulación y preservación del hidrocarburo. Así como todos los factores químicos y físicos que afectan estos procesos. El propósito de la geología de hidrocarburos es la localización de posibles yacimientos, caracterización de su geometría espacial y la estimación de reservas potenciales.

La sísmica busca conocer la distribución de estructuras y litologías en el subsuelo, por medio de ondas mecánicas producidas por fuentes en superficie. En el levantamiento sísmico se pueden distinguir cuatro etapas vitales para el correcto desarrollo de esta práctica: Diseño, Adquisición, Procesamiento e Interpretación. Las cuales deben estar supervisadas por un geólogo quien a partir de los

conocimientos geológicos podrá realizar la interpretación de la sección sísmica correctamente.

Los registros de pozo permiten conocer con más precisión el tipo de litología, tipo de fluido presente en la formación y además de esto generar correlaciones para un área determinada. Las respuestas de los registros están basadas en las propiedades petrofísicas de las rocas, las que serán interpretadas por el petrofísico y mediante el uso de ecuaciones podrán definir parámetros como la saturación de agua, de aceite, volúmenes irreducibles, etc.

La relación entre estas dos prácticas da como resultado una exploración y desarrollo del campo permitiendo definir las formaciones de interés, los contactos agua-aceite, etc. Todo enfocado al aprovechamiento del campo y a la extracción rentable del hidrocarburo.

1.5. Dirección del Seminario de Investigación

La dirección del seminario de investigación en el método sísmico y registros de pozo aplicado a la exploración de hidrocarburo está a cargo del profesor Sait Khurama Velásquez, quien de manera especial ha dedicado su tiempo y su experiencia para el desarrollo profesional e integral de cada uno de los participantes.

1.6. Descripción de los Roles

Los roles para el seminario de investigación son:

El Director:

En el director recae la tarea más importante en el seminario, ya que guía los participantes en su investigación, brinda la asesoría necesaria para encaminar el trabajo y cumplir con los objetivos establecidos e interviene durante las sesiones corrigiendo y complementando los aportes de los participantes, fomentando el debate de forma constructiva.

Las tareas del relator son:

El relator tiene como misión principal enriquecer, como resultado de su investigación y estudio el saber de los demás, buscando por medio de una argumentación rigurosa aportar algo nuevo que permita avanzar en el conocimiento sobre el objeto de estudio. En particular debe propiciar rutas del conocimiento que conecten o se articulen con las demás disciplinas del saber.

El relator durante su exposición debe despertar en los participantes la discusión y el interés, a través de la argumentación rigurosa, explicaciones claras y su aporte al tema de estudio.

El relator tiene la libertad de abordar su exposición desde diferentes posiciones, lo puede hacer con un propósito exclusivamente informativo (imparcial y objetivo) o puede compartir ideas y conclusiones acerca del tema que se esté debatiendo.

Las tareas del correlator son:

La función del correlator parte de saber escuchar e interiorizar ya que debe estar muy atento a la relatoría para no repetir lo que ya se está exponiendo, sino que realizar aportes de manera crítica. El correlator debe evaluar el tema y valorar el

dominio argumental que se tuvo durante la sesión, además tiene que ser capaz de motivar y fomentar el debate entre los participantes.

Las tareas del protocolante son:

El protocolo es la evidencia escrita de cada sesión del seminario y un insumo para la elaboración del informe final. El protocolante debe percibir y captar lo fundamental de lo que se discute en la sesión, debe identificar los momentos más significativos y plasmarlo por escrito para tener el registro de la sesión y debe generar fuentes de producción intelectual a través de las memorias que son fruto del seminario.

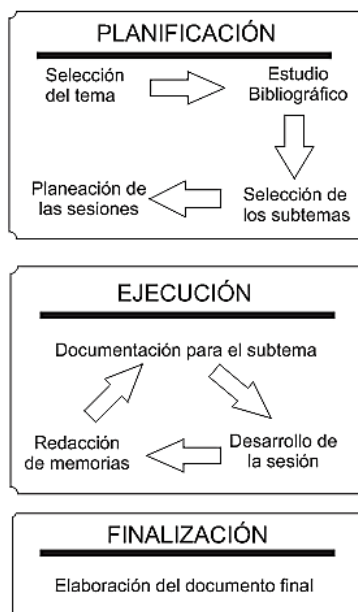
Se busca que los participantes logren:

Los participantes deben interiorizar los conceptos y autoevaluar su nivel de preparación en cuanto al tema que se está evaluando, y desarrollen habilidades para dialogar, confrontar ideas, trabajar en grupo y respetar todos los aportes de los demás integrantes. Los participantes también deben aprender a aportar cuando sea pertinente y necesario, para no alterar el orden de la sesión previamente establecido.

1.7. Metodología

La metodología usada en el Seminario de Investigación en el método Sísmico y registros de Pozo Aplicados a la Exploración de Hidrocarburos sigue los lineamientos para esta modalidad de trabajo de grado, establecidos por la vicerrectoría académica de la Universidad Industrial de Santander. La metodología propuesta está expresada en la figura 1 y fue la base para el desarrollo de la actividad de forma correcta.

Figura 1. Esquema metodológico del seminario de investigación.



Fuente: Modificado Vicerrectoria academica UIS, 2007

Capítulo 2

PLANEACIÓN

La misión más importante de la etapa de planeación es la selección de los temas que se trabajaran en el seminario. Este tema debe ser de gran interés para los participantes el cual despierte el sentido de la investigación y análisis, ya que de esto depende el éxito del seminario de investigación. Posteriormente al tener claro la misión de la actividad se plantean los objetivos los cuales serán la base para el desarrollo del seminario con el propósito de obtener el resultado anhelado por parte de los estudiantes los cuales son la base importante del seminario aportando su conocimiento y formación académica.

2.1. Objetivos Planteados

Los objetivos planteados para el seminario de investigación son:

Objetivo General

- Generar un documento en el cual se recopile información y metodologías para el conocimiento y caracterización de yacimientos de hidrocarburos mediante la realización de un **Seminario de Investigación en el método sísmico y registros de pozo para exploración de hidrocarburos**, como aporte a la formación de estudiantes y profesionales comprometidos con el desarrollo de nuevas tecnologías desde la investigación científica mediante el desarrollo de habilidades específicas aplicadas al asumir roles dentro del seminario.

Objetivos Específicos

- Realizar un **Seminario de Investigación en el método sísmico y registros de pozo para exploración de hidrocarburos**, en el marco de las directrices establecidas por la Vicerrectoría Académica y el Seminario Alemán en cuanto al aporte de roles, la discusión crítica, propositiva y argumentativa como formación integral de los participantes.
- Elaborar un documento síntesis original donde estén compilados los resúmenes, relatorías, protocolos, la discusión, resultados y demás actividades del seminario de investigación basados en los temas de la siguiente estructura:
 1. Análisis de cuencas
 2. Sistema petrolífero
 3. Modelo geológico o estático
 4. Caracterización y clasificación de yacimientos
 5. Introducción a los métodos sísmicos
 6. Fundamentos del método sísmico.

7. Diseño y adquisición sísmica
8. Procesamiento sísmico
9. Sísmica y geología
10. Sísmica 3d y sísmica multicomponente
11. Temas especiales
12. Generalidades de la petrofísica
13. Registros
14. Aplicación

- Realizar una recopilación y análisis de las temáticas planteadas para el seminario, lo que incluye: artículos en revistas científicas, libros, documentos, herramientas de webgrafía, el cual estará al alcance de estudiantes para consulta y referencia.
- Elaborar presentaciones por medio de diapositivas, basadas en la compilación y síntesis del documento sobre los temas investigados en el seminario.
- Realizar un aporte a través de datos sísmicos sintéticos 2D, haciendo uso de software libre como: Seismic Unix (cwp), aplicando los conocimientos básicos de procesamiento e interpretación adquiridos durante el seminario.

2.2. Estudio Bibliográfico.

El desarrollo de este seminario de investigación se basó en un estudio del material bibliográfico relacionado con la geología de hidrocarburos y geofísica. En el proceso investigativo se encontraron importantes textos de referencia que se muestran a continuación. Se agrupan de acuerdo con los temas tratados en el seminario:

- **Basin Analysis Principles and Applications.**

Philip A. Allen and John R. Allen. Segunda edición. 2005

En este libro se define el análisis de cuencas como un estudio integrado de las cuencas sedimentarias de entidades geodinámicas. En este ámbito se abordan nuevos datos, nuevas tecnologías y nuevos conceptos.

Complementariamente se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Un Estudio Integrado del Relieve Terrestre**

Alfaro García, Pedro. Vol 15. 2007.

- **This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics.**

W.Jacquelyne Kious and Robert I. Tilling, 1996

- **La Energía Interna de la Tierra**

Fuengirola. 2008.

- **Dinámica en la Tierra**

Santillana. 2010.

- **Una Introducción a la Geología Física.**

Edward J. Tarbuck. Prentice-Hall. 2010.

- **The Petroleum System – From Source to Trap**

Magoon Leslie B. y Dow Wallace G. AAPG memoir 60. 1994.

Este compendio de artículos científicos expone cada elemento y cada proceso del sistema petrolífero de forma muy detallada pero al mismo tiempo de manera sencilla, con el propósito de que el lector pueda entender cómo se evalúan los sistemas petrolíferos en el mundo. Es el libro guía para entender de sistemas petrolíferos.

