

## **Análisis comparado de las tendencias didácticas basadas en resolución de problemas en ingeniería**

Hernán Paz Penagos

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

hernan.paz@escuelaing.edu.co

**Resumen** Desde hace varios años las facultades de ingeniería en Colombia vienen trabajando en proyectos de intervención curricular con el fin de hacer pertinentes los planes y programas de estudio, sin embargo, esta tarea de vital importancia por sí sola no da solución a cómo enseñar. Diversas alternativas de enseñanza han empezado a hacer camino en educación en ingeniería: metodologías IE: “heads-on” y “hands-on” (Hake, 1998), pedagogías intensivas, aprendizaje activo (Kieren, 1969), resolución de problemas, etc. Este trabajo de investigación surgió como una preocupación por buscar la concreción teórica de recientes propuestas didácticas basadas en resolución de problemas, que se presentan como soluciones alternativas a la problemática de la enseñanza y el aprendizaje en ingeniería; el artículo muestra los resultados de un análisis comparado de dichas tendencias, obtenidos mediante la aplicación de la metodología de investigación por análisis de contenidos propuesto por Berelson (1952).

**Palabras clave:** análisis comparado; tendencias didácticas; resolución de problemas en ingeniería.

### **Comparative Analysis of Problem-solving Didactical Trends in Engineering**

**Abstract** The faculties of engineering in Colombia have been working for several years at projects of curricula intervention with the purpose of update plans and study programs; however, this task by itself doesn't give solution to the problem of how to teach. Diverse teaching alternatives have begun to make road in education in engineering: methodologies IE: “heads-on” and “hands-on” (Hake, 1998), intensive pedagogies, active learning (Kieren, 1969), problem solving, etc. This research work arose as a concern to look for the theoretical concretion of recent didactic proposals based in

problem solving, that are presented as alternative solutions to the problem of teaching and learning in engineering; the article shows the results of a comparative analysis, obtained by means of the application of contents analysis proposed by Berelson (1952).

**Keywords** compared analysis; didactic tendencies; problem-solving in engineering.

### **Analyse comparée de tendances didactiques basées sur la résolution de problèmes dans les formations d'ingénieur**

Depuis quelques années les formations d'ingénieur en Colombie travaillent sur des innovations curriculaires qui, d'elles-mêmes, n'abordent pas les questions d'ordre didactique. Plusieurs alternatives en ce sens ont commencé à être explorées, cependant: méthodologies IE: "heads-on" et "hands-on" (Hake, 1998); pédagogies intensives; apprentissage actif (Kieren, 1969), problem-solving, etc. Cet article offre les résultats d'une analyse comparée des tendances didactiques associées au problem-solving, obtenus au moyen de l'analyse des contenus selon la méthode proposée par Berelson (1952).

**Mots-clé** analyse comparée, tendances didactiques, problem-solving; formations d'ingénieur

## **Introducción**

Hay que distinguir la resolución de problemas (RP), como estrategia de enseñanza, del aprendizaje basado en problemas (PBL); en este artículo se abordará la primera connotación. La RP se diferencia del PBL en relación al grado de orientación hacia la problemática, el nivel de interdisciplinariedad, el grado de ejemplaridad, extensión, duración y ubicación en los estudios; por ejemplo, PBL está particularmente extendido en medicina, ciencias de la salud (Barrows, 1994), ciencias sociales (Colby, 1986), etc; mientras que RP se aplica especialmente en las ciencias naturales y estudios de ingeniería (Graaff & Bouhuijs, 1993; Hommes y cols., 1999). Sin embargo, coinciden en la

convergencia hacia los mismos principios teóricos de aprendizaje, ya que el concepto de enseñanza tiene una dependencia ontológica del concepto de aprendizaje, puesto que el profesor enseña en función de cómo cree que el alumno aprende (Angulo, 2001).

En la primera sección de este artículo se presenta resumidamente el aparato teórico de cada una de las tendencias didácticas basadas en RP en ingeniería; el mismo se configuró a partir de la recolección, clasificación, interpretación, evaluación y síntesis de información producida en los últimos veinte años; sobre esta base se construyeron las categorías de análisis para evitar un tratamiento meramente histórico-descriptivo de dichas tendencias y poder adentrarse en un marco comparativo. En la segunda sección, y tomando como referencia lo tratado en la anterior, se correlacionan las tendencias objeto de estudio y se comparan los principales tópicos, problemas, tratamientos y corrientes que sustentan cada tendencia.

## **Campo problemático**

Dado que las recientes tendencias didácticas basadas en RP en ingeniería provienen de la enseñanza de las ciencias naturales en educación media, básica y superior, fue necesario identificar las líneas de investigación en estas últimas; así mismo, los trabajos de investigación en RP en ingeniería, para comprender sus orígenes, marcos teóricos y modos distintos de definir y estudiar los problemas, con el fin de correlacionar los enfoques y hacer un análisis comparado.

## **Metodología**

*Material de análisis:* En la enseñanza de las ciencias naturales mediante RP se reconocen algunos trabajos de investigación, tesis y estudios en redes de conocimiento y revistas, que fueron material de estudio; por su parte, en la enseñanza de la ingeniería, el marco de referencia en RP de los últimos años estuvo centrado en trabajos de investigación prácticos bajo distintas modalidades y propuestas curriculares de algunas universidades en el mundo; Se seleccionó este material como referente teórico, no solo por su difusión e impacto en el campo de la enseñanza de la ingeniería; sino porque se

comparte con sus autores, una parte de sus principios teóricos y metodológicos.

*Unidades de análisis:* para cada tendencia didáctica se tomaron párrafos, fragmentos y textos completos de artículos, tesis y libros sobre RP; además se amplió la información en redes de conocimiento y programas curriculares en páginas WEB.

*Análisis de contenido:* Este ejercicio implicó pasar desde un primer nivel de superficie en el cual se informaba sobre experiencias pedagógicas en RP, a un segundo nivel en el cual se identificó la tendencia por el enfoque del escrito, se organizó la información para construir el aparato teórico y se extrajeron las categorías de análisis; el análisis de contenido se cerró con el tercer nivel que fue de interpretación, comprensión, construcción de sentido y comparación de las tendencias didácticas objeto de estudio.

