

Diseño de la asignatura "Métodos geofísicos aplicados a la prospección de yacimientos de hidrocarburos" para la carrera de Ingeniería Geofísica en Cuba

Design of the subject "Geophysics methods applied to the prospection of oilfield" to the carrer of Geophysics Engineering in Cuba

Guillermo Miró Pagés ^I, José Gemén Luis Prol-Betancourt ^{II},
Odalys Reyes Paredes ^{III}, María Caridad Rifá Hernández ^{IV}

^I Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Geociencias, Instituto Superior politécnico José Antonio Echeverría.

Correo electrónico: gmiro@civil.cujae.edu.cu

^{II} Centro de Investigaciones del Petróleo.

Correo electrónico: prol@dig.cupet.cu

^{III} Centro de Investigaciones del Petróleo.

Correo electrónico: oreyes@dig.cupet.cu

^{IV} Centro de Investigaciones del Petróleo.

Correo electrónico: rifa@dig.cupet.cu

Recibido: 7 de abril de 2016

Aceptado: 13 de julio de 2016

Resumen:

El artículo trata sobre el diseño y la programación de los contenidos de la asignatura "Métodos geofísicos aplicados a la prospección, exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos" en el quinto año de la carrera de Ingeniería Geofísica impartida por el Departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería Civil del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE) de La Habana, Cuba. La asignatura se enmarca en la disciplina "Geofísica Aplicada" del plan de estudios D y se basa en el dominio teórico-práctico adquirido por los alumnos en cada uno de los métodos geofísicos dentro de la carrera; dirigida a reforzar la interacción y complementación de los métodos geofísicos y geológicos en la exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos. En ese sentido fue necesario preparar todos los materiales teóricos y prácticos, para lo cual se revisaron diversos libros, artículos e informes de proyectos de investigaciones.

Abstract:

This article is about the design and programming of the course on "Geophysical methods applied to the prospecting, exploration and exploitation of hydrocarbons fields" taught in the fifth year at the Geophysical Engineering field which is delivered by the Department of Geosciences at the School of Civil Engineering, CUJAE, located in Havana, Cuba. This constitutes a course in the discipline "Applied Geophysics" from Study Plan D. It is the result of the theoretical and practical students' experience acquired through the different geophysical methods studied whose aim is to reinforce the interaction and implementation of the geophysical and geologic methods in the exploration and exploitation of hydrocarbon deposits. For this reason, it was necessary to prepare all the theoretical and practical materials, and to consult books, articles and reports from projects and investigations.

Palabras-claves

Exploración, geofísica, geología, prospección.

Key Words

Exploration, geophysics, geologic, prospecting.

Licencia Creative Commons



Introducción

La prospección geofísica moderna se caracteriza por la concurrencia de diversos métodos que son empleados para resolver las tareas geológicas planteadas, de forma interrelacionada y en una secuencia adecuada. Es decir, actualmente prevalece una tendencia al enfoque sistémico para la obtención e interpretación de la información.

El Método Sísmico de Reflexión por la calidad y resolución de la información que brinda, sigue ocupando un marcado liderazgo a nivel mundial en el campo de la prospección petrolera entre todos los métodos que concurren a este fin; por ejemplo es conocido, que cerca de un 96,9% del volumen total de gastos en trabajos de exploración geofísica, son dedicados a la búsqueda de hidrocarburos y que 92,6% del total de esa erogación es destinada precisamente a trabajos de exploración sísmica con ondas longitudinales P. No obstante, lo cierto es que en la medida que se exploran regiones geológicamente más adversas y objetivos más profundos se pone un mayor acento en el concepto de integración de métodos ya que la sísmica sola en muchas ocasiones, resulta insuficiente y parece previsible que este enfoque siga predominando en el futuro ya que los retos serán cada vez mayores.