Adicionalmente se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Modelado de cuencas y sistemas petrolíferos.**
Kornpihl Duplo y Peters Ken. Oilfield Review No.2 Schlumberger. 2009.
- **Secondary oil migration: oil rock contact volumes, flow behaviour and rates.**
Carruthers D and Ringrose. London Special Publications. 1998.
- **Diseño de un modelo contractual para la exploración y producción de hidrocarburos no convencionales.**
Hormizda M. Vicente y Rodríguez H. Nohemí. Universidad Industrial de Santander. 2011.
- **Comparing Venezuelan and Canadian Heavy Oil and Tar Sands.**
Dusseault M. Edición propia. 2001.
- **Classification of exploratory drilling and statistics for 1943.**
Lahee F. H. Boletín AAPG, v 28.1944.
- **The Shale gas potential of China.**
Wang X. y Wang T. SPE. 2011.

- **Fundamentos de la Geoquímica del Petróleo**
Escobar Marcos. Edición propia. 2008.
Este libro está dirigido a estudiantes y profesionales con carreras afines a la geología e ingeniería de petróleos ya que los temas están relacionados con la geoquímica del petróleo, el cual se convierte en una guía práctica para entender los diferentes procesos que se llevan a cabo para la generación de hidrocarburos.
- **Geology and Geochemistry of Oil and Gas**
Editor: Chilingar G. Elsevier. 2005.
Este libro abarca muchos temas en base a la geología y la geoquímica del petróleo. Basándose en el desarrollo y producción de recursos de hidrocarburos los cuales muestran una información fiable, que ayuda a la

interpretación de las condiciones del subsuelo y las propiedades de las formaciones petroleras y gasíferas.

Sumado a esta información, también se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Basic Petroleum Geology and Log Analysis.**
Editor: Publicaciones Halliburton, 2001.
- **Petroleum Geochemistry and Geology.**
Hunt J. Edición: propia 2 edición, 1996.
- **El ciclo global del Carbono.**
Jaramillo V. Edición: Notas Instituto de Ecología UNAM, 2007.
- **Geología del Carbón y del Petróleo**
Llorente M. Edición propia. 1999 – 2000.
- **La geoquímica básica del petróleo para la evaluación de las rocas generadoras**
McCarthy. K. Edición: Publicaciones Oilfield Review Schlumberger. 23 (2), 2011.
- **Petroleum Formation and Occurrence**
Tissot. B and Welte. D. Edición: publishing Springer 2 edition. 1984.
- **Cátedra de Geofísica Aplicada**
Chelotti L. y Acosta N. Edición propia. 2009.
Este es un documento donde se recopila la información sobre geofísica aplicada el cual se estructura por temas y se enfoca en cada uno de los métodos geofísicos, dando conceptos específicos sobre cada uno de los temas a tratar.

También se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Las diversas facetas de datos sísmicos de componentes múltiples**
Caldwell J. Edición: Publicaciones Oilfield Review. 2004.
- **Nuevas dimensiones en tecnología sísmica terrestre,**
Daly Mark. Pascal. Jean Edición: Publicaciones Oilfield Review, 2005-2006.
- **Geofísica aplicada en los proyectos básicos de Ingeniería civil**
Manilla Alfonso. Edición: SCT México. 2003.
- **Quantitative Seismology**
Aki K and Richards P Editor: Ellis J (2002).
Este libro es de uso fundamental en la interpretar de los diferentes movimientos y fenómenos presentes en las ondas sísmicas partiendo desde su análisis mínimo.

Adicionalmente se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Exploration Seismology, Data processing and interpretation**
Sheriff R. and Geldart L, (1983).
- **The rock Physics Handbook**
Muker J and Dvorkin J. 1998.
- **Introduction to Geophysical Prospecting.**
DOBRIN M. and Savit C. 4 edition. (1988).
- **Métodos de tomografía en la enseñanza de la interpretación geofísica.**
Ángeles Edgar, (2007).
- **Exploration Geophysics.**
Fisher Ray and Gadallah M. Edición: Publicación Springer. 2009.
Este libro abarca todos los métodos geofísicos, magnetometría, gravimetría, geoelectrica y todas las etapas de las sísmica tanto 2D como 3D, este último tópico lo hace de vital importancia para las personas que quieran documentarse acerca de los métodos sísmicos aplicados a la exploración de hidrocarburos.

- **Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia.**

Herrera Y. y Cooper N. ANH. 2010.

Es un manual diseñado para los profesionales en la industria del petróleo que quieran leer y documentarse acerca de la aplicación del método sísmico a la exploración de hidrocarburos, además provee información sobre prácticas llevadas a cabo en Colombia y las relaciona con las que se llevan a cabo en el resto del Mundo.

En complemento a esta información se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Adquisición sísmica 3D proyecto Roblote 05G 3D.**
Baruch Elizabeth. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2006.
- **Adquisición Sísmica 3D proyecto Florida-Amarilis 04G 3D.**
Pardo Jessica. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2009.
- **Diseño de una adquisición Sísmica 3D para el Campo Escuela Colorado.**
- Mateus J. Camilo. Tesis de pregrado Universidad Industrial de Santander. 2010.
- **Planning land 3D seismic surveys.**
- Crodsen A., Galbraith M., and Peirse J. Geophysical development series No 9. 2000.
- **2D and 3D land seismic data acquisition and seismic data processing.**
Talapapu K. K. Andhra University. 2005

- **Seismic Data Analysis, Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data.**

Yilmaz Oz. Edición: Society of Exploration Geophysicists, Segunda edición 2001.

Este es uno de los libros pilares con una amplia información sobre la adquisición y procesamiento de datos sísmicos. Además se tiene aspectos muy importantes sobre los avances del procesamiento convencional donde se observa una cobertura amplia de las técnicas modernas de la sísmica.

También se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Secuencia Básica del Procesamiento de Datos Sísmicos 2D para una Línea del Proyecto Rios Socopo- Bocono.**

Fernández Cesar. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2005.

- **Procesado De Sísmica De Reflexión Superficial En La Cuenca De Ainsa, Huesca (España).**

Gaya María. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2005.

- **Modelado Básico de datos sísmicos preapilados y su correspondiente secuencia de procesamiento utilizando los programas del paquete Seismic Unix.**

Vieira Adelo. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2007.

- **Post Procesamiento e Interpretación Sísmica 2D del Bloque Ayacucho 6 de la Faja Petrolífera del Orinoco.**

Nemesio David. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2008.

- **Seismic Stratigraphy, Basin Analysis and Reservoir Characterization**

Veeken Paul C.H. 2007.

En este libro se muestra las técnicas estratigráficas para interpretación de conjuntos de datos sísmicos. Se resalta la gran ventaja de la estratigrafía

sísmica en los estudios de cuenca que se encuentran en el hecho de que la metodología combina dos escalas muy diferentes de observación: el enfoque de la sísmica y el control de pozo.

Otras referencias bibliográficas consultadas:

- **Quantitative Seismic Interpretation.**
Avseth Per. Mukerji and Tapan Y Mavko. Gary. 2005.
- **Seismic Amplitud Interpretation Distinguished Instructor Short Course**
Hilterman Fred J. 2001.
- **Multicomponent Seismic Technology.**
Hardage B. A., DeAngelo M. V., Murray P. E. and Sava Diana. Geophysical series No 18. 2011.

Este libro es esencial para todo aquel profesional que quiera documentarse acerca de la innovadora tecnología multicomponente, ya que provee al lector de todas las etapas de un proyecto sísmico multicomponente, además de mostrar algunas ventajas y desventajas de esta tecnología con respecto a la tradicional.

Se consultaron, adicionalmente, las siguientes referencias bibliográficas:

- **Acquisition, processing and interpretation of P-P and P-S 3D seismic data.**
Larson G. A. University of Calgary. 1996.
- **Converted-Wave seismic exploration: Methods.**
Stewart R. R. Geophysics Vol 67. 2002.
- **Seismic Attributes for Prospect Identification And Reservoir Characteritation**
Chopra Satinder. Marfurt Kurt. Edición Stephen J. Hill. 2007.

Este libro ofrece las herramientas conceptuales sobre los atributos sísmicos como medidas de los datos sísmicos que ayudan a mejorar o cuantificar visualmente las características de interés a interpretar así mismo también hace un recorrido sobre la evolución de los diferentes atributos sísmicos.

Como agregado se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Inversión Sísmica Y Estudio De Atributos Sísmicos Post Apilamiento De Los Niveles I3 Y TU De La Formación Oficina En El Campo Guico Guara**

Ruiz Cristina. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2007

- **Oilfield Review. Inversión sísmica: Lectura entre líneas**

Schlumberger. 2008.

- **Caracterización Petrofísica de un Yacimiento**

Yajamin Darwin (2010).

Este artículo describe de una manera clara y concisa las diferentes características petrofísicas existentes en una roca tales como porosidad, permeabilidad y saturación de fluidos y los métodos de análisis de laboratorio realizado a través de núcleos de perforación y registros geofísicos.

Como complemento se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Análisis de las Relaciones Porosidad y Permeabilidad en Sedimentos No Consolidados**

Da Silva Meliá. Tesis de pregrado Universidad Simón Bolívar. 2011.

- **Manual Básico para la interpretación de registros geofísicos de pozos.**

Guillot Guillermo. Tesis de pregrado UNAM, 2010.

Este trabajo compila una gran información que se tomó dentro de la tesis con como una recopilación de toda una serie de libros que se observan en su respectiva bibliografía, enfocados a la interpretación de registros geofísicos de pozo, además es una herramienta útil para que los diferentes alumnos de las carreras del área de ciencias de la tierra logren un aprendizaje más significativo, siendo un gran material de apoyo.

De forma complementaria, se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- **Definición del concepto de adquisición de registros.**

Andersen M. Edición: Publicaciones Schlumberger 23 N°1. 2011.