*Categorías de análisis:* La construcción de las categorías siguió la taxonomía de Duvenger (1952); ellas fueron: 1) Categorías de contenido: concepción acerca del concepto RP, teoría psicológica y base filosófica que sustenta el marco teórico; con estas categorías se pretendió revelar el foco de atención y énfasis de cada tendencia didáctica, 2) Categorías de forma: condiciones psicopedagógicas en las cuales transcurre el aprendizaje, rol de quien aprende y de quien enseña, y resultados del aprendizaje; a través de estas categorías se buscó identificar características comunes, diferencias, contradicciones e intencionalidades entre tendencias didácticas RP que se pueden extraer de los modos específicos de proceder en el aula, y 3) Categoría de apreciación: peculiaridades que adquiere el proceso de enseñanza y aprendizaje.

## **Marco de análisis**

Las tendencias didácticas basadas en RP en ingeniería surgen como posturas epistemológicas frente a múltiples divergencias en torno a conceptos y procedimientos sobre RP; éstas pretenden ser propuestas alternativas a la enseñanza tradicional y nuevas vías de exploración frente al surgimiento de nuevos problemas y al replanteamiento de problemas antiguos en torno a la enseñanza y el aprendizaje en ingeniería.

*Resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias naturales:* En los últimos años, se reconocen algunas líneas de investigación sobre enseñanza de las ciencias mediante resolución de problemas; ellas son: Enseñanza **para** la resolución de problemas en ciencias naturales, Enseñanza **sobre** la resolución de problemas en ciencias naturales, Enseñanza **por** problemas, Enseñanza de las ciencias naturales **centrada en** la resolución de problemas **como investigación orientada** y Enseñanza de las ciencias naturales **centrada en** la resolución de problemas **en una perspectiva de investigación** (Marín, 1996).

La enseñanza **para** la resolución de problemas, “Problem solving”, orienta la enseñanza-aprendizaje para el planteamiento y la solución de problemas, con el fin de contribuir en la adquisición y desarrollo de habilidades relacionadas con el aprendizaje científico en el estudiante. Las referencias bibliográficas sobre esta línea proceden de los campos de la didáctica de las matemáticas, de las ciencias naturales y sociales (Camps, 1995; Quetel & Souchon, 1994; Coll & Onrubia, 1997; Wertsch & Hickmann, 1987). La enseñanza **sobre** la resolución de problemas o “Enseñanza problémica”, problematiza el contenido de enseñanza según los intereses y referentes del docente; la resolución de este tipo de problemas involucran al estudiante en tareas cognitivas y preguntas que lo orientan en la construcción del conocimiento y lo hace responsable de su propio aprendizaje. La enseñanza **por** problemas presenta a los alumnos problemas complejos y en contexto para su resolución; el objetivo principal es enseñar conceptos y procedimientos. La enseñanza de las ciencias **centrada en** la resolución de problemas **como investigación orientada** es una metodología de trabajo inspirada en el de la investigación; es decir, en un contexto hipotético/deductivo, que pretende favorecer procesos de reconstrucción de conocimientos, aprendizaje profundo, y suministra oportunidades para formar alumnos autónomos y estratégicos. Este enfoque es compartido por un gran número de investigadores en didáctica de las ciencias: Gil & Martínez-Torregrosa, 1983; López-Rupérez, 1991; Martínez & Varela, 1996; Varela & Martínez, 1997; Martínez & Ovejero, 1997; Martínez y cols., 2001 y Martínez y cols., 2005. La enseñanza de las ciencias e ingeniería **centrada en** la resolución de problemas **en una perspectiva de investigación** parte del reconocimiento multidimensional y complejo de los sujetos, centra el proceso educativo en el estudiante, plantea situaciones problemáticas relevantes desde

un punto de vista científico y social como detonantes del aprendizaje, orienta estrategias de trabajo independientes y colaborativas en el aula, que procuran desarrollos metacognitivos y enfatiza en actividades de aprendizaje comprensivas; esta línea de investigación surge en el grupo de probeducencias de la universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

*Resolución de problemas en ingeniería:* El objeto de estudio de la ingeniería ha sido y será la comprensión mediante modelos de los fenómenos naturales en términos de interacciones entre sistemas; en los últimos años se vienen aplicando en el aula nuevas estrategias didácticas que facilitan el aprendizaje significativo; algunos de ellos son **estudios de caso** (Bower y cols., 2004; Fink y cols., 2003; Shepherd & Martz, 2005; Gomes y cols., 2006; Bhattacharya, 2006; Massey y cols., 2006; Linge & Parsons, 2006; Loya y cols., 2007; Secundo y cols., 2007; Koski y cols., 2007; Costa y cols., 2007; Fitzpatrick, 2008. Mantri y cols., 2008), **diseño de guías, aprendizaje colaborativo** (Crook, 1998; Lage & Cataldi., 2001a; Yu, 2005), **aprendizaje cooperativo** (Maskell & Grabau, 1998; Laforcade y cols., 2003; Reisslein y cols., 2007), **enseñanza por proyectos** (Goldberg, 2004; Hilburn y cols., 2006; Motschnig & Figl, 2007; Gonzalez & Loya, 2007), **enseñanza por competencias** (Furmanski y cols., 2006); otros pregonan **aplicación de nuevas herramientas de enseñanza**, tales como tecnologías de la información, técnicas simbólicas (Thomassian, 2007), modelos de simulación (Trumbower & Enderle, 2003; Juing-Huei y cols., 2007; Ramos y cols., 2005) y juegos (Ryoo y cols., 2008).

### ***1. Estudios de caso basados en resolución de problemas en ingeniería:***

Originalmente este enfoque fue creado por la escuela rusa; el resurgimiento de la técnica de estudios de casos aplicado a las ciencias naturales e ingeniería se debe, entre otras causas, al impulso dado por Piaget, D. Ausubel y las contribuciones de otras disciplinas como la psicología social, la antropología, etc. Esta metodología ha probado ser eficiente para comprobar hipótesis, replicar experiencias y hacer predicciones.

