

Enseñanza del método sísmico de prospección: Nuevas concepciones pedagógicas

Guillermo Miró Pagés

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

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Resumen

En el presente artículo se exponen los principales resultados del trabajo de actualización de la asignatura *Prospección sísmica* que integra el programa de la Maestría de Geofísica Aplicada del Departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería Civil del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, realizado como parte de la actividad sistemática dedicada a garantizar la modernidad del programa de estudios, que lleva a cabo el Comité Académico. En relación con lo expuesto, el objetivo principal del trabajo que sustenta esta publicación, fue revisar la didáctica actual de la enseñanza de este método geofísico. En el marco de esta actividad, se realizaron numerosas consultas bibliográficas, algunas de las cuales son referidas en el artículo. El resultado del análisis, permitió actualizar los contenidos teóricos y modernizar el soporte bibliográfico de esta asignatura, que es impartida tanto en Cuba como en el extranjero. La conclusión más importante a que se arriba en el trabajo, consiste en que el proceso docente, debe estar dirigido a tratar de centrar más el aprendizaje en los alumnos demandando de ellos un mayor protagonismo en el mismo.

Palabras clave: enseñanza, método, sísmica, prospección petrolera

Recibido: 20 de enero del 2011 Aprobado: 27 de abril del 2011

INTRODUCCIÓN

El método sísmico, fundamentalmente dedicado a escala internacional a la exploración de hidrocarburos, generalmente se considera uno de los más difíciles de enseñar en comparación a los restantes, propios del campo de la geofísica aplicada, atendiendo a las complejidades inherentes tanto a sus fundamentos teóricos como a sus etapas de adquisición, procesamiento e interpretación, en las que se manipula un extraordinario volumen de datos, debido a que estos son muestreados no solo en espacio sino también en tiempo.

El presente artículo es el resultado de la revisión del proceso de enseñanza de este método geofísico a escala internacional, a fin de actualizar los contenidos teóricos y modernizar el soporte bibliográfico de esta materia que es impartida en el programa de la Maestría de Geofísica Aplicada

del Departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería Civil del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, de La Habana, Cuba.

Particularmente, en este artículo es referida alguna de la literatura consultada, así como se expone una retrospectiva del autor sobre la enseñanza de la sísmica en Cuba, labor a la que ha dedicado más de 35 años de ejercicio profesional.

Tradicionalmente este método ha ocupado el liderazgo en el campo de la geofísica aplicada, por la información que proporciona en la exploración de hidrocarburos. Últimamente, debido al aparente agotamiento progresivo que están experimentando las reservas mundiales de petróleo y gas, se están explorando profundidades cada vez mayores en condiciones de aguas profundas, áreas selváticas, desérticas, de congelación perpetua y otros ambientes considerados hasta hace unos años como inaccesibles.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, el método sísmico está experimentando un inusitado desarrollo tecnológico según se refleja en numerosas publicaciones, [1 - 4] lo que obliga a realizar una constante actualización de los programas universitarios de esta asignatura, que es impartida en el marco de la enseñanza de pregrado y posgrado de las geociencias a escala internacional.

En relación con lo expuesto, el objetivo principal del trabajo que dio origen a la presente publicación, fue revisar el proceso actual de enseñanza-aprendizaje de este método geofísico a escala internacional e introducir las modificaciones requeridas en el programa a fin de modernizar el mismo

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Las concepciones sobre la enseñanza de las geociencias en general y de la sísmica en particular no están exentas de aspectos polémicos. Estos conciernen actualmente al debate que existe sobre si la enseñanza debe estar más centrada en el liderazgo de los profesores o en un protagonismo más activo de los alumnos, mediante la solución y debate en equipos de casos de estudio con la guía y supervisión de aquellos.

En el trabajo *Situación actual y perspectiva de la Ingeniería de Minas en España*, [5] son analizados diferentes aspectos de la metodología educativa de la enseñanza superior europea y criticados algunos de los fundamentos de la misma al considerárseles excesivamente teóricos, señalándose textualmente: "...conscientes de estos problemas que no son solo españoles, los responsables de la educación superior en Europa han decidido que la solución está en un cambio de la metodología educativa. El acento no debe ponerse en la enseñanza sino en el aprendizaje. No se trata de enseñar, muchas cosas a los alumnos sino de provocar en ellos capacidad creadora".