- **Estudio sedimentológico, diagenético y estructural de las formaciones geológicas del emirato de abu duari (emiratos árabes unidos).**

De La Cruz Antonio. Tesis doctoral: Universidad Complutense de Madrid. España 1994.

- **Introducción al Análisis de los Registros de Pozos.**

HALLIBURTON. Edición: Publicaciones Halliburton. 1979.

2.3. Selección de los subtemas.

Cuando se ha hecho la recopilación de información y trazado el planeamiento del seminario se programa una serie de subtemas que se analizan y se estudian, los cuales permiten la comprensión del tema a dirigirse en el seminario de investigación. El seminario se dividió en dos partes ya que se planteó iniciar con los aspectos generales geológicos y geoquímicos necesarios obtener el recurso clave en el seminario: los hidrocarburos. La segunda parte del seminario se enfoca en el método sísmico y registro de pozos, pues esa es la profundización que se decidió tomar por parte del seminario. Los subtemas que se plantearon para el seminario son los siguientes:

Parte I: Generalidades

1. Formación de cuencas sedimentarias (Tectónica - Geofísica).
 - a) Ambiente tectónico.
 - b) Estado físico de la Litósfera.

2. Mecanismos de formación de cuencas sedimentarias (Geología Estructural).
 - a) Cuencas por extensión (*stretching*).
 - b) Cuencas por flexura.
 - c) Cuencas por dinámica del Manto.
 - d) Cuencas por deformación transcurrente.

3. Relleno de la cuenca sedimentaria (Sedimentología – Estratigrafía – Geoquímica).
 - a) Sistema de rutas de los sedimentos
 - b) Estratigrafía de cuencas sedimentarias
 - c) Subsistencia e historia termal de la cuenca

4. Sistema petrolífero.
 - a) Concepto
 - b) Elementos del sistema (Fuente, Reservorio, Carga, Sello, Trampa y Timing).
 - c) Procesos del sistema (Formación de estructuras, Tectonoestratigrafía, Maduración, Generación – Migración – Acumulación – Preservación).

5. Dimensiones espaciales y temporales del sistema petrolífero.
 - a) Dimensiones espaciales del sistema (Cartografía – estratigrafía).
 - b) Dimensiones temporales del sistema (Edad – Momento crítico – Procesos).
 - c) Identificación e investigación del sistema

6. Clasificación genética
 - a) Factor de carga.
 - b) Análisis de riesgo del sistema petrolífero.
 - c) Niveles de certeza.

7. Sistemas no convencionales.

8. Modelo geológico o estático.
 - a) Geología
 - b) Geofísica

9. Geoquímica

10. Integración e interpretación de información: modelo estático.

Parte II: Geofísica

1. Introducción a los métodos sísmico.
 - a) Historia, relación con otras técnicas geofísicas y evolución.
 - b) Clasificación de los métodos.
 - c) Aplicación en tierra y mar adentro, geofísica aplicada a la ingeniería civil y búsqueda de yacimientos minerales.

2. Fundamentos del método sísmico.
 - a) El fenómeno sísmico.
 - b) Las ondas y la estructura terrestre.
 - c) Leyes y principios.
 - d) Velocidades de las ondas sísmicas, modulo elásticos, mapas sísmicos.

3. Diseño y adquisición sísmica.
 - a) Pre diseño y diseño sísmico, parámetros de adquisición.
 - b) Cubrimiento en el subsuelo, teoría del muestreo, resolución vertical y horizontal.
 - c) Adquisición y registro sísmico, descripción de fuentes y receptores, geometría de adquisición 2D y 3D, Relación señal/ruido.
 - d) Software relacionado.

4. Procesamiento sísmico.
 - a) Procesamiento sísmico en campo, secuencia de procesamiento, algoritmos y software especializado.
 - b) Geometría, deconvolución y filtrado.
 - c) Análisis de velocidad.
 - d) Correcciones estáticas, migración (stack, Psdm, Pstm).
 - e) Atenuación de ruidos.
 - f) Software relacionado.

5. Sísmica y geología.

- a) Imagen sísmica de problemas geológicos, sinclinales, reconocimiento de fallas y buzamientos aparentes.
- b) Sísmica de pozo problemas de velocidad, registro sísmico y check shot, interpretación estratigráfica.
- c) Bright spots.
- d) Pitfaults.
- e) Software relacionado.

6. Sísmica 3D y sísmica multicomponente.

- a) Diseño sísmico.
- b) Adquisición.
- c) Apertura de migración, muestreo espacial, procesamiento, migración e interpretación.
- d) Ondas convertidas.
- e) Interpretación 3C.
- f) Software relacionado.

7. Temas especiales.

- a) Amplitud vs Offset (AVO).
- b) Atributos sísmicos y atributos instantáneos.
- c) Inversión sísmica y petrofísica.

8. Generalidades de la petrofísica.

- a) Principios básicos, historia.
- b) Petrofísica – características de las rocas.
- c) Comportamiento de las rocas vs fluidos.
- d) Ley de Archie.

9. Registros geofísicos.
 - a) Registros de litología.
 - b) Registros de porosidad.
 - c) Otros registros.
 - d) Cálculos a partir de los registros eléctricos.
 - e) Interpretación petrofísica.

10. Aporte sísmico

- a) Procesamiento de datos sintéticos 2D.
- b) Interpretación de los datos sintéticos 2D.

Capítulo 3

Ejecución.

El desarrollo del seminario de investigación se ejecuta a partir de lo planteado en la planeación mencionada. Las actividades del seminario constan de una sesión por cada tópico, especificados en el ítem anterior, luego se realiza una discusión del tema a tratar donde se deja constancia en los protocolos los cuales son el soporte de la discusión dada por estudiantes y docentes.

La primera parte del seminario se inició con la participación de 3 grupos los cuales integraban el seminario de investigación hasta la ejecución y finalización de los temas que se plantearon para desarrollarse en la primera parte, estos grupos se les asignó una temática específica como yacimientos, sísmica y producción. Los cuales se dividieron en la ejecución de la segunda parte del seminario para enfocarse en el tema específico que les correspondió a cada grupo y poder seguir en el desarrollo del seminario. Los temas se ejecutaron de la siguiente manera:

Tabla 1. Distribución de la relatoría de los temas en la primera parte.

PRIMERA PARTE	
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN (GEOLOGÍA)	
TEMAS	RELATOR
1. Formación de las cuencas sedimentarias	Miguel Antonio Soler
2. Mecanismos de formación de las cuencas sedimentarias	Rafael Junior Barrera
3. Análisis de cuencas sedimentarias	Miguel Antonio Soler
4. Sistema petrolífero (concepto)	David Mauricio Celis Arias
5. Retroalimentación análisis de cuencas (mecanismos y relleno) y sistema petrolífero.	Edward Cristiano Jácome
6. Dimensiones espaciales y temporales del sistema petrolífero, identificación e investigación del sistema.	Wladimir Bello Niño
7. Hidrocarburos no convencionales.	Karol Waitila Caro Orjuela
8. Modelo geológico o estático y geofísico.	Rafael Junior Barrera Arrieta
9. Geoquímica del sistema petrolífero.	María Cristina Mancilla Gómez
10. Integración e interpretación de información: modelo estático	Rafael Junior Barrera

Fuente: Autores.

Tabla 2. Distribución de la relatoría de los temas en la segunda parte.

SEGUNDA PARTE	
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN (SÍSMICA Y REGISTRO DE POZOS)	
1. Introducción al método sísmico	Jairo Andrés Alfonso
2. Fundamentos del método sísmico	Wladimir Bello Niño
3. Diseño y adquisición sísmica	Carlos Mauricio Delgado
4. Procesamiento Sísmico	María Cristina Mancilla Gómez
5. Sísmica y Geología	Wladimir Bello Niño
6. Sísmica 3D y multicomponente	David Mauricio Celis Arias
7. Temas especiales	Wladimir Bello Niño
8. Petrofísica	Carlos Mauricio Delgado
9. Registro de pozos	María Cristina Mancilla Gómez
10. Aporte	David Mauricio Celis Arias

Fuente: Autores.

3.1. Descripción de los subtemas

Parte I

1. Formación de cuencas sedimentarias: En este capítulo se discute acerca de la tectónica global que contribuye a la formación de las cuencas sedimentarias en la Tierra. El objetivo es exponer las bases geológicas para entender en qué contexto se pudo haber formado el hidrocarburo.

2. Mecanismos de formación de cuencas sedimentarias: Este capítulo aborda la formación de cuencas sedimentarias a una escala más regional y local, donde se tiene en cuenta el fallamiento y la deformación, y su rol en la acumulación de hidrocarburos.

3. Relleno de la cuenca sedimentaria: Este es un capítulo bastante complejo, ya que expone como inició el relleno de la cuenca sedimentaria después de su formación, este relleno involucra distintos procesos deposicionales evidenciados por los cambios de ambientes sedimentarios, así como procesos de erosión y meteorización.
4. Sistema petrolífero: Este capítulo es vital para el correcto desarrollo de los futuros temas, ya que expone tanto los elementos como los procesos que conforman un sistema petrolífero. Esto involucra la formación, la migración, el entrapamiento y la preservación del hidrocarburo. En este capítulo se tienen avances acerca de la evaluación e investigación del sistema petrolífero.
5. Retroalimentación análisis de cuencas (mecanismos y relleno) y sistema petrolífero: En este capítulo se recopila la información anteriormente expuesta en los otros capítulos con el propósito de relacionar como la formación y el relleno de una cuenca sedimentaria puede formar sistemas petrolíferos potenciales.
6. Dimensiones espaciales del sistema petrolífero y clasificación genética de los sistemas petrolíferos: Este capítulo aborda el sistema petrolífero ya de forma más areal y volumétrica para poder conocer la distribución de los elementos del sistema en el espacio y del alcance de los procesos que se dan al interior de este, además proporciona una clasificación del sistema mediante el origen del mismo.
7. Sistemas no convencionales: En este capítulo se discuten los hidrocarburos no convencionales, los cuales despiertan cada vez mayor interés a medida que aumenta el auge del suministro energético. Se

define cada uno de ellos, se expone la forma de extracción idealizada de estos y para concluir se establecen las diferencias con los sistemas convencionales. Esto será de gran importancia para interiorizar el concepto de los sistemas petrolíferos y la formación del hidrocarburo.