*Concepción acerca del concepto RP:* Es un facilitador del aprendizaje significativo en ingeniería a través del cual, una situación o caso es propuesto como problema a los estudiantes en su contexto real de existencia, para explorar, describir, explicar y predecir un tema de estudio (Yin, 1994).

*Base filosófica:* Esta estrategia de enseñanza opera dentro del paradigma del realismo porque busca investigar el fenómeno real desde múltiples perspectivas y no desde la influencia de una sola variable.

*Condiciones psicopedagógicas en que transcurre el aprendizaje:* El estudio de caso es tanto un proceso de aprendizaje sobre un caso, como un producto de nuestro entendimiento; es decir, parte de la experiencia y las posteriores posturas y perspectivas.

*Rol de quien aprende y de quien enseña:* El estudiante participa activamente en su propio aprendizaje, interaccionando con sus compañeros, con la guía y respaldo de su profesor, quien diseña estudios de caso en contextos reales –innovadores y enriquecedores– permeados por el espíritu del aprendizaje colaborativo y dirigidas a la adquisición de conocimientos contextualizados y al desarrollo de actitudes, habilidades y valores.

*Resultados del aprendizaje:* desde esta propuesta metodológica se pretende movilizar al estudiante a la construcción de conocimientos contextualizados, cubrir posibles lagunas de contenido y lograr una comprensión compleja-analítica que no se pueden obtener mediante la participación de una clase de enseñanza ordinaria.

*Peculiaridades que adquiere el proceso de aprendizaje:* El material que constituye el caso puede ser deliberadamente alterado, no presentando incluso una relación completa y exacta de los acontecimientos reales, para ilustrar algún aspecto concreto y fomentar la discusión y el debate.

Sobre esta alternativa didáctica algunos autores han estudiado la relación entre los procesos de resolución de problemas como estudio de casos, la formación de conceptos científicos, y el desarrollo de la capacidad de autorregulación de los propios procesos de aprendizaje (Rogoff, 1993; Newman y cols., 1991).

## ***2. Aprendizajes basados en la formulación de una problemática y organizados a partir de un proyecto PBL***

Se distinguen dos modelos didácticos, según el aborde: el modelo de Maastricht (proyecto por problemáticas) y el de Aalborg (proyecto por disciplinas y proyecto por problemáticas); en cada modelo los elementos didácticos han sido organizados de maneras diferentes (Kolmos, 1996); cualquiera sea la modalidad de trabajo del proyecto escogida por el estudiante, facilita las competencias de dirección de proyectos y de colaboración.

*Concepción acerca del concepto RP:* Es una experiencia pedagógica que parte de la formulación de una problemática cerrada o abierta en la cual se integra la teoría con la práctica y que para su resolución demanda tratamientos interdisciplinarios y enfoques innovadores.

*Teoría psicológica:* enfatiza en el papel del razonamiento en la resolución del problema que permite al estudiante comprender el problema, diseñar un plan, llevarlo a cabo y supervisarlo (Mayer, 1986).

*Base filosófica:* en Dinamarca y los países escandinavos, se basan en la pedagogía experiencial formulada por Dewey, junto con las teorías de Nert/Kluge sobre el desarrollo de la educación a través del trabajo y el desarrollo de la conciencia política formulada a principios de los setenta (Illeris, 1974).

*Condiciones psicopedagógicas en que transcurre el aprendizaje:* Esta forma de enseñanza crea condiciones para el aprendizaje a partir de procesos de discusión y de redacción; la posibilidad que tiene el estudiante para escoger el proyecto le permiten experimentar su autoría y apropiarse de él; este grado de influencia es un factor de motivación esencial para llevar a feliz término el trabajo.

*Rol de quien aprende y de quien enseña:* Para el modelo de Maastricht, el proceso es dirigido por los participantes: El rol del profesor es facilitar el trabajo y la comunicación interna del grupo, el estudiante trabaja tanto individual como grupalmente; mientras que para el modelo de Aalborg, los grupos tienen la posibilidad de formular la problemática dentro de los marcos de las disciplinas, y el profesor es un tutor que tiene ingerencia en el proyecto.



*Resultados del aprendizaje:* los estudiantes adquieren las competencias que corresponden a las necesidades de la sociedad del conocimiento y que son para toda la vida; así mismo se motivan en el trabajo porque tienen un efecto real sobre su proyección laboral en la industria; además, reducen el tiempo de estudio y la tasa de deserción.

*Peculiaridades que adquiere el proceso de aprendizaje:* El aprendizaje se basa en la formulación de una problemática cercana a la realidad, esta centrado en el estudiante y es dirigido por los participantes; tiene en cuenta las experiencias y los intereses de los estudiantes, y se desarrolla en grupo; favorece la transferencia de conocimientos, teorías y métodos desde el campo aprendido a nuevos campos o campos afines a la materia; involucra la interdisciplinariedad en el proceso de resolución de la problemática y es un aprendizaje activo mediante procesos de búsqueda, tomas de decisión y escritura.

La práctica PBL se refleja en trabajos de investigación realizados por Kolb, Schön, Lave y Wegner (Gijsselaers, 1996; Cowan, 1998); así mismo, Caillot & Dumas (1987) y Selveratnam (1990) reportan resultados de evaluaciones sobre el nivel de eficacia de esta metodología en el aula de clase.

### **3. Aprendizajes colaborativo y cooperativo**

La base del trabajo colaborativo es la cooperación y es por ello que frecuentemente se solapan los términos de aprendizaje colaborativo y aprendizaje cooperativo; este modelo entiende la resolución de problemas como una actividad de colaboración, cooperación, construcción y transferencia de conocimiento, y no como una mera aplicación de algoritmos y ecuaciones.

*Concepción acerca del concepto RP:* Es un metodología de aprendizaje activo, de colaboración y cooperación, autodirigido y en grupo, que valora la diversidad e integración, y en la cual participan los estudiantes, para construir conocimientos, y desarrollar habilidades interpersonales y de comunicación.

*Teoría psicológica:* se fundamenta en las ideas de Piaget y Vigotsky; así mismo, considera los aprendizajes como un proceso personal de construcción de nuevos conocimientos e inseparable de la situación

en la que se produce; por lo tanto, conecta con el conocimiento base del estudiante y su experiencia personal.