Son dignas de atención, las consideraciones sobre la docencia de la geofísica que aparecen en [6] y [7] en donde se conclúan textualmente las siguientes consideraciones sobre los propósitos que debía perseguir la enseñanza moderna de un profesional de esta rama:

1. Necesidad de trabajo en grupos de especialistas. Enseñar a trabajar y analizar los temas en colectivos técnicos.
2. No es necesario enseñar todos los detalles de la técnica porque esta se renueva cada dos años.
3. Los interpretadores sísmicos necesitan entender el efecto de la adquisición y el procesamiento en los datos que ellos interpretan.
4. Las compañías consideran que uno de los mejores momentos de la carrera para el análisis integrado de los datos, es durante la elaboración de las tesis de grado.
5. Es mejor encontrar un especialista que tenga un buen conocimiento sobre la geología de la región a investigar (esto cuesta meses y quizás años de adquirir), que el conocimiento de la práctica con las estaciones de trabajo *workstation*, ya

que esto último es más mecánico y cuesta menos tiempo de asimilar.

Actualmente se nota un marcado acento en la enseñanza de las técnicas de adquisición, procesamiento e interpretación de la sísmica 2D, 3D y 4D en cuyo contexto, los cursos que son impartidos, ponen sobre todo un gran énfasis en la asimilación de los aspectos prácticos relativos al empleo de los *hardware* y *software* más modernos, en el desarrollo de hábitos de trabajo en equipos por sus cursantes y en el vínculo de estos con las tareas de prospección y con la investigación científica. Este último aspecto, es de suma importancia según se deriva de las propias experiencias en el centro, en los cursos de la Maestría de Geofísica Aplicada y atendiendo a lo referido por algunos autores. [8, 9]

Con la introducción de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se están desarrollando diversos cursos presenciales y a distancia [10] con la concepción de que "el estudiante aprenda los fundamentos de la geofísica haciendo geofísica". La introducción de estas tecnologías en el proceso de enseñanza, implica que los profesores abandonen el papel tradicional de "oradores" alzados sobre un púlpito y sean capaces de dotar al alumno de las habilidades necesarias para manejar el nuevo universo de las comunicaciones e innovaciones tecnológicas, lo que requiere una profunda transformación en la mentalidad de los docentes. [11]

Indudablemente el uso de las TIC en la docencia, introduce cambios en las formas en las que el profesor y los alumnos se relacionan, así como en las funciones que deben desempeñar en este nuevo entorno. El papel de los profesores cambia en consonancia con el nuevo modelo de aprendizaje y las posibilidades de comunicación. El profesor pasa a ser la persona que conoce los recursos de los que dispone el entorno en el que se desarrolla la labor docente y debe de ser capaz de mostrar a los alumnos cómo aprovechar la potencialidad de la información. El diseño de los contenidos de las asignaturas, debe procurar satisfacer las necesidades a las que se enfrentarán los estudiantes al finalizar sus estudios, actualizando los conocimientos a medida que surjan nuevas demandas. Esto requiere que el profesor tenga un adecuado dominio sobre la bibliografía disponible y esté familiarizado con técnicas de búsqueda de información en Internet, así como con los últimos y más innovadores avances en el mundo de la tecnología.

Por otra parte, en relación con los métodos de enseñanza-aprendizaje que están siendo empleados a escala internacional en la enseñanza de la geofísica, también se observa que va tomando jerarquía el empleo del llamado *Método de Casos*, el que presupone una mayor autonomía del alumno en el proceso de aprendizaje, así como el análisis y discusión en grupos, de diversos problemas prácticos.

