

Entorno de integración de PBL y CSCL para la enseñanza de algoritmos y programación en ingeniería

Integration environment of PBL and CSCL for teaching algorithms and programming in engineering

Jovani Alberto Jiménez Builes¹, PhD, Mauricio Andrés Pavony Meneses², Ing., Andrés Felipe Álvarez Serna², Ing.
1. Coordinación de Servicios Académicos Virtuales, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín; 2. GIIDIE: Grupo de Investigación, Innovación y Desarrollo en Informática Educativa, Universidad de San Buenaventura
jajimen1@unal.edu.co, m-pavony-meneses@hotmail.com, pipesalvarez@hotmail.com

Recibido para revisión: 28 de Septiembre de 2008, Aceptado: 28 de Noviembre de 2008, Versión final: 22 de Diciembre de 2008

Resumen—Este artículo presenta un ambiente instruccional que integra los paradigmas del aprendizaje basado en problemas (PBL) y el aprendizaje colaborativo apoyado en computador (CSCL). SÁBATO es el nombre del ambiente, el cual es utilizado en la enseñanza de la asignatura algoritmos y programación en ingeniería.

Palabras Clave—Aprendizaje Basado en problemas, Ambientes de aprendizaje colaborativo Apoyado en computador, Informática educativa, Educación virtual, Enseñanza de la ingeniería.

Abstract—In this paper we present an instructional environment that incorporates the paradigms of Problem Based Learning (PBL) and Computer Supported Collaborative Learning (CSCL). This environment is called SABATO, which is used for teaching the Algorithms and Programming in Engineering subject.

Keywords—Problem based learning, Computer supported Collaborative learning, Educational informatics, Virtual education, Engineering teaching.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ingeniería cada vez toma mayor importancia debido principalmente, a los retos emergentes de los problemas asociados a la evolución de las culturas. En la mayoría de los casos, la solución a los problemas de ingeniería debe ser práctica, aunque fundamentada en una base teórica.

Las características de estos problemas tornan el perfil del ingeniero que se requiere. Para Rugarcia et al [1] el perfil debe tener tres componentes, a saber: (1) su conocimiento de los hechos que conocen y entienden los conceptos, (2) los conocimientos que utilizan en la gestión y la aplicación de sus conocimientos, -tales como computación, experimentación, análisis, síntesis/diseño, evaluación, comunicación, liderazgo y trabajo en equipo-; (3) las actividades que determinan los objetivos hacia los cuales sus habilidades y conocimientos se dirigirán -los valores personales, las preocupaciones, las preferencias y los prejuicios- [2].

Para tratar de lograr los componentes se han trabajado en la formación de ingenieros utilizando varios paradigmas. Dos de ellos son, el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) y el Aprendizaje Colaborativo Apoyado en Computador (CSCL).

El PBL pretende que los estudiantes adquieren la destreza de analizar y resolver problemas reales realizando una búsqueda activa de información y trabajando en equipo. En el anterior sentido, es una estrategia de enseñanza y de aprendizaje que obliga a los alumnos a aprender y a trabajar en equipo para buscar la solución a un caso problemático presentado. El

principio del PBL consiste en que los problemas prácticos se plantean antes o al mismo tiempo que se realiza la adquisición del conocimiento; induciendo de esta manera, al estudiante en la búsqueda de las soluciones para resolver los problemas. Esta es la principal diferencia con los modelos clásicos de enseñanza y de aprendizaje; en los cuales la resolución de problemas se da a partir del conocimiento ya adquirido, en contraste con el PBL, donde la solución de los problemas es abierta, y su resolución implica la consulta de fuentes de información no proporcionadas explícitamente. La ventaja del PBL es que los estudiantes eligen el ritmo de trabajo y la secuencia de pasos a realizar para resolver el problema, el cual es una aproximación a la realidad profesional que enfrentarían una vez nalicen sus estudios [3].