*Base filosófica:* Este enfoque educativo se inspira en la filosofía pragmática y está fundamentada en la teoría constructivista según la cual el conocimiento es descubierto por los alumnos, reconstruido mediante los conceptos que puedan relacionarse y expandido a través de nuevas experiencias de aprendizaje; como pionera del modelo se señala la aparición de la Escuela Común en 1800.

*Condiciones psicopedagógicas en que transcurre el aprendizaje:* para Piaget (1973), el desarrollo cognitivo se logra cuando se crea el desequilibrio pertinente, y éste a su vez surge del conflicto cognitivo que aparece cuando las personas cooperan; la cooperación en Piaget es el esfuerzo por alcanzar los objetivos comunes mientras se coordinan los puntos de vista de los demás con los propios sentimientos. Por su parte Vigotsky basa el aprendizaje en las relaciones sociales: “el conocimiento es social y se construye en la zona de desarrollo próxima a partir de esfuerzos cooperativos por aprender, entender y resolver problemas” (1981).

*Rol de quien aprende y de quien enseña:* El aprendizaje colaborativo surge de transacciones entre los alumnos, y entre el profesor y los estudiantes; se basa en la responsabilidad individual, participación equitativa e interacción simultánea de los estudiantes (Johnson y cols., 1991) para aportar información, orientar su propio aprendizaje y construir conocimiento compartido en un proceso organizado y supervisado por el profesor, quien guía y plantea cuestiones motivantes, invita a los estudiantes a reflexionar, los ayuda a identificar necesidades de información y los encamina hacia el logro de las metas.

*Resultados del aprendizaje:* Los estudiantes después del trabajo en grupos colaborativos y cooperativos tienden a mostrar mejor rendimiento académico, mejor nivel de razonamiento, mayor desarrollo de habilidades de pensamiento, mayor capacidad para ver soluciones desde otras perspectivas, entendimiento más profundo del material de aprendizaje, más tiempo dedicado a las tareas, menos interrupción en clase, mayor motivación intrínseca hacia el aprendizaje, actitud positiva de interdependencia y respeto a las contribuciones (Felder & Brent, 2002).

*Peculiaridades que adquiere el proceso de aprendizaje:* La colaboración incluye el compromiso mutuo de los participantes en un esfuerzo coordinado para resolver los problemas juntos; no es el tratamiento de las tareas el que causa efectos positivos en los participantes, sino que es una estructura social en la cual dos o más personas interactúan entre sí, bajo determinadas circunstancias, las que tienen y producen un efecto positivo (Johnson y cols., 1991). Algunos trabajos de investigación, en educación universitaria, sobre aprendizajes colaborativo y cooperativo basados en resolución de problemas, resumen diseños de cursos (Felder & Brent, 2002), contextos de aprendizaje (Johnson y cols., 1991), evaluaciones, etc.

#### **4. Enfoque basado en competencias (EBC):**

Esta estrategia implica formar y evaluar para la transferencia de conocimientos a situaciones prácticas. Las competencias en ingeniería se definen como procesos complejos que las personas ponen en acción-actuación-creación, para resolver problemas y realizar actividades (de la vida cotidiana y del contexto laboral-profesional), aportando a la construcción y transformación de la realidad.

*Concepción acerca del concepto RP:* Parte de una situación problemática estructurada que contiene en si misma la semilla del interés y es una oportunidad potencial de aprendizaje. Los estudiantes buscan aprender aquello que consideran necesario (contenidos, habilidades y destrezas) para resolver los problemas que se le plantean en el ámbito profesional, los cuales sobrepasan las disciplinas porque pertenecen a diferentes áreas del conocimiento.

*Teoría psicológica:* Según Barnett (2001) en la actualidad existen tres teorías de la psicología cognitiva que constituyen la nueva forma de comprender las competencias en relación con su significado de "saber hacer en contexto": La teoría de la mente (Rivière & Núñez, 1996), la enseñanza para la comprensión (Gardner, 1993; Perkins, 1998; y el proyecto cero de Harvard) y la competencia como acción mediada (Vigotsky, 1981). Las tres teorías sugieren la necesidad de establecer coherencia entre los fundamentos del proceso formativo y las características de la evaluación; mirando en cada una de ellas el papel del afecto y las sensaciones.

*Base filosófica:* El operacionalismo y el academicismo son dos concepciones filosóficas sobre competencia, que se encuentran arraigadas en el lenguaje y en las prácticas sociales de la educación universitaria en ingeniería; estas contienen puntos de vista muy diferentes acerca del ser humano y sus valores. Barnett (2001) sintetiza las dos concepciones señalando que el operacionalismo busca desarrollar seres humanos que tengan una aparente facilidad para desempeñarse eficazmente en el mundo y valora a esos individuos; mientras que, el academicismo busca desarrollar seres humanos que se sientan cómodos con el marco teórico de una disciplina, que se preocupen por los límites de ésta tiene, y que comprendan sus demandas.

Condiciones psicopedagógicas en que transcurre el aprendizaje: Las tres orientaciones de la psicología cognitiva, mencionadas arriba revelan que cualquier “saber hacer en contexto” implica el reconocimiento de una multicausalidad e interdependencia de factores sociales, institucionales, biológicos y cognitivos irreductibles entre sí, en permanente tensión, susceptibles de entenderse sólo mediante una metodología que involucre perspectivas múltiples, opuestas a cualquier determinismo y capaces de coordinarse entre sí.

*Rol de quien aprende y de quien enseña:* Siguiendo a Bernstein (1998), la competencia presupone un modelo implícito de lo social, un modelo de comunicación, transacción e interacción. La función de quien enseña es la de un facilitador de procesos que presenta la situación problemática, se retira, participa como coinvestigador y evalúa, ayudando a los estudiantes a llegar a ser ellos mismos plenamente y a desarrollarse dentro de marcos de comprensión que están disponibles pero que no los restringen. Los estudiantes por su parte se esfuerzan por dilucidar la complejidad de la situación, investigan y resuelven el problema desde dentro.