En el trabajo [12] por ejemplo, se presentan interesantes experiencias acerca de los resultados obtenidos al aplicarse

el *Método de Casos* a la enseñanza de la sísmica. En dicho artículo, su autora, profesora de geofísica en el Colegio Universitario Cork *University College Cork* de Inglaterra, expone como ha empleado exitosamente esta estrategia pedagógica; en los últimos cinco años, ella ha logrado transformar el método de formación de hábitos prácticos, pasando de la asignación de tareas y ejercicios inconexos e individuales, al de problemas integrales para ser resueltos en grupos. Según se refiere en el artículo, la estrategia ha posibilitado lograr una mayor motivación de sus alumnos con relación a períodos lectivos anteriores, lo que ha redundado en una superior asimilación de la asignatura y en una mejor preparación del alumnado para el trabajo en equipos.

EXPERIENCIAS NACIONALES

Durante más de 35 años de enseñanza de la sísmica en Cuba, se ha transitado por varias etapas: en la primera de ellas, predominó la clase tradicional con el solo empleo de la pizarra, la tiza, numerosas pancartas ilustrativas, el retroproyector y algunos folletos de apoyo bibliográfico, cuyos recursos junto a las actividades prácticas, permitieron ilustrar las bases y la logística tecnológica entonces existente del método, a muchos de los ingenieros geofísicos que están en ejercicio actualmente en el país. Era este el período donde se enfatizaba en el *Método de Reflexión Simple*, en la generación de la energía elástica mediante explosiones, en el registro oscilográfico y posteriormente magnético, en los procesamientos analógicos y en el análisis de los sismogramas y cortes de tiempo en papel.

Ahora, sin embargo, producto del desarrollo alcanzado por el método sísmico de prospección y por las tecnologías de computación, se ha pasado a priorizar la enseñanza de las técnicas de adquisición de datos mediante recubrimientos múltiples, del registro multicomponente, del procesamiento digital en las estaciones de trabajo de la información procedente de miles de canales tanto en tierra como en el mar, de la sísmica 3D y 4D, de la sismoestratigrafía, del pronóstico de las zonas de altas presiones en los cortes, de las técnicas de búsqueda directa de hidrocarburos, etcétera.

Hoy en día en el proceso de enseñanza de la sísmica, predomina el empleo de información muy actualizada obtenida en Internet y basada en el soporte de las TIC, lo que se expresa en un significativo salto cualitativo, [13] lográndose una mejor comprensión y asimilación por parte del alumnado, sobre algunos aspectos conceptuales claves de esta materia, tales como la dinámica del proceso de propagación y reflexión ondular en distintos modelos sismogeológicos.

Una de las principales acciones emprendidas para elevar la calidad de la impartición de la asignatura *Prospección sísmica* en el programa de la Maestría de Geofísica Aplicada en Cuba, ha consistido en someter la misma a un proceso de rediseño en base a las experiencias internacionales del

Método de Casos y de la aplicación de las TIC, lo que ha implicado su ajuste a un modelo técnico pedagógico coherente con estrategias de formación en nuevos entornos.

En consecuencia, en coordinación con los especialistas del Centro de Referencia para la Educación Avanzada (CREA) del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, fue diseñado el curso *Prospección sísmica* (figura 1), el cual emplea materiales de diverso formato: El vídeo, la fotografía, la animación y el hipertexto. En el marco del proceso de producción de este curso, se estableció de forma complementaria, un Centro Virtual de Recursos (CVR) para la asignatura, donde el profesor y los estudiantes pueden establecer una comunidad de actividades alrededor del tema tratado. [14]