8. Modelo geológico o estático: Este capítulo es muy interesante ya que expone los pasos que deben llevarse a cabo para elaborar el modelo geológico de un yacimiento, procedimiento de gran importancia para las diferentes compañías petroleras, ya que de esta forma pueden calcular al final del modelo el volumen de hidrocarburo presente en la formación de interés.
9. Geoquímica: En este capítulo se aborda a fondo el tema de la generación del hidrocarburo desde una perspectiva química, y expone los diferentes tipos de hidrocarburos que se pueden formar a partir de distintas fuentes.
10. Integración e interpretación de información: modelo estático: Este es el capítulo conclusión de la primera parte, en el cual se relacionan todas las disciplinas anteriormente mencionadas y se unen para producir un modelo estático que involucre todos los aspectos de la geología.

Parte II

11. Introducción a los métodos geofísicos: En este capítulo se da una vista general a los métodos geofísicos más usados en la industria, se expone su fundamento físico y se comparan sus funciones determinando ventajas y desventajas para cualquier tipo de prospección.

12. Fundamentos del método sísmico: Este capítulo expone las bases físicas del método sísmico, principalmente enfocándose a la teoría de ondas y a como estas se propagan en el subsuelo.
13. Diseño y adquisición sísmica: En este capítulo se exploran los conceptos de un diseño y la posterior adquisición sísmica en levantamiento ya sea 3D o 2D, para complementar también se definen los tipos de arreglo existentes para un levantamiento 2D y 3D, así como los tipos de fuentes y los receptores que generan las ondas y las captan respectivamente.
14. Procesamiento Sísmico: Esta etapa de un levantamiento sísmico es bastante extenso, por lo que se expone la secuencia básica de procesamiento para las secciones 2D y 3D, además de informar acerca del software que procesa los datos obtenidos de campo o sintéticos, según sea el caso.
15. Sísmica y geología: Este capítulo aborda la integración de la sísmica con la interpretación geológica. Esta combinación de información permite definir topes de formaciones y estructuras en el subsuelo teniendo en cuenta los reflectores mostrados por las líneas sísmicas.
16. Sísmica 3D y Sísmica Multicomponente: En este capítulo se aborda las cuatro de etapas de un levantamiento sísmico para la sísmica 3D y también para la multicomponente. En esta última se hace un análisis más detallado ya que es una tecnología distinta y se lleva a cabo de forma diferente usando como referencia el concepto de vector. Se discuten además las diferencias, ventajas y desventajas entre la una y la otra.

17. Temas Especiales: En este capítulo se discuten varios temas de interés como la inversión sísmica, la corrección AVO, etc. Relacionados ya sea con el procesamiento o con la sísmica 4D la cual es un nuevo tipo de levantamiento sísmico para el monitoreo del reservorio, en la etapa de desarrollo de un campo petrolífero.
18. Generalidades de la petrofísica: Este capítulo expone los conceptos básicos de la petrofísica, como las ecuaciones y las teorías, además de explorar las propiedades de las rocas y el comportamiento de los fluidos en la formación.
19. Registros geofísicos: Aquí se exponen diferentes registros de pozos usados en la exploración de hidrocarburos, además de la respuesta de las formaciones al tipo de registro usado. También se discute la funcionalidad de cada uno de estos y sus ventajas y desventajas.
20. Aporte del Seminario: En este aparte se expone la aplicación de los conceptos adquiridos en el seminario, mediante el procesamiento paso a paso de información sísmica sintética, que resulta en una línea sísmica lista para la interpretación.

3.2. Protocolo.

El protocolo es un documento que se genera a partir de la discusión del tema que se da al finalizar la sesión por parte del relator y correlator, dentro del protocolo o acta del seminario queda contemplado asistentes y funciones, el desarrollo de la discusión entre docentes y estudiantes, observaciones dadas por los docentes y el tema a tratar en la siguiente sesión. Quedando constancia de la ejecución de dichas sesiones. A continuación se muestra una de las actas del desarrollo del seminario de investigación:

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN EL MÉTODO SÍSMICO Y REGISTRO DE
POZOS PARA LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS
SEPTIMA SESIÓN**

TEMA: Sísmica 3D y Sísmica multicomponente

FECHA: 18 de Abril de 2013

DURACIÓN: 4:50 pm – 5:40 pm

ASISTENTES Y FUNCIONES

Relator David Mauricio Celis Arias

Correlator Wladimir Bello Niño

Protocolante María Cristina Mancilla Gómez

Asistentes Sait Khurama Velásquez

Director

EVALUACIÓN DE LA RELATORÍA

Buen manejo del tema, se observa preparación y claridad a la hora de exponer los temas de la sesión.

DESARROLLO DE LA DISCUSIÓN

Diferenciación de las fuentes utilizadas en la sísmica multicomponente.

En la sísmica multicomponente se usan los vibroseis, para arreglar la magnitud y frecuencia de la onda incidente.

Sait Khurama pregunta: ¿Cómo los geólogos deciden qué tipo de sísmica es la más adecuada, la 2D o 3D? a lo que responden: el factor económico es lo más importante a la hora de decidir acerca del tipo de adquisición sísmica, ya que la sísmica 2D es más económica a diferencia de la sísmica 3D, el problema es que no se va a poder analizar un volumen de información, sino varias líneas que pueden esconder la estructura de interés, pero si el factor económico no es problema la sísmica 3D es la mejor opción.

Sait Khurama pregunta: ¿cuáles son las ventajas de los receptores en la sísmica multicomponente? A lo que David Celis responde: los acelerómetros en la sísmica multicomponente tienen una ventaja mayor ya que se debe tener en cuenta aspectos como la frecuencia, ángulo fuente – receptor y por ende la adquisición va a ser mayor.

OBSERVACIONES

Hacer un cuadro comparativo entre ondas S y P entre las sísmica 3D y Multicomponente. Introducir al documento las ecuaciones matemáticas explicando cada uno de sus parámetros.

TEMA SIGUIENTE SESIÓN

Generalidades de la petrofísica.

Capítulo 4

Finalización

El resultado tangible del Seminario de Investigación en el Método Sísmico y Registros de Pozo para Exploración de Hidrocarburos es una serie de documentos y conclusiones que se recopilaron a lo largo del desarrollo del mismo. Estos documentos son:

1. Libro de Memorias, el cual se recopila toda la información expuesta durante las sesiones del seminario. Se presenta como un archivo adjunto al presente documento.
2. Presentaciones, que fueron la ayuda visual usada por los relatores durante la exposición del tema.

4.1. Libro de Memorias.

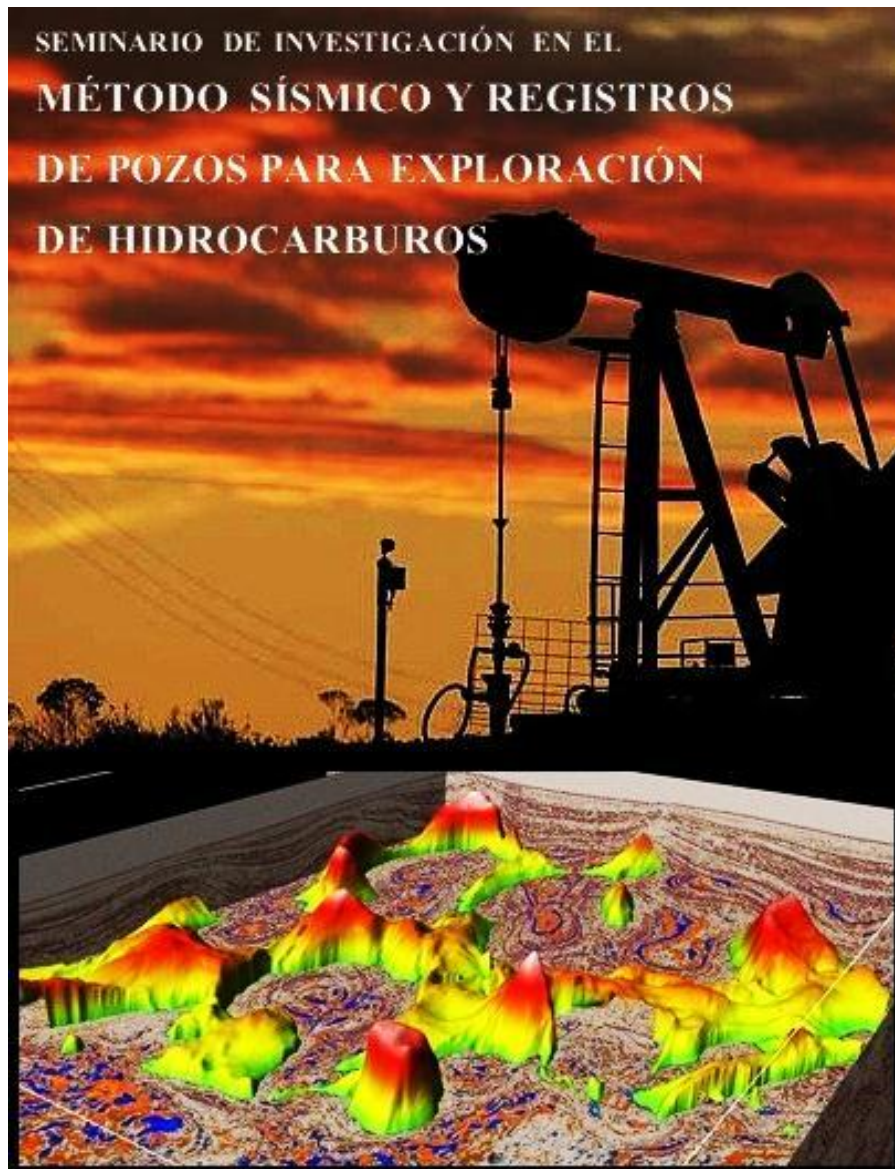
El libro de memorias, titulado “Seminario de Investigación en el Método Sísmico y Registros de Pozo para Exploración de Hidrocarburos”, es el resultado físico más importante de este proyecto de grado. Allí se sintetiza la investigación realizada a cabo en el seminario de investigación. En su interior se encuentra plasmado el conocimiento del que cada participante se apropió, el cual fue refinado por medio de discusión grupal y las sugerencias del director.

