

La enseñanza de conceptos físicos en secundaria: diseño de secuencias didácticas que incorporan diversos tipos de actividades



R. García Salcedo¹ y Daniel Sánchez¹

¹*Departamento de Física Educativa, CICATA-Legaria, IPN, Av. Legaria #694
Col. Irrigación. Del. Miguel Hidalgo, CP 11500, México, D.F.*

E-mail: rigarcias@ipn.mx, dsanchez@ipn.mx

(Recibido el 3 de Noviembre de 2008; aceptado el 30 de Diciembre de 2008)

Resumen

Los tiempos de una enseñanza basada en cátedras dictadas por el profesor están quedando rezagados. Ahora, se tienen que implementar nuevas estrategias en donde el profesor deje de tener una participación principal dentro del proceso de enseñanza aprendizaje y el alumno debe ser quien ahora vaya tomando una mayor participación dentro de este proceso. Este artículo se tiene como finalidad describir el diseño de secuencias didácticas para explicar diferentes conceptos de Física mediante la introducción de diversos tipos de actividades que se llevan a cabo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Con esta introducción de actividades se pretende que el alumno vaya tomando un papel más activo dentro del salón de clases de tal forma que estas secuencias didácticas quedan enmarcadas dentro del llamado aprendizaje activo de la Física. Este diseño está basado en la nueva reforma educativa de la Educación Secundaria en México, aunque puede ser útil para diseñar secuencias en otros niveles educativos.

Palabras clave: Educación, escuela secundaria, diseño de cursos y evaluación, métodos de enseñanza y estrategias.

Abstract

Times where education was based on classes dictated by a teacher are being obsolete. Nowadays, they must implement new strategies where the teacher encourage students to participate in the teaching-learning process, thus student must be who take the primary participation within this process. This article has the objective of describes the design of teaching learning sequences (TLS), to apply in explaining different concepts of Physics by the introduction of a diverse type of activities that are carried out within the teaching-learning process. With the introduction of these activities we pretend that the student will take an active participation inside the classroom, as a result these TLS will be a framework inside the active learning in Physics Education. The design of these sequences is based in the new education reform at secondary level in Mexico, in the same way they could be useful to be applied in other education levels.

Keywords: Education, secondary school, course design and evaluation, teaching methods and strategies.

PACS: 01.40.-d, 01.40.ek, 01.40.Di, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Innovar y mejorar las prácticas educativas en cualquier área requiere de una constante reflexión sobre los elementos involucrados en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los materiales y recursos educativos constituyen uno de tales elementos; sin embargo, su desarrollo y evaluación sistemática aún requiere de una mayor atención en la investigación educativa en nuestro país.

En el contexto de la actual reforma de los planes de estudio de Educación Secundaria en México, los programas oficiales para la Enseñanza de las Ciencias pasan por una fase de renovación que apunta hacia el mejoramiento de las prácticas educativas. En este

contexto, resulta impostergable la necesidad de diversificar los escasos materiales educativos con los que los maestros cuentan para apoyar el desarrollo de conceptos científicos. Las secuencias didácticas que se diseñan pretenden tomar en cuenta las necesidades de los maestros e incorporar prácticas eficaces de enseñanza informadas por el ejercicio docente y las aportaciones de la investigación en Educación en Ciencias.

De acuerdo con los planteamientos de la más reciente reforma educativa en Educación Secundaria en México [1], los nuevos planes de estudio pretenden promover la convivencia y el aprendizaje en ambientes más colaborativos; posibilitar una transformación de la relación entre maestros y alumnos, y facilitar la integración de los conocimientos que los estudiantes adquieren en las

distintas asignaturas, estos aspectos son considerados dentro de los tipos de actividades que se tomen en cuenta dentro del diseño de las secuencias didácticas. Aunque en el discurso de las políticas educativas nacionales, todo esto es loable, aún hacen falta materiales y recursos que apoyen a los docentes a concretar las intenciones educativas que propone la reforma.

Los documentos oficiales señalan que el estudio de las Ciencias en la Educación Secundaria debe estar encaminado a que los estudiantes consoliden una formación científica básica que les permita comprender; reflexionar; tener curiosidad, crítica y escepticismo; investigar; opinar; decidir y actuar. De la misma forma, que reconozcan que el conocimiento científico siempre está en constante cambio, el cual es producto de muchas mujeres y hombres de diferentes culturas [1].