Es de significar que la llamada geofísica petrolera ocupa hoy en día dentro del contexto de los métodos geofísicos de exploración, el primer lugar atendiendo a su efecto económico y a los gastos que se derivan de su actividad. La aplicación integrada de métodos geofísicos de exploración, está basada en la necesidad de disminuir la ambigüedad propia de la solución de la tarea inversa que generalmente caracteriza al empleo de un solo método, lo que en el caso de la prospección petrolera puede acarrear pérdidas económicas millonarias. En la exploración petrolera históricamente, los métodos más baratos y más abarcadores (como la teledetección, la morfometría, gravimetría, magnetometría, la aerogamma espectrometría) han antecedido a la sísmica 2D y por supuesto 3D.

La prospección geofísica moderna, se caracteriza por la concurrencia de diversos métodos que son empleados para resolver las tareas geológicas planteadas de forma interrelacionada y en una secuencia adecuada, lo que tiene sensibles efectos tanto en el orden informativo como económico.

En realidad cada método tiene sus propias fortalezas y limitaciones, por lo que es el análisis combinado de sus respuestas, lo que da elementos más confiables para juzgar sobre la posible existencia y características de los sistemas petroleros en las regiones investigadas, de existir éstos en las mismas.

La realización del trabajo de concepción, diseño e implementación de la asignatura "Métodos geofísicos aplicados a la prospección, exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos", no hubiera sido posible sin el trabajo conjunto de especialistas del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" y de investigadores del Centro de Investigaciones del Petróleo y la imprescindible contribución con los datos requeridos a ese fin aportados por esta institución, lo que se enmarca perfectamente en los propósitos de colaboración existentes entre el Ministerio de Educación Superior y el Ministerio de Energía y Minas.

Desarrollo

Fundamentación de la asignatura en la formación de los ingenieros geofísicos

Experiencias internacionales

La integración de métodos para la prospección petrolera y minera fue un paradigma muy relevante de la formación y el desempeño de los ingenieros geofísicos en la extinta URSS, cuya metodología y eficacia fue divulgada mediante diversas publicaciones [1], [2].

Al consultar experiencias más modernas existentes a escala internacional sobre geofísica petrolera y sobre formación y superación de profesionales en este campo [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], a fin de considerarlas en la preparación del material docente a impartir, puede resumirse, que se le brinda un priorizado acento a la enseñanza de las técnicas de adquisición, procesamiento e interpretación de la sísmica 2D, 3D y 4D orientadas tanto a la exploración como a la optimización de la explotación de los yacimientos, a las técnicas de búsqueda directa de hidrocarburos y de detección de yacimientos no convencionales; los cursos que son impartidos, ponen un gran énfasis en la asimilación de los aspectos prácticos relativos al empleo de los hardware y software más modernos y en el desarrollo de hábitos de trabajo en equipos por los estudiantes, sin descuidar el conocimiento de la geología específica que caracteriza a cada región investigada, sin el cual los resultados de las interpretaciones carecen de sentido.

Aminzadeh [11], expone que "la integración de disciplinas desde la exploración hasta la producción, es la única forma de alcanzar un trabajo hecho. Los geofísicos aislados no pueden trabajar. La fusión de varios tipos de datos requiere de la inteligente integración de disciplinas y esto debe ser así desde el inicio de las etapas de exploración y de producción. Con el objetivo de realizar esta integración, los geocientíficos deben tener un razonable nivel de conocimiento de otras disciplinas. La integración de disciplinas debe iniciarse mediante una educación interdisciplinaria".

En otros artículos recientemente publicados [12], [13], [14], [15], también se resalta el papel de la integración de métodos geólogo-geofísicos para propiciar el desarrollo de los campos en explotación y desarrollar la búsqueda de hidrocarburos líquidos y gaseosos en plays convencionales y no convencionales.

Por otra parte, fueron consultados a través de INTERNET los currículos de Geofísica correspondientes a varios centros de educación superior [16], [17], [18], a fin de identificar en ellos asignaturas que guardaran analogía con la que constituye el objeto de nuestra atención; como resultado pudimos identificar que en algunos de ellos se incluyen efectivamente asignaturas aparentemente similares.