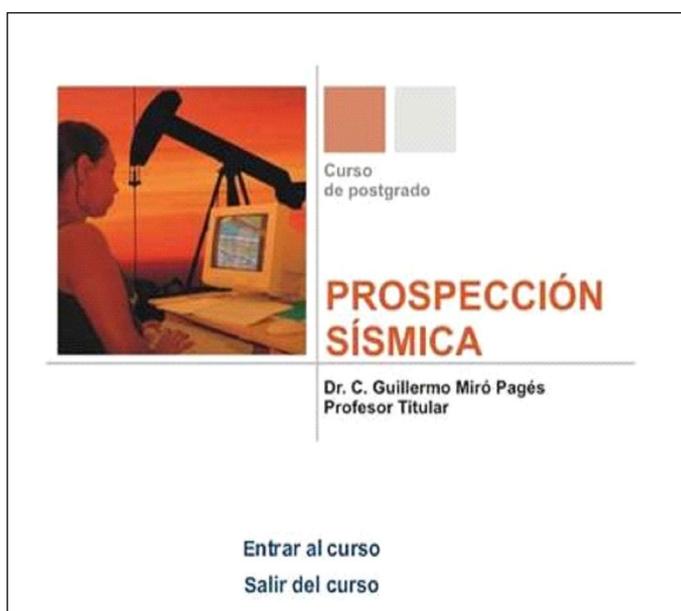


Fig. 1. Portada del curso en formato digital.

Como resultado, hoy se cuenta con la asignatura diseñada íntegramente en formato digital sobre soporte magnético, lo que ha ampliado las potencialidades para lograr una mejor enseñanza de la misma, permitiendo una mayor autonomía de los cursantes en su proceso de aprendizaje.

Adicionalmente a lo anterior, dicho proceso incrementa su calidad al permitir acceder a los alumnos, a entornos cuya visualización es de suma importancia en el proceso formativo, como las campañas de adquisición sísmica tanto en tierra firme como en el mar, las que generalmente resultan de difícil acceso para los estudiantes por diversas razones; es decir, se logra un útil paliativo a las limitaciones que existen para incorporar al alumnado masivamente a estas actividades, lo que no releva de la responsabilidad de tratar de incorporarlos a ellas siempre que sea posible.

Durante el año 2010 fue impartida la asignatura *Prospección sísmica*, luego del proceso de rediseño anteriormente referido, en los estados de Zulia y Táchira de la República Bolivariana de Venezuela, donde el Departamento de

Geociencias de la Cujae está impartiendo la Maestría de Geofísica Aplicada.

Al iniciar la maestría en Venezuela, era conocido que los alumnos procederían principalmente del sector de las geociencias y la docencia, que tenían una alta carga laboral y que debían recibir los cursos durante un breve lapso de tiempo; en consecuencia fue planteado el siguiente problema: ¿Qué metodología emplear para la enseñanza de la sísmica, dadas las heterogéneas características y limitaciones del alumnado, a fin de lograr los mejores resultados posibles en los cursos a impartir?, también fueron concebidos los siguientes objetivos a alcanzar:

- Proveer a los cursantes de los conocimientos básicos requeridos para entender la naturaleza y posibilidades de utilización de la sísmica para solucionar diferentes tareas geológicas.

- Familiarizar a los cursantes con la terminología típica de la exploración sísmica.

- Comenzar a desarrollar en los cursantes habilidades para la aplicación práctica de este método geofísico.

- Desarrollar en el alumnado, hábitos de investigación bibliográfica y de trabajo en equipos.

Como resultado del análisis realizado, se decidió emplear una metodología de enseñanza que implicaba la utilización de los siguientes elementos:

- Conferencias

Las conferencias recogían los elementos teóricos básicos sobre los métodos de exploración sísmica desglosados en los tópicos: introducción, adquisición, procesamiento e interpretación. Se concibió plantear preguntas conceptuales sobre los contenidos de las conferencias al finalizar estas, que los alumnos debían responder en forma individual y entregar por escrito posteriormente al profesor.

- Seminarios

Se planificaron cuatro actividades: en dos de ellas los alumnos distribuidos en subgrupos debían abordar la solución de tareas prácticas que serían debatidas al finalizar estas; los otros dos seminarios estuvieron dedicados al análisis y discusión de dos casos de estudio concebidos a partir de experiencias publicadas sobre la aplicación del método de exploración sísmica, titulados:

Caso 1: ¿Por qué la sísmica 3D no reveló la existencia de un campo petrolero en el este de Venezuela?

Caso 2: ¿Proporciona la sísmica la información requerida para ubicar los sitios donde perforar los pozos petroleros?