El Plan de Estudios 2006 [1] de la Educación Secundaria, tiene entre sus orientaciones didácticas para el mejor aprovechamiento de los nuevos programas de estudio los siguientes:

1. Incorporar los conocimientos previos de los alumnos.
2. Promover el trabajo grupal y construcción colectiva del conocimiento.
3. Optimizar el uso del tiempo y del espacio.
4. Seleccionar materiales adecuados.
5. Impulsar la autonomía de los estudiantes.
6. Evaluación

Algunos comentarios sobre los nuevos programas de Ciencias en la Reforma de la Educación Secundaria (RES) nos dicen que a pesar de que es muy pertinente dicha Reforma, la manera en la que se está llevando a cabo no es la más adecuada posible [2].

En la literatura de la investigación educativa se encuentran contribuciones respecto de la importancia del proceso de planificación en el ámbito de la enseñanza de las Ciencias [3], así como de trabajos donde se ha analizado como los profesores planean unidades didácticas en Educación Secundaria, por ejemplo, en España [4].

En este trabajo se analizan varios modelos de planificación didáctica con el objetivo de generar secuencias didácticas para temas de Física en Educación Secundaria. Además, se han considerado las orientaciones mencionadas en el Plan de Estudios 2006 para el diseño de dichas secuencias didácticas, que incorporan diferentes tipos de actividades, entre las que se encuentran aquellas conocidas como trabajo práctico.

Millar y colaboradores en 1999, definieron el trabajo práctico como *“todas aquellas clases de actividades de aprendizaje en Ciencias que involucra a los estudiantes en algún momento en el manejo u observación de objetos o materiales (o representaciones directas de estos, en una simulación o videograbación)”* [5]. Dentro de las actividades que se proponen para las secuencias didácticas se encuentran varias correspondientes al trabajo práctico, de acuerdo a la clasificación descrita por Millar y colaboradores.

Generalmente, la enseñanza de la Física se concibe como un conjunto de conocimientos que ya están establecidos, los cuales deben de enseñarse enciclopédicamente y, por tanto, los pocos trabajos prácticos que se suelen implementar toman la forma de demostraciones o de manipulaciones que siguen ciertas “recetas” [6], lo cual es algo que aun se sigue asumiendo dentro de la Educación Secundaria; sin embargo, en estas secuencias didácticas se intenta hacer evidente que la elaboración del conocimiento científico está en continuo cambio, es una actividad dinámica [7].

En este sentido, se ha discutido ampliamente el importante papel que juegan las actividades experimentales en el área de Física (trabajo práctico) [8]-[10] y las analogías [11]-[12] en las clases de Ciencias, para motivar a los estudiantes, interesarlos en el tema, confrontar ideas, etc. Pero las actividades experimentales presentan varios retos para los profesores: requieren de materiales y tiempo considerable, vencer el temor de que el experimento “no salga”, confianza en el conocimiento propio, planeación, etc. Dentro del diseño de estas secuencias didácticas se pretenden proponer varios trabajos prácticos que, según nuestra concepción, no presentan este tipo de problemas para los profesores, lo cual será verificado en una fase posterior de evaluación.

Es importante señalar que ya existen materiales impresos y en Internet (por ejemplo, colecciones de experimentos caseros, proyectos de ciencias, cuadernos de experimentos, manuales de laboratorio, libros de texto, etc.) que proponen una serie o colección de actividades experimentales para diversos temas de Física. Sin embargo, con frecuencia se asume que la realización de la actividad por sí misma promueve el aprendizaje de conceptos, sin hacer explícita la relevancia de las interacciones que promueve la actividad entre el profesor y los alumnos o entre alumnos mismos. Así, las actividades experimentales en la clase de Ciencias, idealmente, requieren de objetivos específicos dentro de una secuencia de actividades, por ejemplo algunos experimentos pueden servir para despertar la curiosidad de los alumnos, como es el caso de los “demostrativos”; otros pueden ayudarnos a reflexionar sobre lo que sucede a nuestro alrededor y otros nos permiten introducir conceptos.

Por otro lado, el diseño de estas secuencias va encaminado más hacia el estudiante, así como a los procesos de adquisición y construcción de sus conocimientos. Existen diferentes formas de aprendizaje, entre otros, el aprendizaje autoregulado [13], aprendizaje independiente [14], que podrían ser utilizados en este diseño; sin embargo, aquí nos basaremos un poco más en el conocido como aprendizaje activo [15].