Experiencias nacionales

En el caso de Cuba, las complejidades inherentes a nuestra geología han aconsejado siempre el empleo de complejos de métodos para la exploración petrolera [19].

Sería interminable la lista de referencias bibliográficas que reflejan los resultados de numerosos profesionales cubanos en el campo de la integración de métodos geólogo-geofísicos de superficie aplicados a la regionalización tectónica y/o a la prospección petrolera a lo largo de muchos años en nuestras complejas condiciones; a continuación se relaciona una muestra representativa de ellos, que no pretende ser completa [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32]; [33]; [34]; [35]; [36]; algunos de los resultados expuestos junto a otros no referidos aquí, fueron incluidos a modo de ejemplos en el texto básico que fue elaborado y en las conferencias que fueron preparadas (Ver Fig.1).

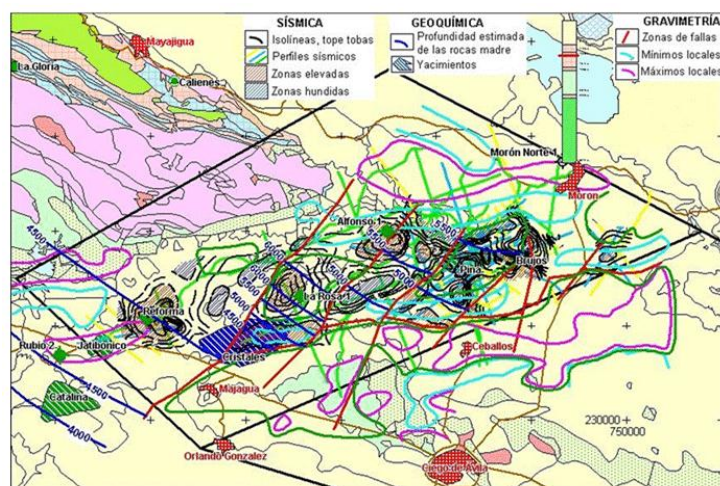


Figura 1: Integración de técnicas exploratorias para evaluar el potencial petrolero del bloque 21 a

Los resultados del análisis de las publicaciones anteriormente mencionadas, que constituyen solo una muestra del amplio volumen de investigaciones que han sido realizadas por nuestros profesionales cubanos en la aplicación integrada de métodos geólogo-geofísicos a la prospección petrolera desde hace años, permiten concluir el aporte de la integración de métodos a la realización de interpretaciones más confiables y fundamentadas en este campo y de ese modo, avalan plenamente la pertinencia de la inclusión de la asignatura en el programa de formación de los ingenieros geofísicos cubanos.

Concepción y diseño de la asignatura

Los principales aspectos concebidos para la impartición de esta asignatura fueron los siguientes:

Objetivos:

1- Educativos

- Desarrollar en los estudiantes espíritu de trabajo colectivo e interdisciplinario para la ejecución de investigaciones aplicadas a la prospección y explotación de yacimientos de hidrocarburos.
- Expresar en su actividad profesional los valores éticos y estéticos en correspondencia con nuestro proyecto social dirigidos al desarrollo sostenible de la exploración geofísica, sobre la base del respeto, cuidado y protección al entorno natural.
- Desarrollar amor a la profesión, incentivando en los estudiantes capacidades para el trabajo independiente, una permanente autosuperación, responsabilidad profesional, inquietudes investigativas, así como originalidad e ingenio creativo.
- Contribuir al desarrollo de su personalidad como futuro profesional de las geociencias formando hábitos de trabajo en equipo, combinando los intereses individuales y colectivos en la toma de decisiones, de cumplimiento de normas, regulaciones y disposiciones vigentes en la esfera de la exploración de yacimientos, las investigaciones geotécnicas, hidrogeológicas y medio ambientales, para la protección y seguridad del hombre y para garantizar la calidad de los trabajos.