*Resultados del aprendizaje:* ECB es un enfoque de enseñanza y evaluación que pretende el desarrollo de habilidades, actitudes y valores en los estudiantes, como también de formar en conocimientos científicos y técnicos que puedan ser transferibles a las diversas situaciones laborales, profesionales y sociales en las que puede verse inmerso el estudiante (Poblete & Villa, 2007).

*Peculiaridades que adquiere el proceso de aprendizaje:* EBC implica articular actividades docentes de tipo cognitivo, meta cogniti-

vo, actitudinal, comportamental y del entorno; y tiene impacto en la gestión del currículo, en la política de calidad de la educación, en la docencia y en los diferentes procesos de evaluación.

Existe un amplio grupo de programas que apunta a educar para el desarrollo de las competencias en resolución de problemas, tanto específicos (disciplinares) (Pozo y cols., 1994) como generales; también hay estudios teóricos sobre evaluación de competencias (Poblete & Villa, 2007), incidencia de las competencias en el acceso a estudios universitarios (Sarramona y cols. 2005), el papel de la interacción social en los procesos de resolución de problemas para el desarrollo de competencias y habilidades metacognitivas (Resnick, 1999), etc.

### **5. Aplicación de nuevas herramientas de enseñanza:**

Es un enfoque educativo en el cual, con un problema poco estructurado se inicia el aprendizaje; justifica la necesidad de crear ambientes de enseñanza desde enfoques conductista, cognoscitivista y constructivista soportada por las nuevas tecnologías de la información (B-Learning, WEB 2.0, plataformas Moodle, herramientas de simulación, de comunicación y compartidas); estas herramientas tecnológicas y del ciberespacio educativo no son el centro del aprendizaje sino mediaciones de operaciones cognitivas aplicadas a la educación por medios virtuales y multimediales para formar con eficiencia y competencia a los futuros ciudadanos de la sociedad de la información (Montufar, 2007; Hernández, 2006).

*Concepción acerca del concepto RP:* Es una situación problemática poco estructurada que plantea dificultades cognitivas al estudiante, y que para salvar los obstáculos de manera rápida y efectiva se aprovecha la mediación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

*Teoría psicológica:* la psicología cognitiva constituye el marco teórico que permite analizar cómo aprende un estudiante con la aplicación de nuevas herramientas; considera que el aprendizaje será más eficaz si el maestro gradúa o distribuye mejor la nueva información, favoreciendo la construcción de estrategias que apunten a un aprendizaje comprensivo y profundo; también se puede tomar las teorías de la formación de Bernard Honoré (1980), de Vigotsky (1981) y Leontiev (1993), como referencias que refuerzan la postura teórica de esta tendencia didáctica.

*Base filosófica:* Su fundamento ontológico, epistemológico, y sobre todo metodológico, para la resolución de problemas concretos, es la corriente de investigación “alfabetización multimodal”, y el pragmatismo clásico (Charles S. Peirce, William James o John Dewey) y reciente (aspectos de la filosofía de Hilary Putnam o del neopragmatismo francés de Bruno Latour).

*Condiciones psicopedagógicas en que transcurre el aprendizaje:* Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de la ingeniería, para la resolución de problemas reales de aplicación, se ven involucradas preferentemente en el modelado, análisis de los resultados y búsqueda de otras opciones de solución, así como en la selección de la solución más idónea.

*Rol de quien aprende y de quien enseña:* Esta modalidad de enseñanza/aprendizaje incluye tanto a los profesores, cumpliendo los roles de contendista y de telfacilitador o tutor, como a los estudiantes involucrados de diferentes maneras. El profesor utiliza y/o crea métodos y materiales didácticos de modo que facilita el proceso y el alumno hace uso de sus experiencias y las relaciona con los nuevos conocimientos. Los estudiantes algunas veces necesitan de la interacción en grupos colaborativos que los motive y les facilite el desarrollo cognitivo y social.

*Resultados del aprendizaje:* el uso de herramientas de Software, no sólo en la resolución de los problemas, sino en el desarrollo de habilidades de interpretación de resultados y de diseño agiliza la cobertura de los contenidos, facilita la relación con otras asignaturas y diversifica las actividades de aprendizaje, promoviendo el interés y la motivación de los alumnos.

*Peculiaridades que adquiere el proceso de aprendizaje:* Es deseable que los problemas que se aborden en las clases, laboratorios, tareas y exámenes, utilizando herramientas, plataformas y redes informáticas, tengan un enfoque de aplicación a situaciones reales, preferentemente físicas, que impliquen la necesidad de razonamiento por parte de los estudiantes, y que promuevan la interpretación de resultados así como su incursión en el diseño.

## Resultados

*Correlación de las perspectivas didácticas:* En las propuestas didácticas examinadas el concepto resolución de problemas se define muy ampliamente y a niveles muy distintos; entre otras razones, la diversidad de las definiciones se debe al hecho de que resolución de problemas jamás ha sido desarrollado sobre la base de una teoría o de unas teorías particulares, sino que se han desarrollado desde un nivel pragmático, donde el ensayo y el error durante un período de tiempo ha sido predominante.

Los ideales pedagógicos sobre la resolución de problemas como punto de partida del proceso de aprendizaje, la interdisciplinariedad, la dirección por parte del participante y el trabajo en grupo son los mismos en los enfoques estudiados; sin embargo se diferencian en los procesos colaborativos de grupo tanto oral como escrita (peculiaridades que adquiere el proceso de aprendizaje) y en las condiciones psicopedagógicas en que transcurre el aprendizaje. La elección de uno u otro modelo esta en gran medida en función del tipo de desarrollos que se quiera que obtengan los estudiantes.

Los marcos teóricos de todas las alternativas didácticas descritas, independientemente de la teoría psicológica y de la base filosófica que las sustentan, tienen un aspecto en común: conciben el aprendizaje como cambio y transformación que ocurre en quien aprende; sin embargo, sus diferencias se enmarcan en las vías metodológicas y mecanismos mediante los cuales se produce este cambio.