El CSCL busca propiciar espacios en los cuales se posibilite el desarrollo de habilidades individuales y grupales a partir de la discusión entre los estudiantes, en el momento de explorar nuevos conceptos. Podría denirse como un conjunto de métodos de instrucción y entrenamiento apoyados con tecnología, así como estrategias para propiciar el desarrollo de habilidades mixtas (aprendizaje y desarrollo personal y social) donde cada miembro del grupo es responsable tanto de su aprendizaje como el aprendizaje del grupo [4].

Lo que a primera vista puede parecer un problema sencillo, como es la enseñanza de la programación de computadores, en realidad es un tema con múltiples facetas, que sigue siendo una línea abierta de investigación en buena parte del mundo. Muchos enfoques y herramientas distintas han sido propuestos en los últimos diez años [5, 6, 7], y sin embargo no parece existir una solución completamente satisfactoria. La aparición del enfoque de objetos, y el surgimiento de nuevos lenguajes de programación, herramientas y tecnologías, han introducido nuevos factores de dificultad a la ya compleja labor de enseñar a programar.

Actualmente, en los programas de ingeniería y áreas afines de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, tienen es sus pensum la asignatura de algoritmos y programación de manera similar a como lo tienen las otras universidades grandes del país, tanto públicas como privadas. En la sede, semestralmente se atiende una población aproximada de 560 estudiantes distribuidos en 16 grupos de 35 alumnos cada uno. Por razones de logística y por el escaso número de profesores, en la sesiones prácticas se reúnen hasta cuatro grupos (140 estudiantes) acarreando problemas propios de la masificación. Los cursos se encuentran estructurados en sesiones teóricas y sesiones prácticas. En esta última los estudiantes interactúan con los computadores realizando ejercicios relacionados con la sesión práctica.

En este artículo se presenta un entorno instruccional que

integra el PBL & CSCL. El entorno fue validado en la asignatura algoritmos y programación. El artículo está organizado de la siguiente manera: en el capítulo dos se presenta el marco conceptual del ambiente instruccional enmarcado en el PBL y CSCL. En el capítulo tres se presenta el entorno computacional denominado Sábato, que fusiona los paradigmas PBL & CSCL. El capítulo cuatro exterioriza la metodología de enseñanza/aprendizaje; para finalmente en los capítulos cinco y seis, exponer los resultados y conclusiones respectivamente.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. Aprendizaje Basado en Problemas

El paradigma del PBL presenta un método aplicable al trabajo de grupos de pocos integrantes. En estas actividades grupales los alumnos toman responsabilidades y acciones que son básicas en su proceso formativo. Es usado principalmente en educación superior [8].

El camino que toma el proceso de aprendizaje convencional se invierte al trabajar en el PBL. Mientras tradicionalmente primero se expone la información y posteriormente se busca su aplicación en la resolución de un problema; en el caso del PBL primero se presenta el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y finalmente se regresa al problema.

El PBL tuvo sus primeras aplicaciones y desarrollos en la escuela de medicina de Case Western Reserve University en los Estados Unidos y en McMaster University en Canadá en la década de los 60s. Tenía como propósito mejorar la calidad de la educación médica cambiando la orientación de un currículum que se basaba en una colección de temas y exposiciones del profesor, a uno más integrado y organizado en problemas de la vida real y donde confluyen las diferentes áreas del conocimiento que se colocan en juego para dar solución al problema [8, 9].

El PBL se sustenta en diferentes teorías sobre el aprendizaje humano, tiene particular presencia la teoría constructivista. De acuerdo con esta postura en el PBL se siguen tres principios básicos [10]:

- El entendimiento con respecto a una situación de la realidad surge de las interacciones con el medio ambiente.
- El conflicto cognitivo al enfrentar cada nueva situación estimula el aprendizaje.
- El conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno.