2- Instructivos

- Describir el papel de la geofísica en el complejo racional de métodos de investigación para la prospección y exploración de yacimientos de hidrocarburos.
- Precisar las tareas específicas que pueden ser total o parcialmente resueltas con la geofísica.
- Analizar formas y procedimientos de insertar la geofísica en el complejo de métodos de investigación para hidrocarburos.
- Describir los aspectos esenciales que contienen las diferentes etapas y ciclos de investigaciones para la prospección y explotación de hidrocarburos.
- Aplicar las técnicas de procesamiento, interpretación y análisis de la información integrada utilizando los métodos geofísicos.

- Evaluar el impacto ambiental y social de las campañas de exploración geofísica dirigidas a las investigaciones para hidrocarburos.
- Integrar y aplicar conocimientos de Geofísica y Geología al quehacer particular de las investigaciones petroleras.
- Desarrollar en los estudiantes hábitos de análisis de artículos científicos, de investigación en equipos, de elaboración, exposición y defensa de trabajos y de búsqueda bibliográfica actualizada en idiomas español e inglés relativos al campo de la aplicación integrada de los métodos geofísicos a la exploración y explotación petrolera.

Conocimientos básicos a adquirir

Composición del complejo de métodos geofísicos de superficie y pozos para la prospección de hidrocarburos y para el desarrollo de campos petroleros. Metodología del análisis integrado y secuencial de datos geólogo-geofísicos de superficie y pozos a diferentes escalas en la prospección de hidrocarburos. Empleo de la herramienta informática SIG para el análisis integrado de datos. Ejemplos de aplicación en Cuba y otras partes del mundo.

Habilidades básicas a dominar

- Seleccionar las técnicas geofísicas más adecuadas para realizar campañas de prospección de hidrocarburos y las secuencias más correctas de aplicación de éstas.
- Evaluar las posibles perspectivas para la prospección petrolera de un área del territorio nacional cubano en base al análisis integrado de un complejo de datos geofísicos y geológicos de superficie y pozos.

Bibliografía

Texto básico: Métodos Geofísicos Integrados; Autor: Dr. Guillermo Miró Pagés

Actividades docentes concebidas para el logro de los objetivos

Para dar cumplimiento a los objetivos, los autores inicialmente meditaron e intercambiaron acerca de la estrategia docente a seguir en base a las experiencias existentes [37]; fue decidido en el diseño del curso, que en este tuvieran una marcada jerarquía las actividades independientes del alumnado bajo la orientación de los profesores, a fin de prepararlos para la confección de sus trabajos de diploma; el grupo fue concebido como una unidad integral para las conferencias y fue dividido en 5 subgrupos para la realización de las tareas colectivas y un trabajo de curso, cuyos propósitos fueron definidos como sigue:

- Tareas colectivas (1/subgrupo) dedicadas al análisis crítico de 6 casos de estudio/subgrupo, sobre la interpretación combinada de datos geólogo-geofísicos en diversas regiones del mundo. La preparación de este ejercicio requirió la búsqueda por los profesores de más de 30 casos de estudio actualizados sobre aplicación combinada de métodos a la exploración petrolera a escala nacional e internacional que resultaran ilustrativos sobre esta actividad y el establecimiento de una guía de aspectos para orientar la reflexión y el análisis.
- Trabajos de curso_(1/subgrupo) dedicados a la interpretación de un complejo de datos geofísicos asignado a cada subgrupo, con el fin de resolver un problema práctico de regionalización e identificación de posibles sectores perspectivas cubanos, con vistas a la prospección petrolera. La preparación de este ejercicio, requirió de una rigurosa selección de datos geofísicos de superficie (sísmicos, gravimétricos y magnetométricos), de pozos, geólogo-petroleros etc., de 5 áreas previamente seleccionadas del territorio nacional y de la preparación de los archivos de datos gravimétricos.
- Tareas individuales (1/alumno) dedicadas a la interpretación combinada de datos geofísicos. Para el desarrollo de esta actividad, inicialmente fueron concebidas las temáticas a abordar, una de las cuales demanda la interpretación cualitativa de una sección sísmica; lo cual requirió la localización de 25 secciones sísmicas ilustrativas, a fin de entregar una diferente a cada estudiante.