Este libro está dividido principalmente en dos partes: Fundamentos de geología de hidrocarburos, y prospección de hidrocarburos a través del método sísmico y registros de pozos. Estos temas se desarrollarán en catorce capítulos a través de 20 jornadas de sesiones.

Este documento está disponible en la escuela de Geología y en la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander.

A continuación se muestra en la figura 2 la portada exterior del libro de memorias.

Figura 2. Portada Libro de Memorias.



Fuente: Autores.

4.2. Presentaciones.

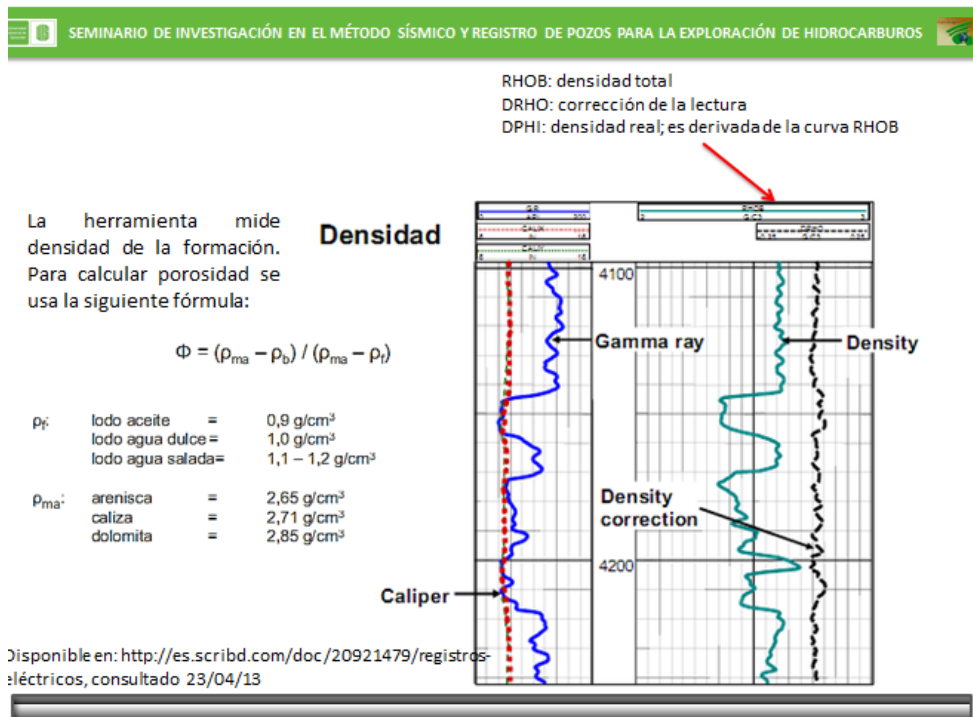
Las presentaciones constituyen el apoyo didáctico usado durante las sesiones para desarrollar el tema de manera fluida concentrando la atención de todos los participantes y asistentes. Estas presentaciones se caracterizan por la importancia

especial que se le da a las imágenes y tablas en mayor medida, dejando el uso de texto como complemento a ellas. La figura 3 y figura 4 es un ejemplo de las diapositivas usadas durante el desarrollo del seminario.

Este material fue elaborado en Microsoft Power Point y está estructurado de la siguiente manera:

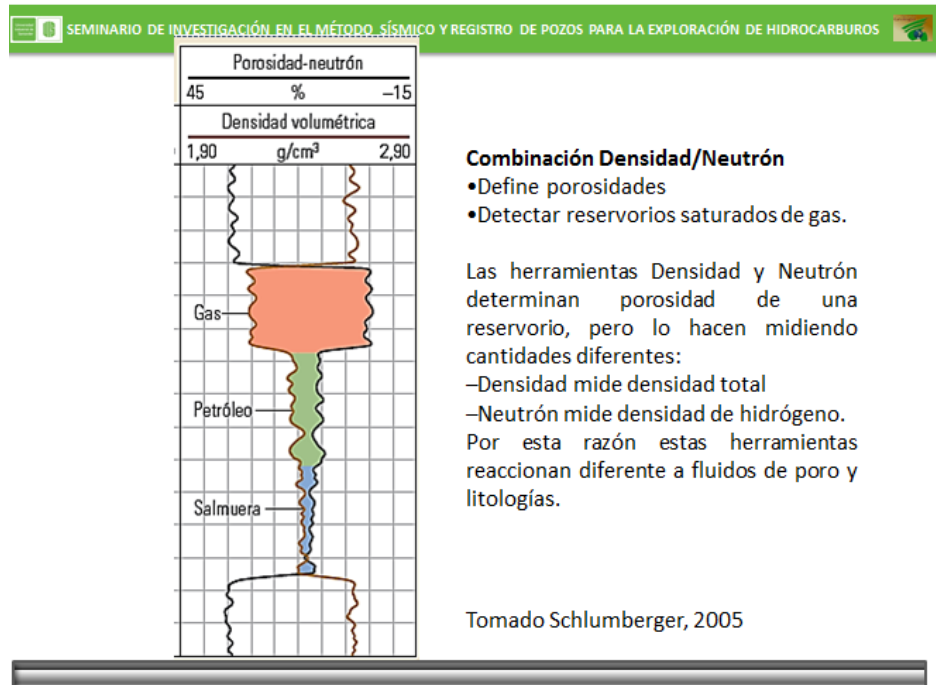
1. Presentación de la sesión del seminario correspondiente.
2. Desarrollo del tema
3. Bibliografía

Figura 3. Ejemplo de presentaciones.



Fuente: Autores

Figura 4. Ejemplo de presentaciones.



Fuente: Autores

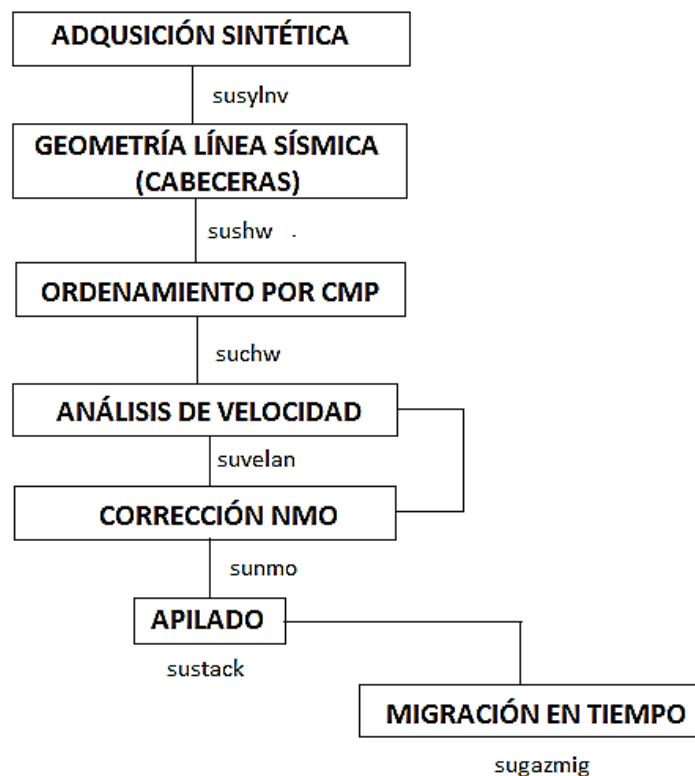
4.3. Software utilizado

A medida que se avanzó en el seminario de investigación surgió la necesidad de desarrollar las bases teóricas abordadas durante las sesiones en una aplicación práctica de conceptos sobre el método sísmico, con el fin de profundizar y dar un aporte de gran importancia en el libro de memorias.

El software a utilizar es Seismic Unix, este fue programado en lenguaje C como una extensión del sistema operativo UNIX. De igual manera el manejo de las funciones contenidas es exclusivo al código fuente. Seismic Unix es de fuente abierta, significa que además de ser distribuido gratuitamente en internet, permite el acceso total de los códigos de sus programas. Esto autoriza que dichos códigos puedan ser utilizados para el desarrollo de nuevas aplicaciones.