Las revisiones de los modos distintos de abordar y de llevar al aula la resolución de problemas como estrategia de enseñanza en las tendencias estudiadas, ponen de manifiesto que la implicación activa del sujeto en el proceso de aprendizaje aumenta cuando se siente autocompetente, es decir, cuando confía en sus propias capacidades y tiene altas expectativas de autoeficacia, valora las tareas y se siente responsable de los objetivos de aprendizaje (Miller y cols., 1993; Zimmerman y cols., 1992). Esta implicación motivacional influye tanto en las estrategias cognitivas y metacognitivas que se ponen en marcha a la hora de abordar las tareas.

*Riesgos de la resolución de problemas:* 1) Durante los primeros años de la enseñanza centrada en resolución de problemas resultan

más importantes las ideas pragmáticas de la estrategia que el sustento teórico subyacente de dicho modelo; sin embargo, en el transcurso del tiempo el motivo teórico en el cual residen los objetivos y principios orientadores del modelo se vuelven cada vez más importantes y es preciso definirlos. 2) El carácter dinámico y polifacético de la enseñanza basada en resolución de problemas que motiva al aprendizaje y al trabajo independiente, se puede convertir después de algunos años en una práctica tradicional al desaparecer el entusiasmo de los actores del proceso; por lo tanto, para establecer procesos de cambios, es importante evaluar y retroalimentar dichos procesos, y trabajar a un nivel de sistema donde los cambios tengan un carácter permanente. 3) Si la percepción de aprendizaje de los profesores no se apoya en una filosofía RP, difícilmente los profesores podrán ejercer en la práctica una estrategia RP dirigida por ellos mismos, por ejemplo mediante la tutoría.

*Aportes de la resolución de problemas:* Estos enfoques están contribuyendo a transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje por cuanto articulan la teoría con la práctica; contextualizan la formación, dando énfasis al desempeño real ante situaciones y problemas de la vida cotidiana, la investigación y el entorno profesional; orientan la organización de los contenidos; promueven la formación integral (articulan el saber ser con el saber conocer, el saber hacer y el saber convivir); establecen otros modos de evaluación basados en el desempeño ante situaciones problemáticas del contexto (disciplinar, social, científico, etc.) y proponen procesos de gestión de calidad para asegurar el logro de los aprendizajes esperados en los estudiantes a partir de la autoformación y la capacitación de los docentes y de los administradores en el ámbito de la educación.

## **Conclusiones**

En la práctica las estrategias de enseñanza basada en resolución de problemas siempre permanecerán distintas, aún dentro del mismo modelo, porque tienen que adaptarse a la política de estudios y a la cultura de los distintos países; por este motivo sus fundamentos teóricos, muy delimitados por cierto, son vulnerables porque no dan un margen de posibilidades de variación en relación con una práctica definida concretamente.



La resolución de problemas constituye la principal metodología no sólo para la valoración de procesos cognitivos, sino también, y quizás más importante, para la activación y promoción de dichos procesos; sobre todo cuando las tareas y los problemas se diseñan inteligente y creativamente.

## Referencias

- Angulo, F. (2001). *Metacognición*. Tesis de grado, Universidad Politécnica de Barcelona.
- Barnett, R. (2001). *Los límites de la competencia. El conocimiento, la educación superior y la sociedad*. Barcelona: Gedisa.
- Barrows, H. (1994). *Practice-Based Learning: Problem-Based Learning Applied to Medical Education*. Springfield: SIU School of Medicine.
- Berelson, B. (1952). *Content Analysis in Communication Research*. New York: Free Press.
- Bernstein, B. (1998). *Pedagogía, control simbólico e identidad*. Madrid: Morata.
- Bhanderi, D.D.V., Bisgaard, M., Alminde, L. y Nielsen J.D. (2006). A Danish Perspective on Problem-based Learning in Space Education. *Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 21 (7), 19-22.
- Bhattacharya, M. (2006). Technologically Enhanced PBL Environment for Preparing Lifelong Learners. *Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies*, 1125-1126.
- Bonilla, E. (1997). *Más allá del dilema de los métodos: la investigación en Ciencias Sociales*. Norma. Bogotá.
- Bouhuijs, P.A.J., Schmidt, H.G. y van Berkel, H.J.M. (1993). *Problem-based Learning as an Educational Strategy*. Maastricht: Network Publications.
- Bower, K.C., Ways, T.W. y Miller, C.M. (2004). Small Group, Self-directed Problem-based Learning Development in a Traditional Engineering Program. *34<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, 3, S1B/16-S1B/21.
- Burbules, N. y Linn, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*. 13 (3), 227-241.
- Caillot, M. y Dumas-Carré, A. (1987). PROPHY: Un enseignement d'une méthodologie de résolution de problèmes de Physique. *Résolution de problèmes en mathématiques et en physique, Rapports de Recherches*, 12, 199-244.

- Cline, M. y Powers, G.J. (1997). Problem-based Learning via Open-ended Projects in Carnegie Mellon University's Chemical Engineering Undergraduate Laboratory. *27th Annual Frontiers in Education Conference*, 350-354.
- Colby, K. (1986). Problem-based Learning of Social Sciences and Humanities. *Journal of Medical Education*, 61 (5), 413-415.
- Costa, L. R. J., Honkala, M. y Lehtovuori, A. (2007). Applying the Problem-Based Learning Approach to Teach Elementary Circuit Analysis. *IEEE Transactions on Education* 50 (1), 41-48.
- Cowan, J. (1998). *On Becoming an Innovative University Teacher: Reflection in Action*. Philadelphia: The Society for Research into Higher Education and Open University Press.
- Crook, C. (1998). *Computers and the Collaborative Experience of Learning*. London: Routledge.
- Curry, L. y Wergin, J.F. (1993). *Educating Professionals: responding to New Expectations for Competence and Accountability*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Da Rocha Brito, C. y Ciampi, M.M. (2007). Engineering Formation for 21st century: A Challenge for Brazil. *37th Annual Frontiers in Education Conference*, A1-A4.
- De Graaff, E., Bouhuijs, P.A.J., DeVolder, M.L., Schmidt, H., GeFrave, W.S., Moust J.H.C. (1984). Motivation and Achievement in Cooperative Learning: the Role of prior knowledge. En H. Heckhausen (ed.). *Task Motivation and Achievement* 335-347. Lisse: Swets and Zeitlinger.
- Dewey, J. (1975). *Experiences in Education*. New York: Collier Books.
- Driver, R. y Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Duschl, R. (1994). Research on the History and Philosophy of Science. En D. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan, 443-465.
- Felder, R. y Brent, R. (2002). *Designing and Teaching Courses to Satisfy Engineering Criteria 2000*. Southeastern University and College Coalition for Engineering Education.
- Fink, F.K. (1999). Integration of Engineering Practice into Curriculum. 25 years of Experience with Problem Based Learning. *29th Annual Frontiers in Education Conference*, 1, 11A2/7-11A2/12.
- Fink, F.K., Enemark, S. Moesby, E. y Kolmos, A. (2003). Global Network and Global Centre for Problem Based Learning. *33rd Annual Frontiers in Education Conference*, 2, F3B-15-20.