- Talleres

Se concibió realizar talleres, donde los alumnos debían aprender a elaborar artículos de revisión bibliográfica en equipos de trabajo sobre los temas del curso, los que serían remitidos finalmente al profesor.

Posteriormente, durante la impartición de la asignatura, desde el primer día de actividades, se le entregó al alumnado la información requerida para su estudio y ejercitación práctica: el curso completo elaborado en un CD, las preguntas individuales, los ejercicios de los seminarios, las

orientaciones para la elaboración de los artículos científicos, así como una colección adicional de publicaciones para el estudio de la asignatura.

Es importante hacer notar, el significativo apoyo que propició el empleo del curso en formato digital, dadas las limitaciones de tiempo disponible para la impartición de la docencia en forma presencial, ya que este además de emplear los recursos anteriormente referidos, permite realizar ciertas formas de autoevaluación a los cursantes; también es importante consignar la motivación que despertaron las actividades prácticas realizadas, tanto los talleres como los seminarios y en estos últimos en particular, el debate de casos de estudio.

La evaluación de ambos cursos se basó principalmente en los siguientes criterios:

- Participación de los cursantes en las conferencias.

- Calidad de las respuestas a las preguntas individuales formuladas al finalizar cada conferencia.

- Participación en los ejercicios de seminarios.

- Participación en la tarea del taller y calidad de los artículos de revisión bibliográfica realizados por los equipos de trabajo.

Por último debe señalarse lo siguiente:

- En ambos estados venezolanos, los alumnos mostraron creciente motivación, tanto por la parte teórica como práctica de los cursos impartidos, lo que propició el alcance de altos indicadores de promoción.

- La mayoría de los alumnos asimilaron los aspectos esenciales de la asignatura, lo que se manifiesta en los resultados y calidad de las tareas individuales, de los debates de ejercicios y casos de estudio en los seminarios y de los artículos de revisión bibliográfica realizados.

- El soporte bibliográfico utilizado, en especial el curso *Prospección sísmica* diseñado con el apoyo del CREA, permitió el grado de autonomía requerido para la apropiación de los conocimientos por los estudiantes y el acceso virtual de estos a las campañas de adquisición de los datos tanto en tierra firme como en el mar, lo que incidió favorablemente en el desarrollo del proceso docente.

- Al finalizar la impartición de los cursos en ambos estados, se solicitó la opinión a los alumnos con carácter anónimo, de acuerdo con las normativas establecidas por el posgrado en Venezuela, otorgándose una excelente valoración por parte de ellos.

CONCLUSIONES

- Fueron analizadas las nuevas tendencias pedagógicas existentes a escala internacional sobre la enseñanza del método sísmico lo cual propició actualizar los contenidos y modernizar el soporte bibliográfico de esta asignatura.

- Las concepciones que predominan sobre la enseñanza de los métodos de la geofísica aplicada en general y de los sísmicos en particular, centran más el aprendizaje en los alumnos, demandando de ellos un mayor protagonismo en el proceso docente.

• La estrategia de enseñanza concebida, para la impartición de la asignatura *Prospección sísmica* en la República Bolivariana de Venezuela, permitió el logro de los objetivos propuestos.