Experiencias en la aplicación del programa

El programa referido en el presente artículo solamente ha sido aplicado hasta el presente durante los últimos dos cursos por impartirse éste en el quinto año de la carrera de ingeniería geofísica, cuya reapertura tuvo lugar en el año 2010.

Los métodos científicos empleados para evaluar los resultados del nuevo programa concebido y aplicado y propiciar su mejoramiento fueron los siguientes:

Métodos teóricos: se utilizó el analítico-sintético en cuyo marco los autores compararon el programa diseñado y sus resultados con los obtenidos en cursos universitarios extranjeros de contenido similar.

Métodos empíricos: se realizaron encuestas de carácter anónimo a los estudiantes a fin de conocer sus opiniones, grado de satisfacción y sugerencias para lograr una mayor calidad y mejor aplicación del programa; los resultados de la encuesta correspondiente al actual curso 2015-2016 realizada al total del grupo de 20 estudiantes fueron los siguientes:

- 11 estudiantes (55%) expresaron total satisfacción con los contenidos y forma de impartición de la asignatura no formulando sugerencias de enmiendas o correcciones para su futura impartición. Algunos de los principales criterios textuales expresados por estos alumnos fueron los siguientes:
 - Nos entrenó muy favorablemente en el trabajo en equipos.

- Fue muy positivo el análisis y debate de casos análogos realizados en el extranjero y su comparación con los cubanos.
- Asignaturas como ésta, contribuyen mucho a la formación de los ingenieros geofísicos.
- Es muy útil trabajar en el análisis integrado de datos para disminuir las ambigüedades inherentes a la solución de la tarea inversa.
- La integración de las conferencias con las tareas prácticas fue de gran utilidad.
- El programa estuvo bien estructurado y los profesores mostraron una didáctica y dedicación adecuadas.
- Fue muy motivante que los datos fueran reales y que correspondieran a áreas de verdadero interés petrolero del País.
- La asignatura brinda una buena preparación para el futuro desarrollo de los trabajos de tesis en el campo de la industria petrolera.
- Otros 9 (45 %) estudiantes adicionalmente a sus valoraciones también positivas, expresaron algunos valiosos criterios y/o sugerencias que serán tenidas en cuenta para su mejor impartición en el futuro.

Conclusiones

Las complejas condiciones geológicas de Cuba, aconsejan el empleo de métodos integrados para tratar de disminuir la ambigüedad de las interpretaciones geofísicas con fines petroleros, lo que ratifica inequívocamente la pertinencia de la asignatura "Métodos geofísicos aplicados a la prospección, exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos" en el currículo.

Fueron concebidas, implementadas y programadas las actividades teóricas y prácticas correspondientes a la asignatura referida, elaborado un texto básico como soporte a la impartición de la misma y evaluadas las primeras experiencias de su aplicación.

Ha resultado decisivo para el logro de los resultados de este trabajo, el vínculo establecido entre docentes del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría e investigadores del Centro de Investigaciones del Petróleo.