- Fitzpatrick, C. (2008). A Problem Based Learning (PBL) Module on Electronics & the Environment. *Electronics and the Environment, IEEE International Symposium*, 1-6.
- Furmanski, J., Kane, S.R. Gupta, S. y Pruitt, L.A. (2006). Problem-based Learning and Assessment of Competence in an Engineering Biomaterials Course. *36<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, 21-22.
- Gardner, H. (1993). *La mente no escolarizada*. Barcelona: Paidós.
- Garrett, M. R. (1988). Resolución de Problemas y Creatividad: Implicaciones para el Currículo de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 224-230.
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1983). A Model for Problem-solving in accordance with Scientific Methodology. *European Journal of Science Education*, 5 (4), 447-455.
- (1987). *La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa*. M.E.C. Madrid: Vicens Vives.
- Gil, D., Martínez-Torregrosa, J. y Senent Pérez, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 131-146.
- Gijselaers, W. (1996). Connecting Problem-based Practices with Educational Theory. LuAnn Wilkerson y Win H. Grijelaers (ed). *Bringing Problem-based Learning to Higher Education: Theory and Practice*. San Francisco: Jossey-bass Publisher.
- Gomes, Vincent G., Papworth, P. y Barton, G.W. (2006). Facilitating Problem-Based Learning using Information and Communications Technology. *7<sup>th</sup> International Conference on Information Technology-based in Higher Education and Training* 756-760.
- González-V, J.L. y Loya-Hernández, J.E. (2007). Project-based Learning of Reconfigurable High-density Digital Systems Design: An interdisciplinary Context-based Approach. *37<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, SIC-1-SIC-6.
- Goldberg, J. (2004). Service Learning Opportunities in Biomedical Engineering Senior Design Projects. *Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 23 (4), 14-15.
- Graaff, E.de y Bouhuijs, P. (eds.). (1993). *Implementation of Problem-based Learning in Higher Education*. Amsterdam: Thesis Publishers.
- Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus Traditional Methods: A six-thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64-74.

- Hernández, F.H. (2006). El informe PISA: una oportunidad para replantear el sentido del aprender en la escuela secundaria. *Revista de Educación*, 357-379.
- Hilburn, T.B., Towhidnejad, M., Nangia, S., y Li, S. (2006). A Case Study Project for Software Engineering Education. *36<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, 1-5.
- Hodson, D. (1992). In Search of a Meaningful Relationship: An Exploration of some Issues Relating to Integration in Science and Science Education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566.
- Hommes, J. y otros (eds.).(1999). *Educational Innovation in Economics*. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Honoré, B. (1980). *Para una teoría de la formación*. Madrid: Narcea, S. A. de Ediciones.
- Johnson, D.W., Johnson R.T., y Smith, K.A. (1991). *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*. Edina: Interaction Book Company
- Juing-Huei Su; W. Shun-Chung, Chyi-Shyong Lee, Jiann-Jong Chen. (2007). Enhanced Problem-based Learning of Power Converter Theories and Implementations with Behavior Model Simulations. *37<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, T2C-13-T2C-18.
- Kellar, J.J. y otros. (2000). A Problem-based Learning Approach for Freshman Engineering. *30<sup>th</sup> Frontiers in Education Conference*, 2, F2G/7-F2G10.
- Kieren, T. (1969). Active Learning. *Review of Educational Research*, 39 (4), 509-522.
- Kolmos, A. (1996). Reflection of Project-work and Problem-based Learning. *European Journal of Engineering Education*, 21(2), 141-148.
- Koski, M, Kuisma, M. y Silventoinen, P. (2007). Teaching Analog Electronics. *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*, 270-273.
- Laforcade, P., Barbier, F., Sallaberry, C., Nodenot, T. (2003). Profiling Cooperative Problem-based Learning Situations. *The Second IEEE International Conference on Cognitive Informatics*, 32-38.
- Lage F. J. y Cataldi, Z. (2001). Una experiencia de resolución de problemas a través de modelos cooperativos-colaborativos aplicada a algoritmia usando nuevas tecnologías de comunicación. *I Congreso internacional de matemática aplicada a la ingeniería y enseñanza de la matemática en ingeniería*. Facultad de ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
- Leontiev, A.N. (1993). *Actividad, conciencia y personalidad*. México: ASBE Editorial.

- Linge, N. y Parsons, D. (2006). Problem-based Learning as an Effective Tool for Teaching Computer Network Design. *IEEE Transactions on Education*, 49 (1), 5-10.
- López-Rupérez, F. (1991). *Organización del conocimiento y resolución de problemas de física*. Madrid: Centro de investigación y documentación educativa, Ministerio de Educación y Ciencia.
- Loya-Hernández, J.E., González-Vázquez, J.L., Garduño-Mota M. (2007). Teaching Reconfigurable Hardware Using an Interdisciplinary Problem Based Model to Strengthen Digital Systems Design Skills in Electronic Engineering Undergraduates. *Microelectronic Systems Education, 2007 IEEE International Conference*, 151-152.
- Mantri, A., Dutt, S. Gupta J.P. y Chitkara M. (2008). Design and Evaluation of a PBL-Based Course in Analog Electronics. *IEEE Transactions on Education*, 51 (4), 432-438.
- Marín, N. (1996). Condiciones fundamentadas de enseñanza-aprendizaje para la resolución de problemas en ciencias. Conferencia, Programa Interinstitucional de Doctorado en Educación, Bogotá: UPN.
- Martínez Torregrosa, J. (1987). *La resolución de problemas como investigación: un instrumento de cambio metodológico*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia.
- Martínez Aznar, M.M. y Ovejero, P. (1997). Resolver el problema abierto: teñir lanas a partir de productos colorantes naturales. Una actividad investigativa para la enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 401-422.
- Martínez Aznar, M.M. y Varela, M.P. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la escuela*, 28, 59-68.
- Martínez Aznar, M.M. y otros. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 67-87.
- Martínez, J. y otros. (2005). *Desarrollo de competencias en ciencia e ingenierías. Hacia una enseñanza problematizada*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Massey, A.P., Ramesh, V., Khatri V. (2006). Design, Development, and Assessment of Mobile Applications: the Case for Problem-based Learning. *IEEE Transactions on Education*, 49 (2), 183-192.
- Maskell, D.L. y Grabau, P.J. (1998). A Multidisciplinary Cooperative Problem-based Learning Approach to Embedded Systems Design. *IEEE Transactions on Education*, 41, 101-103.