REFERENCIAS

1. **ARELLANO GIL, Javier.** "Usos, desuso y abuso de la computación en la enseñanza de las carreras de ingeniería en Ciencias de la Tierra", *Revista GEOS*, 2004, vol. 24, n°. 2, pp. 266 - 285.
2. **SANDOVAL J.** *Algunas reflexiones sobre la formación del ingeniero geofísico en la enseñanza-aprendizaje de temas en exploración petrolera*, [Consultado el: 6 de noviembre 2010]. Disponible en Web: <http://blog-petrolero.blogspot.com/2010/07/algunas-reflexiones-sobre-la-formacion.html>.
3. **ROCHA DE LA VEGA, Rubén.** "El papel de la geofísica en las instituciones de educación superior", *Revista GEOS*, 2008, vol. 28, n°. 2, pp. 292 - 296.
4. **BRAILE, L.** Field geophysics education at sage - learning geophysics by doing geophysics. [Consultado el: 16 de diciembre 2009]. Disponible en Web: http://gsa.confex.com/gsa/2009AM/finalprogram/abstract_167034.htm.
5. **CALVO, Basilio.** "Situación actual y perspectivas de la enseñanza de la Ingeniería de Minas en España", en Memorias de la I Semana Iberoamericana de la Ingeniería de Minas, Sao Paulo: Editorial de la Escuela Politécnica, 2004, pp. 629-634, ISBN 85-86686-29-8.
6. **RODRÍGUEZ, A.** La docencia de la prospección geofísica en créditos ECTS: una propuesta. [Consultado 20 de noviembre 2005]. Disponible en Web: http://www.eup.ulpgc.es/XIIICUIEET/Ficheros/Ponencias/22_SEP/Sala_1/PON-A-55.pdf.
7. **SHERIFF, Robert E.** "Necesidades futuras de ingenieros e investigadores geofísicos", *Revista The Leading Edge*, 2000, vol. 36, n°. 42, pp. 152-158.
8. **FUENTES FUENTES, María del Carmen.** "Presentación del grupo de investigación Ingeofísica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia", en VIII Congreso de Geología, Sociedad Cubana de Geología, 2009, Memorias en CD-ROM, La Habana, Cuba.
9. **ARELLANO GIL, Javier.** "Titulación de alumnos de Licenciatura en Geociencias a partir de estancias profesionales en la industria petrolera nacional", en VIII Congreso de Geología, Sociedad Cubana de Geología, 2009, Memorias en CD-ROM, La Habana, Cuba.
10. **HERNÁNDEZ AGUILAR, María de Lourdes.** "Nuevos modelos educativos en Ciencias de la Tierra bajo ambientes virtuales de aprendizaje y el uso de las TICs", *Revista GEOS*, 2004, vol. 24, n°. 2, pp. 266 - 285.
11. **SAGRAT, Ángela.** "Un modelo educativo apoyado en TIC para estudios tecnológicos universitarios", en XV Convención de Ingeniería y Arquitectura, 2010, Memorias en CD-ROM, La Habana, Cuba.
12. **Higgs, B.** The evolution from problem solving to problem-based learning (pbl): A case study in earth sciences at University College Cork, [Consultado 12 de octubre 2005]. Disponible en Web: www.aishe.org/readings/2005-2/chapter4.pdf.
13. **MIRÓ PAGÉS, Guillermo, et al.** "Aplicación de las NTIC a la enseñanza de la Geofísica en Cuba", en Segundo Congreso de Ingenieros Geofísicos Cubanos, 2002, Memorias en CD-ROM, La Habana, Cuba.
14. **MIRÓ PAGÉS, Guillermo.** "Adaptación de asignaturas de postgrado a plataformas de teleformación", expuesto en la XV Convención de Ingeniería y Arquitectura, 2010, La Habana, Cuba, (inédito).

AUTOR

Guillermo Miró Pagés

Ingeniero Geofísico, Doctor en Ciencias Geológicas, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba.

Teaching of the Seismic Method of Prospecting: New Pedagogic Conceptions

Abstract

Presently article the main results of the work of bring up to date of the subject "Seismic prospecting" are exposed, that integrates the program of the Master of Applied Geophysics of the Department of Geosciences of the High Polytechnic Institute José Antonio Echeverría, Cujae, carried out as part of the systematic activity dedicated to guarantee the modernity of the program of studies that carries out the Academic Committee. In relation to that exposed, the main objective of the work that sustains this publication, was to revise the current didactic of the teaching of this geophysical method. In the mark of this activity, numerous consultations were carried out on the topic some of which are referred in the article. The result of the made work, helps to modernize the theoretical contents and the bibliographical support for the teaching of this subject that is imparted so much in Cuba as abroad. The conclusion more important that arrives in the work, consists in that the process educational should be directed to try to center more the learning in the students demanding of them a bigger protagonism in the same one.

Key words: teaching, method, seismic, oil .prospecting.