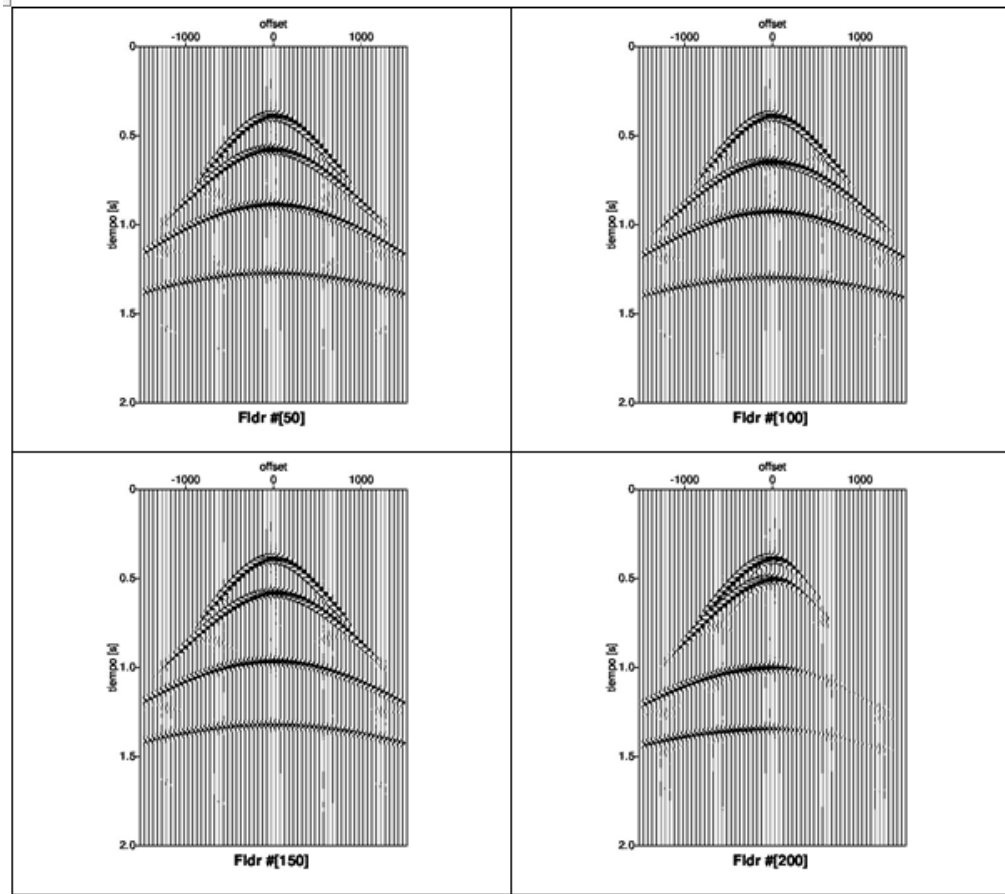
A partir de dicho programa se hizo el procesamiento de una línea sísmica 2D con datos sintéticos, donde se realizó siguiendo unos parámetros de la siguiente forma: como se explica en el diagrama de flujo (figura 5) con la ejecución de comandos del paquete de código abierto de utilidades sísmicas SEISMIC UNIX desarrollado en el CWP. El procesamiento y resultado se presentan en el último tema del libro de memorias denominado Aplicación. Allí se plasma el proceso que se le dió a los datos sintéticos e interpretación dada a los resultados. A continuación se observan imágenes (figura 6 y 7) mostradas en el aporte y que indican el flujo de procesamiento:

Figura 5. Diagrama de flujo de la secuencia de procesamiento de los datos.



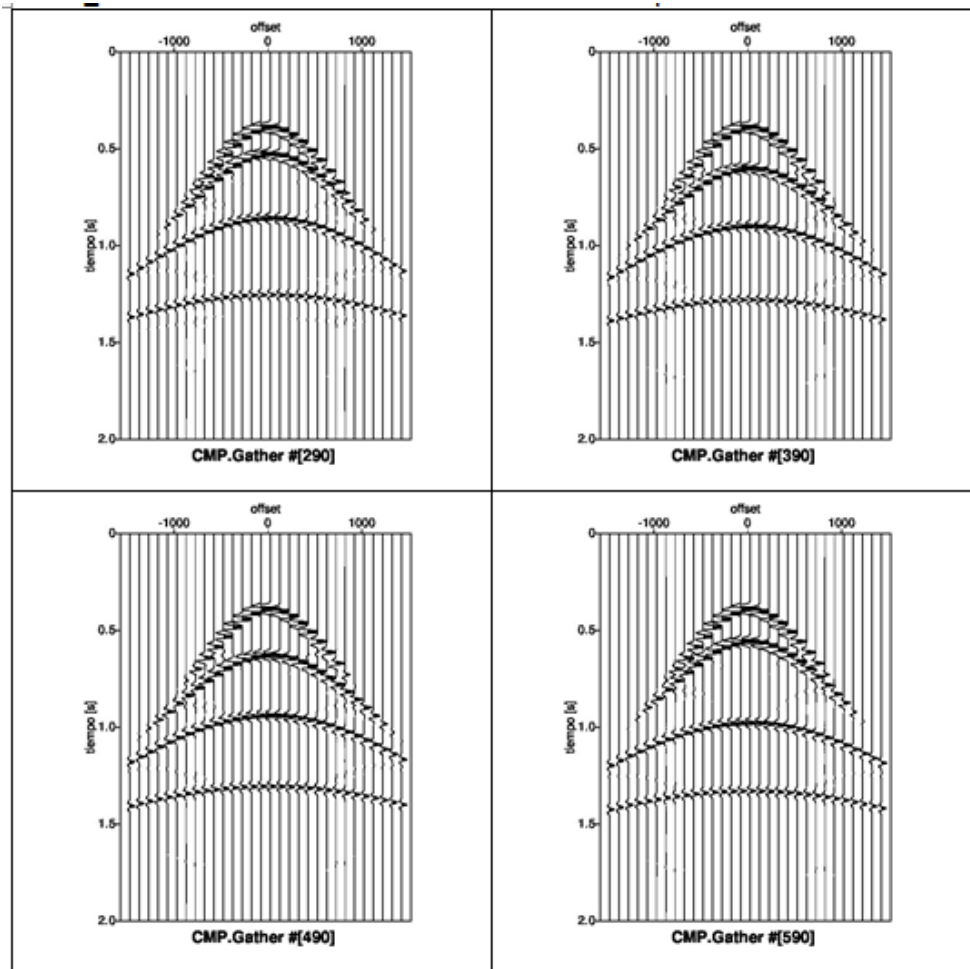
Fuente: Autores.

Figura 6. Disparos representativos donde se evidencian el número de reflectores a través de la inspección de las hipérbolas formadas por las trazas sísmicas.



Fuente: Autores

Figura 7. Visualización trazas sísmicas ordenadas por CMP.



Fuente: Autores

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- El producto tangible que se obtuvo de este seminario de investigación ha sido el libro de memorias donde se plasma toda la información recopilada de la bibliografía la cual fue debidamente consultada, analizada, integrada, estudiada e interpretada por estudiantes y docentes durante el desarrollo del seminario. En él se encuentran abundantes referencias de gran valor para la academia ya que es una excelente fuente de información que puede ser consultada por estudiantes y docentes presentadas en un lenguaje claro, sencillo y directo para su mejor entendimiento.
- El seminario de investigación en el método sísmico y registro de pozos para exploración de hidrocarburos, aportó a los estudiantes una capacidad de escucha y discusión crítica a la hora de desenvolverse en la ejecución de cada una de las sesiones, gracias a las directrices de la vicerrectoría académica de la UIS, las cuales fueron la guía para el correcto desarrollo de cada una de estas.
- Gracias a esta experiencia se evidenciaron ventajas del trabajo en equipo. Se aplicó un aprendizaje basado en los intereses y capacidades de cada uno de los integrantes del grupo, lo que permitió un desarrollo de trabajo sólido. Esto potenció las capacidades como estudiantes y futuros profesionales estimulando habilidades científicas, personales y de trabajo grupal que fomentaron el crecimiento integral de los participantes.

- El seminario de investigación dio la oportunidad de adentrarse más en el mundo de la Geofísica. La interiorización que se realizó de los temas durante el proceso investigativo y propositivo del seminario enriqueció a los participantes con bases teóricas que pueden ser llevadas a la práctica.
- En el libro de memorias se logró adjuntar toda la información recopilada y analizada durante el seminario de investigación, igualmente se encuentran los protocolos que se elaboraron con el propósito de resumir toda la discusión del tema presentado para que el lector aprenda de manera sencilla.
- Como resultado de la elaboración del libro de memorias, se encuentra también un amplio compendio bibliográfico el cual tuvo un análisis por parte de los estudiantes y los docentes directores del seminario, este material permanecerá en la Escuela de Geología como medio de consulta y referencia para las personas que se interesen en el tema.
- Se entregan las diapositivas audiovisuales que pueden ser usadas como referencia para consulta, con estas se logró el objetivo de realizar las presentaciones basadas en la compilación y síntesis de las diferentes temáticas.
- Se logró hacer un aporte donde se utilizó el software Seismic Unix (cwp) para realizar el procesamiento de una línea sísmica 2D a partir de información sintética. El cual evidencia el aprendizaje y manejo del tema por parte de los estudiantes.
- Gracias a los conocimientos adquiridos en el seminario de investigación se encontró que un programa ideal para el aprendizaje didáctico fue el Seismic Unix (CWP), además es un programa de fácil acceso y posee todas las funciones necesarias para un flujo de procesamiento básico.