- Miller, R.B., Behrens, J.T. y Greene, B.A. (1993). Goals and Perceived Ability: Impact on Student Valuing, Self-regulation and Persistence. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 2-14.
- Montufar, C. (2007). *Problem Solutions in Engineering with Matlab*, Patria Editorial.
- Motschnig, R. y Figl, K. (2007). Developing Team Competence as part of a Person-centered Learning Course on Communication and Soft Skills in Project Management. *37<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, F2G-15-F2G-21. |
- Newman, D., Griffin, P. y Cole, M. (1991). *La zona de construcción del conocimiento*. Madrid: M.E.C./Morata.
- Osborne, R.J. y Wittrock, M. (1985). The Generative Learning Model and its Implications for Science Education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- Perkins, D. (1998). ¿Qué es la comprensión? En: Stone, W. (ed.). *La enseñanza para la comprensión*. Buenos Aires: Paidós.
- Poblete, M. y Villa, A. (2007). *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de competencias genéricas*. Bilbao: Mensajero.
- Piaget, J. (1973). *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Polyá, G. (1957). *How to solve it*. New York: Doubleday Anchor.
- Pozo, J.I. y cols. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Ramírez, J.L. (1990). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación en la Enseñanza Media: un instrumento de cambio metodológico*. Tesis Dostoral, Universidad de Valencia.
- Ramos, C.A., Ramírez, J.M. y Franco, E. (2005). Platform for Virtual Problem-based Learning in Control Engineering Education. *44<sup>th</sup> IEEE Conference on Decision and Control and 2005 European Control Conference*, 3432-3437.
- Reisslein, M., Tylavsky, D., Matar, B., Seeling, P. y J. Reisslein. (2007). Active and Cooperative Learning in a Freshman Digital Design Course: Impact on Persistence in Engineering and Student Motivational Orientation. *37<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, S4A-1-S4A-6.
- Resnick, L. (1999). *La educación y el aprendizaje del pensamiento*. Buenos Aires: Aique.
- Reyes, J.V. (1991). *La resolución de problemas de Química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco.

- Rice IV, W. (2006). *Moodle. E-learning Course Development: a Complete Guide to Successful Learning using Moodle*. Birmingham/Mumbai: Packt Publishing.
- (2007). *Moodle Teaching Techniques: Creative Ways to use Moodle for constructing online Learning Solutions*. Birmingham/Mumbai: Packt Publishing.
- Rogoff, B. (1993). *Aprendices del pensamiento. El desarrollo cognitivo en el contexto social*. Barcelona: Paidós.
- Ryoo, J., Fonseca, F. y Janzen, D.S. (2008). Teaching Object-oriented Software Engineering through Problem-based Learning in the context of Game Design. *IEEE 21<sup>st</sup> Conference on Software Engineering Education and Training*, 137-144.
- Sarramona, J., Domínguez, E., Noguera, J. y Vázquez, G. (2005). Las competencias en la secundaria y su incidencia en el acceso a la universidad. *Seminario Interuniversitario de Teoría de la Educación*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Sauren, A.A.H.J. y Van Genderen, M.H.P. (2002). Problem-based Learning at the Eindhoven/Maastricht BME Program. *Engineering in Medicine and Biology 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society. Proceedings of the Second Joint*, 3, 2605-606.
- Secundo, G., Elia, G. y Taurino, C. (2007). An E-learning System Supporting the Problem-based-learning Approach: the Case of "Virtual eBMS". *18<sup>th</sup> International Conference on Database and Expert Systems Applications*, 668-672.
- Selveratnam, M. (1990). Problem-solving a model Approach. *Education in Chemistry*, 27 (6), 163-165.
- Shepherd, M. y Martz, B. (2005). Problem-based Learning Systems and Technologies. *Proceedings of the 38<sup>th</sup> Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 39.
- Thomassian, J.C. (2007). Symbolic techniques: A new tool for teaching circuits and electronics. *37<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, S2C-1-S2C-5.
- Trumbower, R.D. y Enderle, J.D. (2003). Virtual Instruments in Undergraduate Biomedical Engineering Laboratories. *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, 22 (4), 101-110.
- Varela, M.P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid.

- Varela, M.P. y Martínez Aznar, M.M. (1997). Investigar y aprender resolviendo problemas abiertos de Física. *Revista Española de Física*, 11, 32-37.
- Venturino, G., Alberto, J. y Godfrid, C. (2007). The New Electronic Engineering Curriculum of the University of Buenos Aires. *37<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, T3H-3-T3H-6.
- Vigotsky, L. (1981). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Crítica, Grupo Editorial Grijalbo.
- Yin, R. K. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*. Applied Social Research Methods Series, Newbury: Sage Publications.
- Yu, W. D. (2005). A Mobile Computing Collaborative Framework for Problem-based Learning Environment. *35<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*, F4E-12.
- Zimmerman, B.J., Bandura, A. y Martínez-Pons, M. (1992). Self-Motivation for Academic Attainment: The Role of Self-Efficacy Beliefs and Personal Goal Setting. *American Educational Research Journal*, 29, 663-76.