La premisa más importante del aprendizaje activo es que el estudiante es el responsable de su propia adquisición del conocimiento, por supuesto que no sólo, sino con el respaldo de su profesor. Por lo que incluir diversos tipos de actividades a realizar por parte de los alumnos queda enmarcado dentro de este tipo de aprendizaje.

II. DISEÑO DE LAS SECUENCIAS DIDÁCTICAS

Dentro de los modelos didácticos que se revisaron para el diseño de las secuencias didácticas están, en primer lugar, el reportado por Richard Needham [16], así como el propuesto por Sanmartí [17].



FIGURA 1. Adaptación del esquema del modelo didáctico de Sanmartí (2002).

Needham propone cinco fases para la planificación de secuencias que lleven al aprendizaje de un tema en particular: orientación, dilucidación de ideas, reestructuración de ideas, aplicación de ideas y revisión.

Por su parte Sanmartí, propone estructurar las intervenciones pedagógicas avanzando de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto en cuatro etapas: exploración de las ideas de los alumnos, introducción de nuevos puntos de vista, síntesis y aplicación.

En cada una de las etapas de las secuencias, se llevan a cabo distintos tipos de actividades que favorecen el modelo de trabajo en el aula denominado ciclo reflexivo-cooperativo [18]. Se eligieron 8 distintos tipos de actividades cuya utilización ya ha sido reportada en trabajos anteriores [4]. Su utilización nos parece la adecuada para el tipo de secuencias que estamos diseñando. Estas actividades son las siguientes: Exposición del profesor (EXP); Exposición de cátedra (EXPCAT); Trabajo con el grupo completo (TGC); Exposición del profesor interaccionando con el grupo (TGCEXP); Trabajo en grupo pequeño (TGP); Utilización de laboratorio en grupo pequeño (LABTGP); Trabajo de papel y lápiz (TPyL); y Tarea para casa (TAR).

La exposición del profesor es una actividad donde el profesor generalmente logra la reestructuración del conocimiento previo de los alumnos o introduce conocimiento nuevo. Las estrategias que se pueden para ello pueden ser muy variadas, aunque usualmente se utiliza la confrontación de las diversas ideas que el grupo tiene sobre el concepto tratado. La exposición podrá incluir alguna aplicación del concepto a problemas u observaciones de la vida cotidiana, así algunos pasajes históricos que permitan hacer más clara la evolución de los modelos físicos que se estén tratando en la secuencia.

Cuando el profesor realice una actividad que involucre un trabajo práctico que haga uso de material casero o

algunos instrumentos de laboratorio, lo demuestre y reflexione sobre él ante todo el grupo, se dice que hace una exposición de cátedra. En muchas ocasiones, el material o equipo es de uso peligroso, así como la agilidad con la que debe ser realizado el trabajo práctico, por lo que este tipo de actividad también se incluye en algunas secuencias didácticas.

El trabajo en grupo pequeño es aquella actividad en la que se forman grupos de 3 o 4 alumnos. Se les plantea, ya sea una pregunta, problema o trabajo práctico y debe de haber una discusión entre ellos con el fin de llegar a una respuesta común sobre una pregunta o problema o sobre las observaciones de un trabajo práctico, la cual debe ser anotada en una hoja de trabajo que será recolectada por el profesor para su posterior utilización dentro de la actividad o como instrumento de evaluación.

El trabajo de grupo completo, es cuando el profesor inicie una discusión o reflexión en donde esté involucrado todo el grupo cuyo fin es obtener ideas previas por parte de los alumnos o puesta en común en todo el grupo sobre algún concepto o modelo físico. Esta actividad generalmente esta seguida de la de TGP. Aquí, se puede leer, por parte de un representante de los equipos de TGP, las respuestas u observaciones que hayan discutido previamente y con ello poner una puesta a punto a todo el grupo.

Muchas veces el profesor interacciona con todo el grupo a través organización de lluvias de ideas o simplemente, preguntas directas al grupo. Esta actividad es la que denominamos exposición del profesor con el grupo completo.

Los alumnos pueden participar en grupos de trabajo pequeño en trabajos prácticos, en los que requieran de la manipulación de cierto material casero o equipo básico de laboratorio para hacer evidente algún fenómeno físico y con el objetivo de intentar explicarlo con diferentes finalidades, de acuerdo al lugar que ocupe dentro de la secuencia de actividades. Los trabajos prácticos se encuentran dentro de la clasificación de Millar y colaboradores [5].