- La utilización del software permitió obtener una línea sísmica procesada de forma correcta, la cual se anexa en el libro de memorias a modo de guía para quien desee hacer un reprocesamiento pueda guiarse de dicho documento, esta información se encontrará disponible en la escuela de Geología.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda desarrollar más proyectos de grado en esta modalidad pues se evidenció la riqueza teórica y conceptual que es posible adquirir en una temática específica mediante el seminario de investigación.
- El seminario de investigación es una excelente herramienta para estimular la investigación autónoma y el trabajo en equipo, se recomienda que a partir de este documento se profundice en cada una de las temáticas expuestas, con el propósito de generar un producto con información más detallada y puntual.
- Se recomienda que en los seminarios de investigación se estimule el trabajo interdisciplinario, pues los problemas geológicos que buscan encontrar yacimientos de interés económico son cada vez más complejos y requieren ser abordados desde diferentes disciplinas pero con el conocimiento de los fundamentos geológicos y geofísicos básicos.
- Es de vital importancia que los estudiantes de geología busquen potenciar sus capacidades de trabajo en equipo, consulta y discriminación de información relevante y habilidades de comunicación escrita y verbal para poder desarrollar de manera eficiente y eficaz experiencias como la planteada en este trabajo de grado.

BIBLIOGRAFÍA

AKI, K. and RICHARDS, P. Quantitative seismology. 2 edition. Estados Unidos: University science books, 2002. 656 p.

ALLEN, P. and ALLEN, J. Basin analysis: Principles and applications. 2 edition. Estados Unidos: Blackwell publishing ltd, 2005. 549p.

ALVAREZ, G. Diseño de parámetros óptimos de adquisición tridimensional V 1 y 2. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1999. 56p.

ANDERSEN, M. El descubrimiento de los secretos de la tierra. En: Oilfield Review. V. 23 No. 1. (Septiembre; 2011). p. 67-68.

ÁNGELES, E. Métodos de tomografía en la enseñanza de la interpretación geofísica. En: Primer congreso sobre la investigación en facultades y escuelas UNAM. (2005). Memorias. México: UNAM Departamento de geofísica, 2005 UNAM. 8 p.

ANGULO, M. Recuperación secundaria por inyección de agua a los yacimientos u y t del campo Yuca. Quito, 2007.167 p. Trabajo de grado (Ingeniero de petróleos). Escuela Politécnica Nacional.

AVSETH, P., MUKERJI, T. y MAVKO, G. Quantitative seismic interpretation.1 edición. Estados Unidos: Cambridge university press, 2005. 355p.

BARCLAY, F. Inversión sísmica: Lectura entre líneas. En: Oilfield Review. V. 20 No. 1. (Octubre; 2008). p. 44-66.

BARRIOS, R. Faja Petrolífera del Orinoco. La comunidad petrolera. Disponible en: <http://ingenieria-de-yacimientos.lacomunidadpetrolera.com/2008/11/faja-petrolifera-del-orinoco.html>. Fecha: 11 de noviembre de 2008. Consultado el 28 de Octubre de 2012.

BARUCH, E. Adquisición sísmica 3D proyecto Roblote 05G 3D. Sartenejas, 2006. 143 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

BISBÉ, E. Curso básico de evaluación de formaciones para operadores de perforación y producción. Cuba: Centro politécnico del petróleo CUPET, 2007. 46 p.

BOYER, C., LAMBERT, S. y BUSTOS, O. Metano en capas de carbón: Energía limpia para el mundo. En: Oilfield Review. V. 21 No. 2. (2009). p .4-15.

BREMNER, C., BROUGH, B. Y BAKER, A. La importancia del petróleo pesado. En: Oilfield Review. V. 18 No. 3. (2006). p. 38-50.

CABELLO, Y. Análisis de velocidad en un medio anisótropo de tipo VTI para ondas PP y PS. Sartenejas, 2007. 108 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

CALDWELL, J. Las diversas facetas de datos sísmicos de componentes múltiples. En: Oilfield Review. V. 29 No. 5. (Junio; 2004). p. 46-61.

CARRUTHERS, D. y RINGROSE, P. Secondary oil migration: oil-rock contact volumes, flow behavior and rates. En: Geological society, London, special publications. (1998). p 205-220.

CHAOUCH, A. y MARI, J. 3-D land seismic surveys: definition of geophysical parameters. En: Oil & gas science and technology. V. 61 No. 5. (2006). p 611-630.

CHELOTTI, L., ACOSTA, N. y FOSTER, M. cátedra de geofísica aplicada. 1 edición. Argentina: Universidad Nacional de la Patagonia, Departamento de Ingeniería en Petróleo, 2009. 308 p.

CHILINGAR, G., BURYAKOVSKY, L., EREMENKO, N. and GONFUNKEL, M. Geology and geochemistry of oil and gas. 1 edition. Estados Unidos: Elsevier, 2005. 390 p.

CHOPRA, S. and MARFURT, K. Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization. No.11. Estados Unidos: Society of exploration geophysicists, 2007. 464 p.

COHEN, J. and STOCKWELL, Jr. The new SU user's manual. Version 3.2. Estados Unidos: Center for wave phenomena, Colorado School of Mines, 2002. 153 p.

COLLET, T., LEWIS, B. Y UCHIDA, T. Growing interest in gas hydrates. En: Oilfield Review. V. 12 No. 2. (Enero; 2000). p. 43-57.

CORDESEN, A., GALBRAITH, M. and PEIRCE, J. Planning land 3-D seismic surveys. N° 9. Estados Unidos: Society of Exploration Geophysicists, 2000. 203 p.

DA SILVA, M. Análisis de las relaciones porosidad y permeabilidad en sedimentos no consolidados. Sartenejas, 2011. 160 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

DALY, M. Nuevas dimensiones en tecnología sísmica terrestre. En: Oilfield Review. V. 17 No. 3 (Octubre; 2005). p 48-59.

DE LA CRUZ, A. Estudio sedimentológico, diagenético y estructural de las formaciones geológicas de los emiratos árabes unidos. España, 1994. 108 p. Tesis (doctoral). Universidad Complutense de Madrid.

UPRM, DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. Seismic Interpretation. Disponible en: <http://geology.uprm.edu/Classes/GEOL6992/Seisinter.pdf>. Consultado el 8 de abril de 2013.

DOBRIN, M. and SAVIT, C. Introduction to geophysical prospecting. 4 edition. Houston: Mc Graw Hill, 1988. 846p.

DOMENICO, S. Elastic properties of unconsolidated porous sand reservoirs. En: Society of Exploration Geophysicists. V. 42 No. 7 (Diciembre; 1977). p. 1339 - 1368.

DUSSEAULT, M. Comparing Venezuelan and Canadian heavy oil and tar sands. En: Petroleum society's Canadian international petroleum. No. 061 (Junio; 2001). p. 1 – 20.

ESCOBAR, M. Fundamentos de la geoquímica del petróleo. En: XI congreso latinoamericano de geoquímica orgánica. (2008: Isla Margarita). Memorias. Venezuela: Universidad de Zulia – CARBOZULIA, 2008. p. 4- 128.

ESTRADA, L. Cátedra de geofísica: Prospección magnética para alumnos de ingeniería geodésica y geofísica de la facultad de ciencias exactas y tecnología de la UNT. Argentina: Universidad Nacional de Tucuman, 2009. 19p.

FERNÁNDEZ, J. Análisis y modelaje de atributos sísmicos en la región de Monagas, utilizando datos sísmicos 2D. Caracas, 2002. 163 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Central de Venezuela.

FERNÁNDEZ, A. El funcionamiento global de la tierra: La tectónica de placas. Disponible en: http://roble.pntic.mec.es/afep0032/tectonica_index.html. Consultado el 21 de Abril de 2013.

FERNÁNDEZ, C. Secuencia básica del procesamiento de datos sísmicos 2D para una línea del proyecto ríos Socopo - Bocono. Sartenejas, 2005.149 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

FOREL, D. Seismic data processing with seismic un*x: A 2D seismic data processing primer. No. 12. Estados Unidos: Lawrence M. Gochioco, Society of exploration geophysicists, 2005. 288 p.

GADALLAH, M. and FISHER, R. Exploration geophysics: an introduction. Estados Unidos: Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 262 p.

GARCÍA, A. Un estudio integrado del relieve terrestre. En: Enseñanzas de la tierra. V. 15 No. 2. (2007). p. 112-123p.

GAYA, M. Procesado de sísmica de reflexión superficial en la cuenca de Ainsa, Huesca (España). Sartenejas, 2005.113 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

GOVERNMENT OF CANADA. Oil sands a strategic resource for Canada, North America and the global market. August 2011. Disponible en:

http://www.nrcan.gc.ca/energy/sites/www.nrcan.gc.ca.energy/files/files/OilSands-WaterManagement_e.pdf. Consultado el 28 Octubre 2012.

GREGORY, A. Fluid saturation effects on dynamic elastic properties of sedimentary rocks. En: Society of exploration geophysicists. V. 41 No.5. (Octubre; 1976). p. 895-921p.

GUILLOT, G. Manual básico para la interpretación de registros geofísicos de pozos. México, 2010. 169p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Petrolero). Universidad Autónoma de México.

HALLIBURTON. Basic petroleum geology and log analysis. Estados Unidos: Publicaciones Halliburton, 2001. 80 p.

HALLIBURTON. Introducción al Análisis de los Registros de Pozos. Estados Unidos: Publicaciones Halliburton, 1979. 40 p.