Algunas diferencias entre el proceso de aprendizaje tradicional y el proceso de aprendizaje PBL están visualizadas en la Tabla 1:

Tabla 1. Compartivo entre aprendizaje tradicional y aprendizaje PBL [11]

En un proceso de aprendizaje tradicional	En un proceso de aprendizaje PBL
El profesor asume el rol de experto o autoridad formal.	Los profesores tienen el rol de facilitador, tutor, guía, coaprendiz, mentor o asesor.
Los profesores transmiten la información a los alumnos.	Los alumnos toman la responsabilidad de aprender y crear alianzas entre alumno y profesor.
Los profesores organizan el contenido en exposiciones de acuerdo a su disciplina.	Los profesores diseñan su curso basado en problemas abiertos. Los profesores incrementan la motivación de los estudiantes presentando problemas reales.
Los alumnos son vistos como “ <i>recipientes vacíos</i> ” o receptores pasivos de información.	Los profesores buscan mejorar la iniciativa de los alumnos y motivarlos. Los alumnos son vistos como sujetos que pueden aprender por cuenta propia.
Las exposiciones del profesor son basadas en comunicación unidireccional; la información es transmitida a un grupo de alumnos.	Los alumnos trabajan en equipos para resolver problemas, adquieren y aplican el conocimiento en una variedad de contextos. Los alumnos localizan recursos y los profesores los guían en este proceso.
Los alumnos trabajan por separado.	Los alumnos conformados en pequeños grupos interactúan con los profesores quienes les ofrecen retroalimentación.
Los alumnos absorben, transcriben, memorizan y repiten la información para actividades específicas como pruebas o exámenes.	Los alumnos participan activamente en la resolución del problema, identifican necesidades de aprendizaje, investigan, aprenden, aplican y resuelven problemas.
El aprendizaje es individual y de competencia.	Los alumnos experimentan el aprendizaje en un ambiente cooperativo.
Los alumnos buscan la “ <i>respuesta correcta</i> ” para tener éxito en un examen.	Los profesores evitan solo una “ <i>respuesta correcta</i> ” y ayudan a los alumnos a armar sus preguntas, formular problemas, explorar alternativas y tomar decisiones efectivas.
La evaluación es sumatoria y el profesor es el único evaluador.	Los estudiantes evalúan su propio proceso así como los demás miembros del equipo y de todo el grupo. Además el profesor implementa una evaluación integral, en la que es importante tanto el proceso como el resultado.

En el recorrido que viven los alumnos desde el planteamiento original del problema hasta su solución, comparten en la experiencia de aprendizaje colaborativo la posibilidad de practicar y desarrollar habilidades, de observar y reflexionar sobre actitudes y valores que en el método convencional expositivo difícilmente podrían ponerse en acción [11].

B. Aprendizaje Colaborativo

Las experiencias del CSCL apuntan a entender el aprendizaje como un proceso social de construcción de conocimiento en forma colaborativa, por medio del cual interactúan dos o más sujetos para construir conocimiento, a través de la discusión, reexión y toma de decisiones, proceso en el cual los recursos informativos actúan como mediadores [12].

El aprendizaje se realiza mediante procesos telemáticos a través de una construcción colectiva. La mediación principal se produce por medio del computador y sus recursos asociados. El conocimiento se construye socialmente mediante de la interacción profesor - alumno - alumno - profesor (no es un proceso jerarquizado, ni con orden de precedencia); el cual promueve la interdependencia positiva, la interacción, la contribución individual y las habilidades personales y de grupo [12].

III. AMBIENTE INSTRUCCIONAL SÁBATO

Sábato es una herramienta informática personalizada que integra los paradigmas PBL & CSCL. Sábato modela las tareas

que los profesores y alumnos desarrollan normalmente en un curso, sirviendo como un sistema de apoyo a la enseñanza y aprendizaje. Provee un ambiente colaborativo de aprendizaje para aulas de clases virtuales que comprende herramientas de servicios sincrónicos y asincrónicos que son útiles en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya sea presencial o a distancia, asistido por el computador.

El empleo de este ambiente es de gran importancia debido a que contribuyen a incrementar el nivel de la educación al proveer aulas virtuales donde se fomenta la capacidad autodidacta de los estudiantes, sin importar la localidad de los profesores y los alumnos. Según el modelo PBL, se recomienda emplearla con grupos de trabajo no mayores a 20 personas para que el trabajo de grupo sea de mayor calidad en las actividades presenciales de los cursos.