El trabajo de papel y lápiz se refiere a aquel trabajo en el que el alumno, de forma individual, resuelva, responda o redacte una observación, un problema o un ejercicio sobre el concepto o modelo en estudio. El alumno deberá escribir la respuesta, solución u observación en una hoja de trabajo que recolectará el profesor con el fin de evaluación del alumno.

Finalmente, las tareas a casa son muy importantes con el objeto de que el alumno reflexiones, posterior a la clase sobre las ideas reestructuradas o nuevas adquiridas a lo largo de la secuencia didáctica.

Las secuencias didácticas pueden llevarse a cabo en una sesión de clase de educación secundaria, la cual va desde los 45 hasta los 50 minutos, aunque dependiendo de los diferentes niveles que pueden presentar los alumnos o de otro tipo de contratiempos que suelen presentarse en el momento de la implementación, quizá se requiera de un par de sesiones.

Estas secuencias contienen, en general, 10 secciones y en cada una de estas secciones puede haber una o más actividades que hemos descrito. Describiremos cada una de estas secciones a continuación:

A. Título

El título es importante debido a que puede motivar tanto a los alumnos como al propio profesor en la implementación de esta planificación didáctica. Por lo que se debe buscar que este sea atractivo, o que plantee una pregunta concreta y simple.

B. Finalidad y estructura

Se muestran, en forma de un diagrama de flujo, las secciones de la secuencia, así como una breve descripción de cada una. Esto sirve de guía para que el profesor vaya tomando las provisiones necesarias tanto de actividades como de tiempos en su implementación.

C. Algunas ideas previas

El conocer las ideas previas que suelen tener los alumnos es importante ya que permiten al profesor anticipar algunos de los argumentos que pueden ser útiles en las secciones de intercambio de ideas con los alumnos. Se retoman de la literatura algunas de estas ideas previas que ya han sido estudiadas [19]. En caso de que no se conozcan, se podrán escribir algunas de las ideas que previamente el profesor haya observado mediante exámenes a grupos anteriores.

D. Para iniciar

En esta sección se pide a los alumnos que respondan algunas preguntas, generalmente relacionada con la del título de la secuencia. El producto de esta actividad es una hoja de trabajo con la respuesta del TGP que se lleva a cabo. Esta hoja servirá al profesor para que, de acuerdo a las respuestas de los alumnos, vaya guiando el resto de la secuencia. Otra actividad, que sigue es la de TGC para llegar a una puesta en común las ideas que aparecieron en la actividad anterior.

E. Para observar y reflexionar

Las observaciones de fenómenos cotidianos o la ejecución de ciertos trabajos prácticos son importantes en esta sección cuyo objetivo es hacer evidente las variables relevantes que permitan la comprensión de un concepto físico. Las actividades principales que se utilizan en esta sección son LABTPG y TGCEXP, aunque también puede haber una exposición de cátedra. El uso de herramientas

como la computadora, video o audio, también pueden ser consideradas dentro de esta sección.

F. Presentando ideas nuevas

En esta sección debe ser guiada por el profesor. Mediante una exposición, reestructurará las ideas previas de los alumnos con ayuda de las observaciones y respuestas que ellos mismos hayan dado en secciones anteriores. Puede presentarse el caso en el que el profesor deba tener la necesidad de introducir ideas nuevas a los alumnos. En algunas ocasiones se pueden presentar expresiones matemáticas o explicaciones históricas para que resulte más claro el modelo o concepto.

G. Aplicando las ideas nuevas

Esta sección nos permite aplicar las concepciones reestructuradas de los alumnos o aquellas ideas nuevas que el profesor ha introducido de la sección anterior. Existen diferentes tipos de actividades a utilizar en esta sección, entre ellas se utiliza TGGEXP, TGP o TAR. Se plantean situaciones de la vida cotidiana concretas y otras con algún grado mayor de abstracción para intentar explicarlas mediante los nuevos conocimientos. De la misma forma, se promueve el trabajo individual de papel y lápiz, así como actividades donde se involucren el uso de nuevas tecnologías como la computadora.

H. Para sintetizar

Dos actividades fundamentales de esta sección son, por un lado una exposición por parte del profesor y por el otro, una reflexión del propio alumno, mediante un trabajo en grupo pequeño con el objetivo de compartir los conocimientos adquiridos en una reflexión grupal. En cada una de ellas, se pretende que el alumno tome conciencia de lo que han aprendido. En ciertas secuencias también se incluyen tareas que pueden realizarse individualmente o en grupo pequeño.