HALLIBURTON. LithoTect ®. 2001. Disponible en: http://www.halliburton.com/public/landmark/contents/Data_Sheets/web/H07501-A4.pdf. Consultado el 8 de abril de 2013.

HALLIBURTON. ProMAX®Family seismic data processing software. 2013 Disponible en: <http://www.halliburton.com/ps/Default.aspx?pageid=862&prodid=MSE%3A%3A1055450737429153>. Consultado el 26 de marzo de 2013.

HALLIBURTON. SeisWorks® 3D Family seismic data interpretation software. 2013. Disponible en: <http://www.halliburton.com/ps/Default.aspx?navid=220&pageid=876>. Consultado el 8 de abril de 2013.

HARDAGE, B. Multicomponent seismic technology. En: Society of Exploration Geophysicists Series. No. 18. (Octubre; 2011). 304 p.

HERRERA, Y. y COOPER, N. Manual para la adquisición procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 124 p.

HILTERMAN, F. Seismic amplitude interpretation. No. 4. Estados Unidos: Society of exploration geophysicists, 2001. 10-2 p.

HORMIZDA, V. y RODRÍGUEZ, N. Diseño de un modelo contractual para la exploración y producción de hidrocarburos no convencionales. Monografía (Especialista en Gerencia de Hidrocarburos). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de FísicoQuímicas, 2011. p.13–15.

HUNT, J. Petroleum geochemistry and geology. 2 Edition. New York: W. H. Freeman, 1996. 743 p.

I.E.S. Suel – Fuengirola. La energía interna de la tierra. 2008. Disponible en <http://www.slideshare.net/dmelop/la-energia-interna-de-la-tierra> . Consultado el 21 de abril de 2013.

JARAMILLO, V. El ciclo global del carbono. Notas Instituto de ecología UNAM. 15 de Noviembre de 2007. Disponible en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/jaramillo.html>. Consultado el 25 de octubre de 2012.

KING SAUD UNIVERSITY. Attribute. Disponible en: <http://faculty.ksu.edu.sa/10583/413/PetGeo14.pdf>. Consultado el 10 de abril 2013

KIOUS, J. and TILLING, R. This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics. Estados Unidos: Jane Russell, 1996. 77 p.

KORNPIHL, D. y PETERS, K. Modelado de cuencas y sistemas petrolíferos. En: Oilfield Review. V. 21 No. 2. (Enero; 2009). p. 16 - 33.

LAHEE, F.H. Classification of exploratory drilling and statistics for 1943. En: AAPG Bulletin, V. 28 No. 6 (Junio 1944). p.701-720.

LANDOCEAN ENERGY SERVICES CO; Ltd. LD-DPS™ process Software de procesamiento de datos sísmicos. 2011. Disponible en: <http://www.ldocean.com.cn/Es/Product1.aspx>. Consultado el 26 de marzo de 2013.

LLORENTE, M. Geología del carbón y del petróleo. 1999-2000. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4017/geologia%20del%20petroleo.pdf>. Consultado el 27 de octubre de 2012.

LOWRIE, W. Fundamentals of geophysics. 2 edition. Estados Unidos: Cambridge University Press, 2007. 381 p.

MAGOON, L. B. and DOW, W. G. The petroleum system: from source to trap. Tulsa: Leslie B. Magoon y Wallace G. Dow, 1994. Memoir 60: Tulsa: AAPG 1994. 619 p.

MANILLA, A. Geofísica aplicada en los proyectos básicos de Ingeniería civil. En: Publicación técnica SCT, Instituto mexicano de transporte. No. 229 (2003). p. 2 - 59.

MARTELL, J. Desarrollo de la evaluación petrofísica en México y su futuro a través de la UNAM. México, 2008. 46 p. Tesis (Especialidad: Ingeniería geológica). Universidad Autónoma de México.

MARTÍNEZ, J. Apuntes sobre prospección Gravimétrica. Salamanca: Universidad de Salamanca, 2007. 27p.

MATEUS, J. C. Diseño de una adquisición sísmica 3D para el campo escuela Colorado. Bucaramanga, 2011. 122 p. Trabajo de pregrado (Geólogo). Universidad Industrial de Santander. Escuela de geología.

MCCARTHY, K. La geoquímica básica del petróleo para la evaluación de las rocas generadoras. En: Oilfield Review. V. 23 No. 2 (Enero; 2011). p.36 – 47.

NEMESIO, D. Post procesamiento e interpretación sísmica 2D del bloque Ayacucho 6 de la faja petrolífera del Orinoco. Sartenejas, 2008. 162 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

PARDO, J. Adquisición sísmica 3D proyecto Florida – Amarillis 04G 3D. Sartenejas, 2005. 137 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

PEMBINA INSTITUTE. Canadian oil sands and greenhouse gas emissions. 2010. Disponible en <http://www.circleofblue.org/waternews/wpcontent/uploads/2010/08/briefingnoteosghg-Pembina1.pdf>. Consultado el 28 de octubre de 2012.

PEMEX. Registros geofísicos. México: Publicaciones Pemex, 2010. 77p.

PERMANYER, A. La geoquímica orgánica en exploración y producción de petróleo: perspectivas y ejemplos de aplicación. Disponible en: <http://ingenierosdeminas.org/documentos/07-Geoquimica%20organica.pdf>.

Consultado el 19 de marzo de 2013.

PINTOS, O. Geología del petróleo. 3 de Junio de 2009. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/13047600/Geologia-Del-Petroleo>. Consultado el 15 de Noviembre de 2012.

REPSOL. Recursos no convencionales. 2011. Disponible en: http://www.repsol.com/es_es/corporacion/prensa/publicaciones/especial-upstream/recursos-no-conveccionales.aspx. Consultado el 28 de Octubre de 2012.

RODRÍGUEZ, J. L. Caracterización petrofísica y sedimentológica de las arenas "I" de la formación Isnotu, flanco oeste-Suilo campo Mene Grande. Maracaibo, 2006. 204 p. Tesis (Magister en geología petrolera). Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería.

RODRÍGUEZ, V. C. Optimización de parámetros de adquisición sísmica multicomponente utilizando modelado de reflectividades. Sartenejas, 2012. 145 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

RUIZ, C. Inversión sísmica y estudio de atributos sísmicos post apilamiento de los niveles I3 y TU de la formación oficina en el campo Guico Guara, estado Anzoátegui. Sartenejas, 2007. 83 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de ingeniería geofísica.

SANCHEZ, J. Deriva continental y tectónica de placas. Disponible en: http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/4a_ESO/02_placas/INDICE.htm. Consultado el 21 de Abril de 2013.

SHERIFF, R. E. y GELDART, L. P. Exploration seismology: data processing and interpretation. Reino Unido: Cambridge University Press. 1983. 682 p.

SISMOCLUB. Ondas de cuerpo P y S. Disponible en: <http://sismoclub2011-1.wikispaces.com/Ondas+de+Cuerpo>. Consultado el 25 de Abril de 2013.

STEWART, R. et al. Converted-wave seismic exploration: methods. En: Geophysics V. 67 No. 5. (Octubre; 2002). p. 1348-1363.

STOCKWELL, Jr. J. W. Free Software in education: a case study of CWP/SU: Seismic Unix. En: The Leading Edge V. 16 No. 7. (Julio; 1997). p. 6-12.

TALAGAPU, K. K. 2D and 3D land seismic data acquisition and seismic data processing. 2005. India, 118 p. Tesis (M. Sc. Geophysics). Andhra University. Department of Geophysics.

TARBUCK, E. J. Ciencias de la tierra. Una introducción a la geología física. Octava edición. Madrid: Pearson, Prentice Hall. 2005. 736 p.

TISSOT, B. y WELTE, D. Petroleum formation and occurrence. California (USA): Springer-Verlag Publishing, 1984. 699p.

TOMÉ, M. Análisis de geometrías de recuperación de disparos en zonas de Morichales para el proyecto Cariña oeste O6G 3D. Sartenejas, 2009. 168 p. Trabajo de pregrado (Ingeniera Geofísica). Universidad Simón Bolívar. Coordinación de Ingeniería Geofísica.

UNIVERSIDAD NACIONAL. Características petrofísicas y saturación de agua inicial en los tipos de roca de la zona – C en el área Cira – este. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4349/7/cesaraugustorojassuarez.2011.parte6.pdf>. Consultado el 24 de abril de 2013.

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA. Basic principles in tectonics, unidad 5 Tectonic regimes in sedimentary basins. Disponible en: <http://homepage.ufp.pt/biblioteca/WebBasPrinTectonics/BasPrincTectonics/Page7.htm>. Consultada el 21 de Abril de 2013.

VEEKEN, P. Seismic stratigraphy, basin analysis and reservoir characterization. Estados Unidos: Elsevier Science. 2007. 509p.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, VICERRECTORÍA ACADÉMICA. Lineamientos para el seminario de investigación como modalidad para el desarrollo del trabajo de grado. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 2007. 16 p.

VIEIRA, A. Modelado básico de datos sísmicos preapilados y su correspondiente secuencia de procesamiento utilizando los programas del paquete seismic unix. Sartenejas, 2007. 180 p. Trabajo de pregrado (Ingeniero Geofísico). Universidad Simón Bolívar. Coordinación Ingeniería Geofísica.

WANG, X. y WANG, T. The shale gas potential of China. En: SPE production and operations symposium, Oklahoma. (27-29 Marzo 2011). p. 63-87.

YAJAMIN, D. et al. Caracterización petrofísica de un yacimiento. Ecuador: 2010. Escuela Politécnica Nacional. 40p.

YILMAZ, O. Seismic data analysis. Volumen I. Estados Unidos: SEG Books. 2001.
2027 p.