Referencias Bibliográficas

- 1- Kunin N., y otros. Manual de Geofísica de campo [en ruso]. Moscú: Editorial Niedra: 1977.
- 2- Brodovoi B. B. Aplicación integrada de métodos geofísicos. Moscú: Editorial Niedra: 1988.
- 3- Dobrin M., Savit C.): "Introduction to geophysical prospecting", McGraw Hill, Singapore, 1988. 864 p
- 4- Telford W. M., Geldart L. P., Sheriff R. E. Applied Geophysics. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press: 1990.
- 5- Brown A. Interpretation of three-dimensional seismic data. Sixth edition. AAPG: Memoir 42: 2004.
- 6- Per A., Mukerji T, Mavko G. Quantitative seismic interpretation. Cambridge: Cambridge University Press: 2005.
- 7- UNAM. Sismología Aplicada a la Exploración Petrolera. Programa de estudio para la carrera de Ingeniería Geofísica. México: Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías: 2005.
- 8- Sandoval J. Algunas reflexiones sobre la formación del ingeniero geofísico en la enseñanza-aprendizaje de temas en exploración petrolera. 2005. Disponible en: <http://blog-petrolero.blogspot.com/2010/07/algunas-reflexiones-sobre-la-formacion.html>
- 9- Beicip F. Litosísmica: Teoría y práctica. Curso sobre caracterización sísmica de yacimientos. 66 p. 2007.
- 10- Gadallah M., Fisher R. Exploration Geophysics. Berlin: Springer-Verlag: 2009.
- 11- Aminzadeh F. El creciente rol de la geofísica. GEOEXPRO, 2009, Vol. 6, No.1.
- 12- Menéndez E. El papel del geofísico de exploración y las asociaciones de ingenieros en geociencias ante los retos energéticos del nuevo milenio. 2009. Disponible en: <http://www.amge.org.mx/geonuevomilenio.php>
- 13- Lyatsky H. Magnetic and Gravity Methods in Mineral Exploration. Value of Well-Rounded Geophysical Skills, 2010. Vol. 35.
- 14- Close, D.I., Perez M., Goodway B., Caycedo F., and Monk D. Workflows for Integrated Seismic Interpretation of Rock Properties and Geomechanical Data. Part 2 "Application and Interpretation", CSEG-CSPG-CWLS Convention extended Abstracts. 2011.
- 15- Gray, D. An Unconventional View of Geophysics. CSEG RECORDER. 2013. 38, 9, 50-54.

- 16- S/A. Plan de Estudios de la carrera de Geofísica. La Plata: Universidad Nacional de La Plata: 2006. Disponible en: <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/area-docente/secretaria-academica/carreras-de-grado/planes-de-estudio/geofisica/plan-año-2006/>.
- 17- Geofísica EPdI. Plan de Estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería Geofísica. Buenos Aires: Universidad Nacional de San Juan: 2007 Disponible en: <http://ingenieriageofisica.com/sobre-la-carrera/plan-de-estudios/>.
- 18- UNAM. Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Geofísica. Ciudad México: Universidad Nacional Autónoma de México: 2006. Disponible en: http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/ingGeofisica_Plan.htm.
- 19- Alaminos, C. Principios de aplicación compleja de los métodos geólogo-geofísicos. Habana: Universidad de La Habana: 1985.
- 20- Echevarría, G. Búsqueda y exploración de yacimientos de petróleo y gas. La Habana: Editorial Pueblo y Educación: 1980.
- 21- Rodríguez J. La constitución profunda de Cuba Oriental sobre la base de los datos geofísicos. Tesis doctoral: (Inédita). Leningrado: 1982.
- 22- Hernández, G. Desarrollo de un complejo de investigaciones geofísicas para el estudio de la constitución profunda de Cuba Central en relación a sus perspectivas gasopetrolífera. Tesis doctoral (Inédita). Moscú: 1984.
- 23- Tenreyro, R. Desarrollo de una metodología para la interpretación compleja de los datos geofísicos de las regiones gasopetrolíferas de Cuba y su plataforma. Tesis de candidatura (Inédita). Moscú: 1987.
- 24- Alfonso J.R. y Castro J. Informe sobre trabajos desarrollados en un sector del yacimiento Cantel usando métodos geofísicos no convencionales. (Inédito). La Habana: Centro de Investigación y Desarrollo del Petróleo: 1990.
- 25- Cuevas, J. L. Informe sobre las investigaciones geofísicas regionales complejas de la corteza terrestre en la región central de Cuba. (Inédito). La Habana: Academia de Ciencias de Cuba: 1992.
- 26- Miró G. Análisis integrado de los métodos geofísicos, morfométricos y de teledetección para el estudio de la Cuenca del Cauto. Tesis doctoral. La Habana: ISPJAE: 1993.
- 27- Prol J., Sánchez C., Gómez R. y Rifá M. Alineaciones del campo gravitacional en el golfo de México y su relación con la tectónica profunda. En: II Taller internacional sobre geología y potencial petrolero del SE del golfo de México (aguas profundas). La Habana: 2003.