A. Características de Sábato

El ambiente instruccional presenta las siguientes características:

- Permite el acceso remoto tanto a profesores como alumnos en cualquier momento, desde cualquier lugar, independiente de la plataforma.
- Acceso restringido y selectivo: soporta diferentes niveles de usuario con distintos privilegios de acceso.
- La presentación de los problemas permite contenidos multimedia (texto, imágenes, animaciones, video, archivos) (Figura 1).

- Permite la actualización de contenidos basado en los privilegios del usuario.
- Chat integrado para miembros de un curso.

Algoritmos y programación >> Problema 2: Simbolización de algoritmos
Desde el 02/06/2007 hasta el 31/12/2007

Las formas más usadas para representar algoritmos son:

- Diagrama de flujo
- Diagrama de bloques rectangulares
- Pseudo-código

a) En que consiste cada uno?
b) Represente, para cada tipo de diagrama, un algoritmo para *cambiar un bombillo*.

Sugerencias:

- Para la creación de diagramas, puede utilizar el editor *Cumula Draw* para la creación en línea de los archivos de imagen.
- Para subir imágenes en este editor, haga clic en seguido de .

```

    graph TD
      Inicio([Inicio]) --> Verificar[Verificar el estado de la bombilla]
      Verificar --> Enciende{La bombilla enciende?}
      Enciende -- Si --> BuenEstado["La bombilla se encuentra en buen estado"]
      Enciende -- No --> Cambiar[Cambiar bombilla]
      BuenEstado --> Fin([Fin])
      Cambiar --> Verificar
    
```

Figura 1. Construcción de soluciones a un problema [15]

B. Tareas vs. Roles

Las tareas se pueden realizar acorde al rol asignado. Los tipos de roles que soporta la herramienta son:

- Administrador: Es el encargado de la creación de periodos académicos, profesores y cursos. Crea una estructura elemental para ser gestionada por cada profesor.
- Profesor: Puede administrar los grupos que le hayan sido asignados por el administrador. Es el encargado de la asignación de monitores, estudiantes y problemas a sus grupos.
- Asistente de Docencia o monitor: Puede crear problemas y participar en su desarrollo.
- Estudiante: Puede participar en los problemas del grupo al cual se encuentre inscrito.

C. Diagrama de funciones

El diagrama de funciones disponibles por usuario se muestra en la Figura 2. La asignación de problemas requiere una configuración previa de los elementos que conforman el curso (Figura 4): periodos académicos, cursos, grupos por curso y periodo, UBAs (Unidades Básicas de Aprendizaje) por curso, problemas por UBA y por grupo.

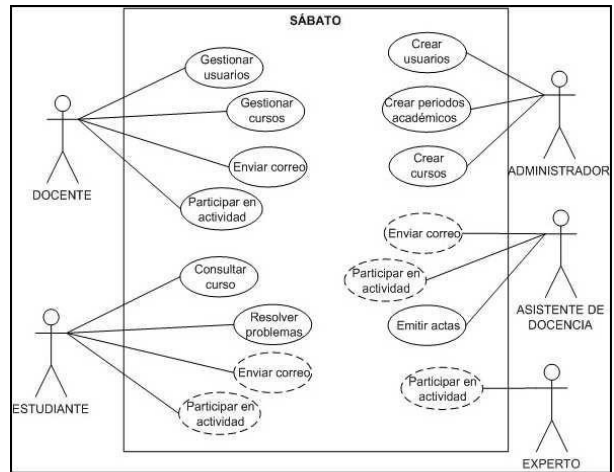


Figura 2. Casos de uso de la aplicación [15]

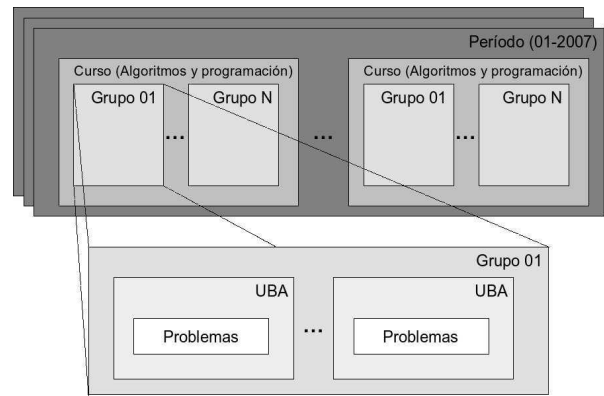


Figura 3. Elementos del modelo [15]

D. Características de los problemas

Los problemas deben presentar las siguientes características:

Comprometer el interés del estudiante.

- Fomentar la toma de decisiones, los juicios y la información lógica y fundamentada.
- Cooperación de todos los integrantes en un trabajo integrado, y no dividido en partes.
- Las preguntas de inicio deben ser abiertas, ligadas a un aprendizaje previo y temas amplios.
- El contenido de los objetivos del curso, debe incorporarse en el diseño del problema.

IV. METODOLOGÍA

En Sábato intervienen cuatro actores principales: el estudiante, el docente, el asistente de docencia y el equipo de trabajo. En este último, los estudiantes, en grupos pequeños, sintetizan y construyen el conocimiento requerido para resolver los problemas, que son diseñados especialmente para el logro de ciertos objetivos de aprendizaje [9]. Sábato contempla una metodología conformada por seis pasos que fomentan la retroalimentación dentro del proceso de aprendizaje (Figura 4). Estos pasos son: Planteamiento del problema, primera discusión grupal, investigación individual, segunda discusión grupal, reporte final y exposición magistral [13, 14]. A continuación se especifican las actividades que ocurren dentro de cada paso mencionado:

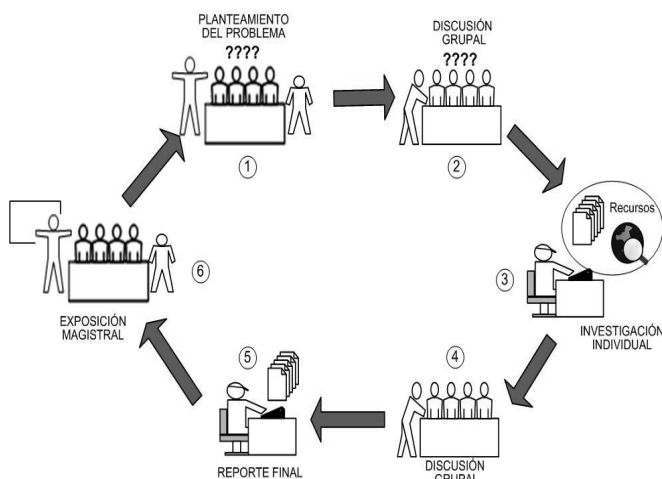


Figura 4. Actividades de la metodología a implementar [15]

A. Planteamiento del problema

El docente comienza con una breve exposición del problema, ofreciendo a sus estudiantes una explicación lo más clara posible de la situación problemática. Adicionalmente, propone a sus estudiantes algunos temas que pueden ser de ayuda durante el proceso (Figura 5).

B. Primera discusión grupal

Los equipos de trabajo proceden a analizar la situación y plantean sus hipótesis y teorías. Un secretario dentro del equipo se encarga de tomar nota de aquellas opiniones y/o aportes interesantes de sus compañeros de equipo. El asistente de docencia se encarga de moderar la discusión.

C. Investigación individual

Cada uno de los estudiantes realiza una investigación tanto de los temas propuestos por el docente, como de los sugeridos por el resto del equipo. El mismo estudiante plantea nuevos temas que según su criterio y percepción del problema considere pertinentes.

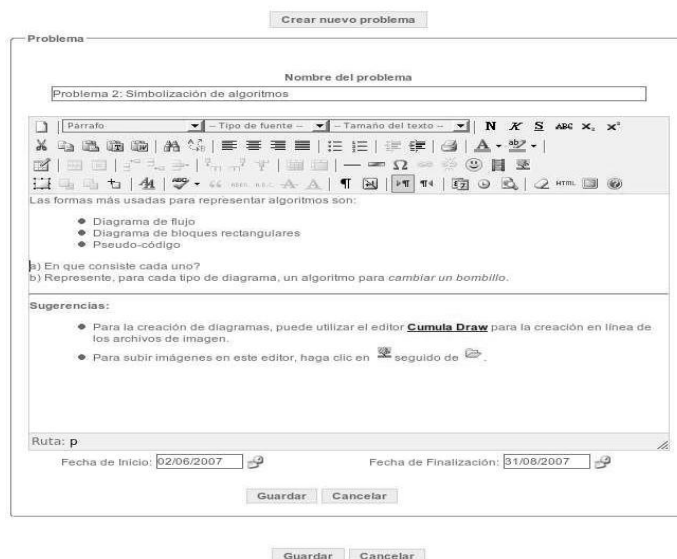


Figura 5. Pantalla para la creación de los problemas

D. Segunda discusión grupal

El equipo de trabajo discute opina y concluye acerca de los resultados obtenidos por cada uno de los integrantes. En esta instancia los estudiantes cuentan con algo más de experiencia y conocimiento, ya tienen más confianza en ellos mismos y hay mejor comunicación entre ellos.

E. Reporte final

Esta actividad consiste en la elaboración de un informe escrito que contiene las conclusiones a las cuales llega el equipo, sus predicciones y recomendaciones, además de las fuentes de consulta.

F. Exposición magistral

En esta etapa el docente tras haber recopilado los resultados y alternativas de solución proporcionados por cada equipo de trabajo lleva a cabo una exposición magistral. Durante la presentación, los estudiantes intervienen dando sus aportes y sugerencias. Finalmente el docente alienta y motiva a los alumnos a continuar con el proceso.

V. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Para validar el ambiente instruccional Sábato se implementó un curso de algoritmos y programación en ingeniería, ofrecido por la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. El curso se configuró en dos grupos o ambientes de enseñanza/aprendizaje: uno que utilizaba Sábato y el otro grupo con la manera tradicional. Ambos grupos estaban formados por 12 estudiantes. La duración del curso es de cuatro meses y el número de unidades básicas de aprendizaje (BUL) es de cuatro.

Llevando los resultados obtenidos a partir de la implementación del ambiente instruccional Sábato a un plano

más específico, se puede afirmar que la mayoría de estos, han logrado el objetivo de servir como agentes complementarios de aprendizaje a la asignatura. Algunos de los elementos significativos apreciados fueron:

- Eficiencia en el manejo del tiempo destinado a la comunicación tanto entre el estudiante y el docente como dentro de los mismos estudiantes.
- Orientación en la búsqueda de información a través de enlaces e hipervínculos, reduciendo significativamente el uso de información errada e ineficiente.
- Reducción significativa en el uso del papel.
- Generación de una cultura enfocada a la red, en donde el estudiante permanentemente esta en contacto con la información necesaria para llevar a cabo sus actividades y en constante comunicación con su grupo de trabajo y con el docente.
- Interacción permanente por parte del estudiante frente a los objetivos propuestos por el docente en cada recurso dispuesto en el entorno instruccional.
- Aumento en el interés por parte del estudiante en poseer los recursos adecuados (computador, conectividad entre otros) para llevar a cabo la realización de sus actividades académicas.
- Uso adecuado del conocimiento previo, determinado por las didácticas apropiadas que implican una determinación clara del preconcepto establecido por el estudiante antes de dirigirse al salón de clase.
- Facilidad en el uso de los recursos bibliográficos y retroalimentación constante de estos.

Al concluir el curso se evaluaron de manera presencial ambos grupos en conjunto. El resultado de la evaluación indicó que aquellos alumnos que utilizaron el entorno Sábato presentaron mejores resultados, principalmente relacionados con las variables de memorización, lógica, abstracción, competencia lectora y razonamiento.

De acuerdo con la comparación de los dos entornos de aprendizaje, se puede concluir que, desde la perspectiva pragmática de la consecución de unos objetivos de estudio, es más eficiente el uso paradigmas como el PBL & CSCL, como lo es el caso, embebido en Sábato.

VI. CONCLUSIONES

El PBL y el CSCL son paradigmas que permiten a los estudiantes de ingeniería tener acceso al desarrollo de habilidades para adaptarse al entorno laboral. Son muchas las variables que determinan la efectividad del proceso de aprendizaje, y casi siempre, difíciles de controlar; sin embargo, la información que se genera en relación al PBL puede ser utilizada por la institución que implementa el modelo, para que tome decisiones en relación a cual es la mejor estrategia curricular a implementar.

El entorno instruccional Sábato, permite al estudiante adquirir los conocimientos necesarios a través de la investigación independiente y la comunicación en línea ofrecida por la

plataforma. Sábato permite minimizar las barreras de tiempo y espacio ya que cualquier aprendiz puede participar de la clase en forma remota y asincrónica; desde su casa o lugar de trabajo y a la hora que considere más conveniente. Tiene la ventaja de que les permite interactuar con otras personas de otros lugares, culturas y condiciones. Además, permiten el acceso al conocimiento a aquellas personas que tienen limitaciones físicas y/o económicas.

Se hace necesario mencionar la resistencia de algunos docentes frente al desafío de nuevas maneras de instrucción para implementar las investigaciones y desarrollos en la educación. Es imperiosamente necesario innovar los métodos tradicionales de enseñanza/aprendizaje pero antes debe de hacerse una labor de concientización y formación computacional entre los docentes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rugarcia, A.; Felder, R.; Woods, D. and Stice, J., 2000. The Future of Engineering Education. A Vision for a New Century. Chem. Engr. Education, 34, pp. 16-25.
- [2] DYNA, 2008. Editorial No. 155. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.
- [3] Sánchez, A.; Sanjuán, P.; Del Castillo, J. y Rodríguez, D., 2006. Estrategias de e-PBL en un Curso Virtual de Dinámica de Vehículos Automóviles. Memorias Jornadas Nacionales de Intercambio de Experiencias Piloto de Implantación de Metodologías ECTS.
- [4] Jiménez, J.; Ovalle, D. y Uribe, G., 2008. Sábato: Plataforma Colaborativa de Aprendizaje Basado en Problemas. Confianza, Capital Social y Pedagogía. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.
- [5] Cassola, E., 2004. Elaboración de Material Educativo para la Formación de Profesionales en Desarrollo de Software. Memorias Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación (CIESC), Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI2004). Perú.
- [6] Kölling, M., 1999. The Problem of Teaching Object-Oriented Programming, Part 1: Languages. In: Journal of Object-Oriented Programming. Vol. 11, No. 8, pp 8-15.
- [7] Zhu, H. and Zhou, M., 2003 Methodology First and Language Second: A Way to Teach Object-Oriented Programming. In: OOPSLA'03. Anaheim, CA.
- [8] Rhem, J., 1998. Problem-Based Learning: An Introduction. En: The National Teaching & Learning Forum, Vol. 8 No. 1.
- [9] ITESM, 2008. El Aprendizaje Basado en Problemas como Técnica Didáctica. Las Estrategias y Técnicas Didácticas en el Rediseño. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. En línea: [www.sistema.itesm.mx/va/ dide/inf-doc/estrategias/abp.pdf] Fecha de acceso: octubre de 2008.
- [10] Gijsselaers, W., 1995. Perspectives on Problem-Based Learning. En: Educational Innovation in Economics and Business Administration: The Case of Problem-Based Learning. Ed. Kluwer, USA.
- [11] Samford, 2008. Traditional versus PBL Classroom. Samford University. En línea: [http://www.samford.edu/pbl/what3.html#] Fecha de acceso: octubre de 2008.
- [12] Zañartu, L., 2005. Aprendizaje Colaborativo: Una Nueva Forma de Diálogo Interpersonal y en Red. Revista Digital de Nuevas Tecnologías, Contexto Educativo, Nro. 28.
- [13] Ayala, F., 2005. Aprendizaje Basado en Problemas y el Desarrollo de Competencias Profesionales en Medicina. Technical Report, Escuela de Medicina, Tecnológico de Monterrey, México.
- [14] Morales, P. y Landa, V., 2004. Aprendizaje Basado en Problemas. Teoría, Ciencia, Arte y Humanidades, 13: pp. 145-157.
- [15] Jiménez, J.; Ovalle, D. y Uribe, G., 2007. Sábato: Plataforma Colaborativa de Aprendizaje Basado en Problemas. Confianza, Capital Social y Pedagogía.