I. Para evaluar

La actividad que se utiliza en esta sección es TGP con el objetivo de explicar un fenómeno cotidiano o resolver algún problema abstracto en base a lo aprendido a lo largo de la secuencia didáctica. El producto de esta actividad es una hoja de trabajo escrita que servirá para que el maestro evalúe la comprensión del modelo o concepto físico.

J. Bibliografía

Aquí se hace la recopilación de material bibliográfico que se consultó para la realización de las secuencias didácticas.

De la misma forma, sirve para tener algún material de apoyo para los maestros que lean las secuencias.

III. EMPLEO DE TIC'S PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS

Como parte de algunas de las actividades descritas anteriormente para el diseño de secuencias didácticas, se tiene el empleo de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC's). La aplicación de éstas nos ofrece la ventaja de poder extender el compromiso y la participación de los estudiantes dentro de cada una de las actividades y requiriendo un mínimo de infraestructura para poder ser llevadas a cabo [20]. El diseño concreto de cada una de las actividades en las que usen las TIC's se reportará posteriormente.

La forma en la que se podrían implementar las secuencias didácticas es a través de un entorno que utilice las TIC's se puede llevar a cabo mediante varias tecnologías disponibles y de fácil acceso, la primera de ellas es mediante la creación de sitios Web, para esto se debe de tener un conocimiento breve de lo que es la tecnología HTML, esto con el fin de crear las páginas Web necesarias para la secuencias a implementar, en la actualidad se tiene software gratuito que permite crear estas páginas como si se estuviera editando un documento en un procesador de texto o en una presentación de diapositivas, evitando al profesor el problema de programar las etiquetas y tener que enfrentar código que es desconocido para él, ofreciéndonos un ambiente amigable y de fácil manipulación. Como ejemplo de este tipo de herramientas se encuentra el editor Web de Open Office® creado por la empresa SUN Microsystems®, Macromedia Dreamweaver MX 2004 o HotDog Page Wiz 2.0, entre otros.

Ya que se tienen creadas las diferentes páginas con la información correspondiente a las secuencias, se procede con el alojamiento de la información en un servidor Web, en esta etapa se tienen diferentes servicios que ofrecen lo que se conoce como almacenamiento o "hosting" de páginas Web de manera gratuita para ser visualizadas a través de cualquier navegador tanto por el profesor como por los alumnos en cualquier computadora que este conectada a Internet. Como ejemplos de este tipo de servicio se tienen: Lycos-Tripod (<http://www.tripod.lycos.es/>) o 260MB Servicios de Hosting (<http://www.260mb.com/>).

La mayoría de los servidores de hospedaje gratuitos ofrecen herramientas adicionales. Éstas permiten a los diferentes usuarios que las visitan poder interactuar entre ellas de una mejor manera y, para las personas que las administran, ofrecen una manera fácil y amigable de activar estas utilidades. Así se tienen servicios de mensajería instantánea, foros de discusión, listas de distribución, entre otros. Aunado a esto se puede aplicar lo que se conoce como redes sociales virtuales, en las cuales los alumnos pueden escribir sus ideas y compartir información con sus compañeros de clase incluyendo

fotos y vídeos, pudiendo así enriquecer las experiencias de un experimento, por ejemplo. El resultado que esto genera es la curiosidad por parte de los estudiantes, así como incrementar la interacción entre los TGP y TGC.

Otra alternativa es el uso de herramientas completas para implementar ambientes virtuales de educación y gestión de curso, entre las más conocidas está Moodle y ATutor, ambas herramientas son de libre distribución y no requieren la contratación de licencias.

Lo que sí es importante tomar en cuenta son los recursos para poder implementar estas soluciones ya que se debe de contar con servidores dedicados en los que se implementarán las actividades de las secuencias y comunicación a internet de manera permanente para que los estudiantes se puedan comunicar en cualquier momento de la mañana o de la tarde. Así como un conocimiento más profundo de la arquitectura de internet para poder realizar toda la interconexión de los programas, siendo el profesor un poco administrador de red y un poco coordinador de las secuencias a implementar, la ventaja de esto es que el profesor incrementa el conocimiento respecto a cómo implementar la tecnología en su institución, dándole una visión más amplia para aplicar las TIC's en ambientes educativos.

IV. CONCLUSIONES

Lo que se ha mostrado a lo largo de este artículo es la forma en la que se pueden diseñar algunas secuencias didácticas para alumnos de secundaria y que pretenden que haya un aprendizaje activo a través de distintos tipos de actividades. En un siguiente trabajo, se reportará la implementación de una de estas secuencias que ya se encuentra en esa etapa. Esta implementación se está realizando con dos finalidades: evaluar a los alumnos sobre su comprensión de los conceptos tratados en las secuencias y, evaluar las secuencias mismas con el fin de que se vayan mejorando constantemente al tiempo que se diseñen más.

Por el momento se está implementando en un ambiente presencial; sin embargo, se pretende que en una segunda etapa de la implementación se lleve a cabo a través de un entorno virtual utilizando las TIC's que nos ayude a alcanzar un grado aceptable de eficiencia en el proceso enseñanza-aprendizaje ya que los alumnos se involucran de una mejor manera tanto en TGP como TGP al utilizar herramientas como mensajería instantánea, páginas Web, foros de discusión, entre otros. También se observa que en la actualidad las herramientas están disponibles a un bajo costo y con facilidad de implementación, esto potencializa la aplicación de las TIC's en países en vías de desarrollo, permitiendo reducir en parte la brecha tecnológica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a SNI-CONACyT por su apoyo. RG-S agradece las becas COFAA y EDI del IPN. Este trabajo

fue parcialmente financiado por el proyecto IPN SIP-20080759.

V. REFERENCIAS

- [1] SEP. *Plan de Estudios 2006. Educación Básica. Secundaria.* (SEP, México, 2006).
- [2] Candela, A. *Comentarios a los programas de ciencias I, II y III en el marco de la RES.* Revista Mexicana de Investigación Educativa **11**, 1451-1462 (2006).
- [3] Duschl, R. y Wright, E. *A case study of High School teacher's decision making models for planning and teaching science.* Journal of Research in Science Teaching **26**, 467-501 (1989).
- [4] De Pro Bueno, A. *Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza.* Enseñanza de las Ciencias **17**, 411-429 (1999).
- [5] Millar, R., LeMarechal, J. F. and Tiberghien, A. "Mapping the domain" – varieties of practical work. in J. Leach and A.C. Paulsen (eds) *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies* (Roskilde University Press/Kluwer Academic, Netherlands, 1999).
- [6] Tamir, P. *How are the laboratories used?* Journal of Research in Science Teaching **14**, 311-316 (1977).
- [7] Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. *Aprender y enseñar ciencia.* (Madrid, Morata, 2004).
- [8] Talisayon, V.M. *Trabajo experimental en física: algunos temas y orientaciones para educación secundaria.* En SEP, *La enseñanza de la Física en la escuela secundaria. Lecturas*, (México, SEP, 1996).
- [9] Lopes, B.J. *Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos.* Enseñanza de las Ciencias **20**, 115 (2002).
- [10] Tenreiro-Vieira, C. y Marques Vieira, R. *Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos.* Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien. **3**, 452-466 (2006).
- [11] Podolefsy, N. and Finkelstein N. *Use of analogy in learning physics: The role of representations,* Physical Review Special Topics –Physics Education Research **2**, 020101 (2006).
- [12] Del Re, G. *Models and analogies in science.* International Journal for Philosophy of Chemistry **6**, 5-15 (2000).
- [13] Cropley, A. J., *Lifelong education: A psychological analysis.* (Pergamon Press, Oxford, 1977).
- Knowles, M. S. *Self-directed learning: A guide for learners and teachers.* (Teachers Association Press, New York, 1975).
- [14] Treffinger, D. J. and Barton, E., *Encouraging self-directed learning.* (Creative Learning Press, Mansfield Center CA, 1981).
- [15] Huber, G.L., *Self-regulated learning by individual students.* En D. Stern and G. L. Huber (comps.), *Active learning for students and teachers* (137-158). (Lang, Frankfurt, 1997).
- [16] Needham, R. *Teaching strategies for developing understanding in science.* Serie Children's learning in Science. (University of Leeds, Inglaterra, 1987).
- [17] Sanmartí, N. *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria.* (Síntesis Educación, Madrid, 2002).
- [18] Gómez, J. A. *Un modelo Didáctico para la Enseñanza de la Física en la E.S.O.* Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid (2003).
- [19] IDEAS (2006). Las cueles pueden consultarse en: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/presentacion.htm>. Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2007.
- [20] Pontes P., A., *Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: Funciones y recursos.* Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **2**, 2-18 (2005).
- Pontes P., A., *Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Segunda parte: Aspectos metodológicos.* Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **2**, 330-343 (2005).