- 28- Delgado O., Pascual O., López J. G., Prol J. L, Rifa M. y Martínez E. Integración de técnicas exploratorias para evaluar el potencial petrolero del bloque 21. En: III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2009. La Habana: 2009.
- 29- Rodríguez O., Pardo M., Pérez P., San Jorge W., Toirac R. Aplicación del complejo Redox en la exploración petrolera en áreas del bloque 13. En: IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2011. La Habana: 2011.
- 30- Domínguez A. H., Zulueta M. J., Domínguez B. R., Sánchez C. E., García N. Metodología de interpretación sísmica 3D (estructural) en la faja septentrional cabalgada de Cuba. En: V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2013. La Habana: 2013.
- 31- Gómez J., Rodríguez O., Hernández J., Gil S., Toirac R., Betancourt M., et al. Aproximación a un modelo estático en el prospecto Guanabo sur. En: V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2013. La Habana: 2013.
- 32- García N, Domínguez A., Camejo E., Lastra M., Prol J. L., Rifá M. Resultados geólogo-geofísicos preliminares sobre la reinterpretación de la sísmica 3D en el sector Bacuranao-Santa María. En: V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2013. La Habana: 2013.
- 33- Otero R., López J. G., García D. Zonación tectono-estratigráfica del sector oriental de la franja norte de crudos pesados de la República de Cuba. En: V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias 2013. La Habana: 2013.
- 34- Rifá M., Prol J. Argumentos geofísicos acerca del margen continental en la Cuenca Central, Cuba, V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2013. La Habana: 2013.
- 35- Valladares S., Segura R., Álvarez J., Brey del Rey D., Castro O., Rodríguez M. (in memoriam), et al. Reservorios gasopetrolíferos fracturados de Cuba. Caso de estudio: reservorios carbonatados en la franja norte de crudos pesados, V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2013. La Habana: 2013.
- 36- Fernández P. A., Domínguez A., Domínguez B. R., García N., Toirac R., Ríos J. Resultado de la integración de la interpretación sísmica 3D y datos de pozos en el área Guanabo – Vía Blanca, faja septentrional de Cuba, V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2013. La Habana: 2013.
- 37- Miró G. Enseñanza del método sísmico de prospección: Nuevas concepciones pedagógicas, Revista Cubana de Ingeniería 2012: (2), 5-11.

Autores:

Guillermo Miró Pagés

Ingeniero Geofísico, Doctor en Ciencias Geológicas, profesor Titular (Consultante), Departamento de Geociencias, Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba.

José Gemén Luis Prol-Betancourt

Ingeniero Geofísico, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Auxiliar (CUJAE), Profesor Principal (CPP), Investigador auxiliar, Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba.

Odalys Reyes Paredes

Ingeniera Geofísica, Máster en Geofísica aplicada (Mención petróleo y gas), Profesor Instructor (CUJAE), Especialista I en Investigación, Innovación y Desarrollo, Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba.

María Caridad Rifá-Hernández

Ingeniera Geofísica, Máster en Geofísica aplicada (Mención petróleo y gas), Profesor Instructor (CPP), Especialista I en Investigación, Innovación y Desarrollo, Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba.