

Experiencia de aplicación de la metodología de aprendizaje por proyectos en asignaturas de Ingeniería Informática para una mejor adaptación a los créditos ECTS y al EEES

Enric Martí

Dèbora Gil y Carme Julià

Departamento de Ciencias de la Computación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universitat Autònoma de Barcelona

Resumen

En este artículo se presenta una experiencia de aprendizaje basado en proyectos (*Project Based Learning - PBL*) desarrollada en los cursos 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008 como uno de los itinerarios para cursar Gráficos por Computador 2, asignatura optativa de tercer curso de Ingeniería Informática, titulación impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE) de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Para la gestión de la documentación que genera la asignatura se utiliza una plataforma LMS (*Learning Management System*) basada en Moodle que hemos utilizado en ABP y que nos ha permitido una gestión más ágil de los indicadores y las encuestas para evaluar a los estudiantes.

Ámbito general de interés de la innovación

Se trata de una experiencia de adaptación del ABP a una asignatura que puede dar pautas a profesores para aplicar esta metodología en su asignatura, tengan o no grupos grandes. Asimismo, se presenta una plataforma LMS basada en Moodle que facilita la gestión de documentos (encuestas, entregas de trabajos, materiales docentes, publicación de notas, etc.), así como la generación de indicadores de evaluación, sin que el tratamiento de esta información suponga un sobreesfuerzo importante. La plataforma se ofrece a los docentes de la UAB que la quieran probar, hagan ABP o no.

1. Objetivos

1. La investigación de nuevas metodologías docentes en el ámbito de la educación superior es un tema de debate actual en la universidad. Los cambios experimen-

tados en el contexto de la sociedad de la información inciden notablemente en el alumnado que accede a las universidades, de forma que no creemos que el perfil de los estudiantes sea mejor ni peor que el de hace unos años, sino simplemente diferente. La sociedad demanda profesionales con conocimientos, pero también con competencias y habilidades. Esta circunstancia motiva un debate abierto en las universidades en relación con la búsqueda de nuevas metodologías para transmitir y motivar el aprendizaje en los estudiantes, con el objetivo de formar profesionales adaptados a esta nueva sociedad. Una de las metodologías que ha aparecido hace algunos años en el ámbito universitario es la del aprendizaje basado en proyectos (ABP), en inglés *Project Based Learning* (PBL).

2. El ABP es una estrategia de aprendizaje cooperativo que se centra en la figura del estudiante como individuo miembro de un grupo y que entiende el aprendizaje como un proceso de comunicación. En el ABP, el proyecto dirige todo el proceso; es el vehículo que permite adquirir las habilidades necesarias para el aprendizaje. Los estudiantes son responsables de su propio progreso y los profesores hacen un seguimiento de su trabajo.
3. La metodología ABP potencia en el estudiante las siguientes competencias profesionales: trabajo en equipo, responsabilidades asumidas por el grupo, pensamiento crítico, iniciativa e investigación de información, organización y manipulación de información estructurada, comunicación oral y escrita, entre otros.
4. Hay diferentes razones que justifican la adopción de la metodología ABP (Font, 2004):
 - a) **Razones prácticas.** En el ABP se potencia el trabajo en equipo, fomentando así la iniciativa del estudiante y la búsqueda de información. Fomenta el aprendizaje de conocimientos mediante la comprensión, frente a la memorización.
 - b) **Razones pedagógicas.** Aumenta la motivación de los estudiantes por la investigación, lo que potencia que el alumno utilice todos los recursos que tiene a su alcance.
 - c) **Aprendizaje centrado en el estudiante.** El estudiante es un agente activo en su aprendizaje y en la resolución del proyecto. Debe aprender a manipular información no estructurada. También se da oportunidad a la innovación.
 - d) **Valor conceptual.** Con el ABP se facilita la interdisciplinariedad.
 - e) **Evaluación formativa y no punitiva.** El estudiante debe aprender de sus errores. Esta evaluación la hacen el profesor, los compañeros o uno mismo.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, los objetivos del proyecto son:

1. Estudiar la metodología ABP para adaptarla en asignaturas de Ingeniería Informática y comprobar si permite mejorar el rendimiento de los estudiantes a nivel de conocimientos y competencias, de acuerdo con las directrices del EEEES.
2. Realizar esta adaptación con un coste mínimo (que no cero), de forma que no signifique un gran sobreesfuerzo para el profesor ni para el estudiante.

3. Definir e implementar una plataforma LMS (Learning Management System) para la gestión de los documentos en formato electrónico (trabajos, encuestas, materiales docentes, etc.).

A continuación se presenta la experiencia concreta de una asignatura: Gráficos por Computador 2.

2. Descripción del trabajo

2.1. Punto de partida

Gráficos por Computador 2 es una asignatura optativa de tercer curso de la titulación de Ingeniería Informática que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universitat Autònoma de Barcelona. Se trata de una asignatura organizada en 30 horas de teoría, 15 horas de problemas y 15 de prácticas. Hay dos grupos de teoría y problemas (mañana y tarde) y seis grupos de prácticas para un total de 150 estudiantes.

Los estudiantes han cursado Gráficos por Computador 1, donde han adquirido los conceptos básicos de la materia. La asignatura profundiza en temas de modelado de objetos en 3D y técnicas de realismo y animación por computador (Foley *et al.*, 1993).

La parte teórica de la asignatura se organiza en forma de clases magistrales (2 horas/semana). La parte de problemas (1 hora/semana) se explica y trabaja con biblioteca gráfica OpenGL (*Open Graphics Library*), muy utilizada en el mundo de la visualización gráfica y los videojuegos. Se proponen ejercicios de construcción de objetos a partir de gráficas primitivas, ejercicios de iluminación, texturas, etc. También se hace modelización de movimiento de objetos rígidos y objetos articulados, dentro de la parte de animación por computador.

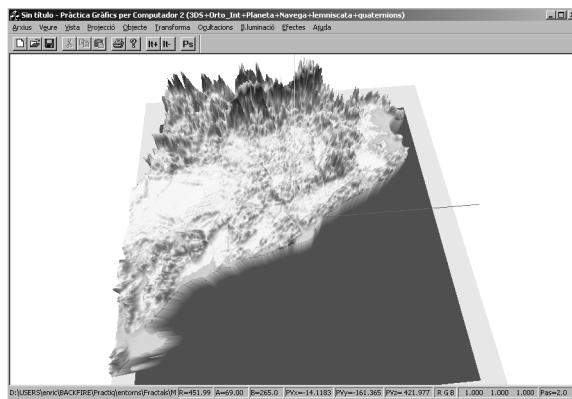
La parte de prácticas se estructura en cuatro sesiones de laboratorio de 2,5 horas cada una. Se proporciona un entorno en programación gráfica (figura 1) con mínimas funcionalidades a partir del cual los estudiantes incluyen sus trabajos prácticos de forma progresiva. Al final se entrega una única aplicación con todo el trabajo realizado.

En la plataforma LMS (Caront 2008) y en la página web (GC2 2008) se proporciona toda la documentación: transparencias de teoría, documentación sobre OpenGL, enunciados de las prácticas, el entorno en programación gráfica, demos y exámenes corregidos.

De la experiencia en la impartición de la asignatura y de las encuestas realizadas a los alumnos se derivan las siguientes conclusiones:

1. **La asistencia a las clases de teoría disminuye durante el semestre.** En este sentido, se sospecha que el hecho de proporcionar todo el material docente hace decrecer la asistencia. No obstante, esto hace que los estudiantes que vienen a clase lo hagan motivados.

Figura 1. Entorno en programación gráfica con una práctica de visualización topográfica



2. **La asistencia a clase de problemas no decrece tanto.** Los estudiantes ven utilidad en el planteamiento, la realización y la resolución de problemas, así como en la ayuda al trabajo de prácticas en clase, lo que fomenta su asistencia.
3. En cada curso académico, observamos que aproximadamente **un 25 % de los grupos de prácticas muestran un interés significativo por la asignatura** y realizan más trabajo del que se les pide. Estas aportaciones enriquecen la asignatura en los siguientes cursos.
4. Se perciben **diferentes perfiles de estudiantes:** los que quieren estrictamente *aprobar* la asignatura, ya que trabajan o no quieren dedicarle más tiempo, y los que quieren *aprender* y muestran un alto interés por la asignatura, ya que están más motivados.
5. Se trata de una asignatura optativa con muchos estudiantes (unos 150), que puede ser cursada en tercero, cuarto o quinto curso. Como consecuencia, **los conocimientos y la madurez del alumnado son muy diferentes.**

2.2. Propuesta de itinerarios

Para compaginar ambos perfiles, se definen en la asignatura dos itinerarios: el TPPE (teoría-problemas-prácticas-examen) y el itinerario ABP.

- **Itinerario TPPE.** Los alumnos no tienen clases magistrales y deben asistir a las clases de problemas (1 hora/semana) y a las sesiones de prácticas (cuatro sesiones de 2,5 horas). Se realiza una planificación semestral de los temas que se van a estudiar. Los estudiantes hacen los problemas, tienen tutorías para resolver dudas y realizan un examen a final de semestre.
- **Itinerario ABP.** Las dos horas de la antigua clase magistral se dedican a la tutoría de grupos de ABP. Se definen cuatro grupos de 30 estudiantes (cinco subgrupos de 6 estudiantes como máximo). Cada grupo se debe apuntar a uno de los

cuatro horarios: M1, M2, T1 o T2. M1 corresponde al horario de mañana de las semanas impares y M2, al horario de mañana de las semanas pares. T1 y T2 serían lo mismo para los horarios de tarde. Así, cada grupo de estudiantes tiene una sesión de tutoría con el profesor cada quince días. Esto da una capacidad de tutorización ABP de 120 estudiantes (4×30) de un total de 150. Los estudiantes de este itinerario asisten a clase de problemas, pero no a prácticas, y no hacen el examen, pues se evaluará su proyecto. En la sección 3 explicamos el funcionamiento de este itinerario.

Como puede verse, este doble itinerario no supone una mayor carga docente presencial para el profesor respecto de la anterior organización docente. Sí que significa, no obstante, un poco más de trabajo en cuanto a la tutoría y el seguimiento de los grupos ABP, que se ve compensado por el hecho de tener menos exámenes que corregir, pues los estudiantes de este itinerario no hacen examen. En la figura 2 se muestran los materiales y las actividades para ambos itinerarios en Caront.

Figura 2. Materiales y actividades en la plataforma LMS Caront para los dos itinerarios de la asignatura: TPPE (izquierda) y ABP (derecha).

3. Metodología

En este apartado se describe la metodología seguida por los estudiantes que forman parte del grupo con itinerario ABP. Los estudiantes que quieran cursar este itinerario tienen que formar grupos de 4 a 6 personas. Son los estudiantes quienes forman los grupos. Se apuntan a uno de los horarios (M1, M2, T1, T2), que corresponderá a una tutoría de profesor cada dos semanas.

En la primera sesión del grupo se ofrece a los estudiantes tres proyectos, entre los que deben escoger el que quieren realizar durante el semestre. El enunciado de cada proyecto tiene entre 4 y 8 líneas de texto. La propuesta es genérica, poco detallada e incluye los objetivos de aprendizaje que el profesor pretende que los estudiantes deduzcan y realicen para resolver el problema.

Una vez seleccionado el proyecto, también en la primera sesión, los estudiantes deben plantear y distribuir los objetivos y tareas entre los miembros del grupo. De cada reunión que el grupo haga (tutorizada o no por el profesor) se redactará un acta donde se recogerán las ideas, las discusiones y los acuerdos del grupo. Cada acta será entregada al profesor, lo que permitirá hacer un seguimiento del trabajo realizando y del funcionamiento del grupo.

En la última semana lectiva del semestre, se reúnen todos los grupos de los horarios de mañana en la sesión de mañana, y todos los grupos de tarde en la sesión de tarde, para defender el proyecto y entregar la documentación, que debe contener:

1. **Portfolio.** Memoria del proyecto donde se recogen los objetivos, la información consultada, el trabajo realizado y un pequeño manual de la aplicación desarrollada. Al principio del curso se proporciona un documento patrón con un posible índice.
2. **Presentación.** Documento que contiene las transparencias (máximo 12) para realizar la presentación. Al principio de curso se proporciona un patrón.
3. **Aplicación informática** que corresponde a la solución aportada por el grupo al proyecto. Se entregan todos los ficheros fuente y se hace una versión de demostración.

Esta documentación se debe entregar en formato electrónico mediante la plataforma LMS (Caront 2008); el portfolio se entregará, además, en formato papel. Los estudiantes hacen una presentación de unos 15 minutos por cada proyecto. Se ha creado una hoja de evaluación para el profesor en la que se valora la complejidad del proyecto planteado por el grupo, la capacidad de trabajo y la calidad de la documentación, de la presentación y de la aplicación informática. Como forma de evaluación entre compañeros, también se pide a los grupos asistentes que hagan un ranking de las mejores presentaciones de sus compañeros, sin valorarlas en puntos.

Se han planteado unos veinte proyectos, de los que a continuación mostramos dos. Se pueden encontrar otros enunciados en Martí *et al.* (2006).

3.1. Ejemplos de proyectos

En esta sección se presentan dos ejemplos de los proyectos propuestos. En cada ejemplo se incluye el enunciado del proyecto y los objetivos docentes pretendidos. Estos objetivos no se muestran a los estudiantes para no condicionar su trabajo. En la tutoría, el profesor debe dar plena iniciativa al grupo y sólo intervenir o acompañar cuando vea que los estudiantes se están desviando demasiado de los objetivos planteados en el proyecto (Moust y Schmidt, 1994).

Los proyectos propuestos por el profesor pretenden cubrir un 60% o 70% del temario de la asignatura. Estos proyectos incluyen juegos, movimiento de robots, simulaciones de aeropuertos, atracciones articuladas de feria, planetas del sistema solar y circuitos de carreras, entre otras propuestas. A continuación mostramos los proyectos de ajedrez y la simulación de un cruce urbano con semáforos y coches.

3.1.1. Proyecto 1. Ajedrez

1. Enunciado:

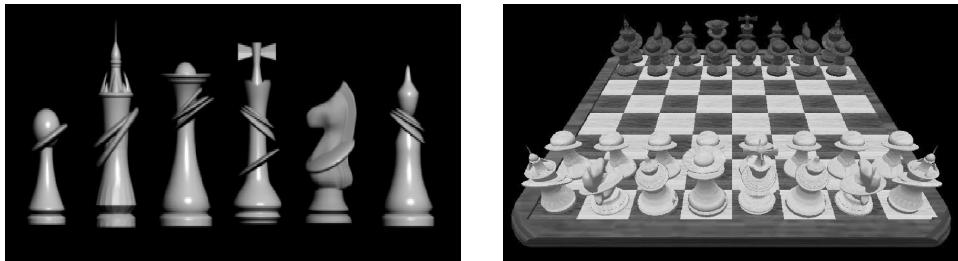
La Federación Catalana de Ajedrez os contrata para realizar una aplicación gráfica que permita una visualización lo más realista posible de una partida de ajedrez, de forma que pueda verse como una película: en secuencia continua o jugada a jugada hacia adelante o hacia atrás.

2. Objetivos de aprendizaje

- **Visualización 3D.** Definición del tablero y las coordenadas de cada casilla del tablero. Definición de diferentes perspectivas para ver la partida.
- **Modelado.** Modelización de las piezas y de la estructura de datos para representar una configuración de fichas del tablero.
- **Iluminación.** Iluminación de la escena y texturas (fichas, tablero).
- **Movimiento.** Desplazamientos de las piezas en el tablero. Resolver las colisiones en las trayectorias y la forma de eliminar las piezas.

En la figura 3 se muestra el trabajo de un grupo ABP del curso 2005-2006. Aparte de alcanzar los objetivos planteados, se hizo un diseño personalizado de las piezas. Para evitar las colisiones en el movimiento, se hunde la pieza del cuadro y se hace emerger en el otro cuadro.

Figura 3. Diseño de las piezas de ajedrez. Tablero de un grupo de estudiantes ABP para el proyecto 1



3.1.2. Proyecto 2. Cruce

1. Enunciado:

El Servicio de Tráfico de Barcelona os pide que desarrolléis una aplicación gráfica que permita simular un cruce de calles con semáforos, pudiendo configurar los tiempos de las luces de cada semáforo y la llegada de los coches al cruce. Desde el punto de vista gráfico, se pretende representar la escena de la forma más realista posible. El objetivo de esta herramienta gráfica es verificar que los tiempos de semáforos son correctos en relación con la frecuencia de llegada de los coches al cruce, para evitar que se produzcan atascos.

2. Objetivos de aprendizaje

- **Visualización 3D.** Definición del tipo de cámaras y de su posición.
- **Modelado.** Modelado de los coches y del cruce, valorando que sea configurable.
- **Iluminación.** Iluminación de la escena: luz ambiente, foco, cielo, etc.
- **Movimiento.** Definición de la trayectoria de los coches al llegar al cruce.
- **Conceptos adicionales.** Teoría de ques, frecuencias de llegada y servicio.

En la figura 4 se muestra un trabajo realizado por un grupo de ABP en el curso 2004-2005, que permite configurar el número de carriles de cada tramo del cruce. En la aplicación se definen diferentes niveles de detalle de la escena. Al final de la simulación se obtienen diversas estadísticas.

Figura 4. Imagen de la aplicación propuesta por los estudiantes del proyecto «cruce»



3.2. Esfuerzo docente

El esfuerzo docente en el itinerario TPPE se cuantifica en la tabla 1. Se considera un semestre de 13 semanas con una hora de estudio más por cada hora de teoría con profesor, una hora más por cada hora presencial de problemas, así como dos horas más por cada hora de prácticas con profesor, según la evaluación de la titulación de plan piloto de Ingeniería Informática. Se añaden 18 horas de estudio para el examen y 13 semanas lectivas. Todo eso nos da un total de 141 horas, es decir, de 5,6 ECTS.

En el itinerario ABP se aprovecha la capacidad de trabajo del grupo. El esfuerzo por cada estudiante se muestra en la tabla 2. Se calculan siete sesiones tuteladas de dos

Tabla 1. Esfuerzo en número de horas realizado por los estudiantes del itinerario TPPE

	Clase con profesor	Estudio del alumno	Examen	TOTAL
Teoría		$4h \times 13 = 52h$	14h	66h
Problemas	$1h \times 13 = 13h$	$1h \times 13 = 13h$	8h	34h
Prácticas	$2,5h \times 4 = 10h$	$5h \times 4 = 20h$		30h
Total:				130h (5,2 ECTS)

Tabla 2. Esfuerzo en número de horas realizado por los estudiantes del itinerario ABP

	Clase con profesor	Estudio del alumno	Documento	TOTAL
Teoría	$2h \times 7 = 14h$	$4h \times 13 = 52h$	$1h \times 13 = 13h$	66h
Problemas	$1h \times 13 = 13h$	$1h \times 13 = 13h$		26h
Prácticas	$2,5h \times 1 = 2,5h$			10h
Total:				102h (4,08 ECTS)

horas cada una con profesor en todo el semestre, más tres horas semanales de trabajo de búsqueda de información, programación, etc. La asistencia a problemas es similar. Al no tener examen, no se incluyen las horas de estudio y se añade tiempo para preparar la documentación.

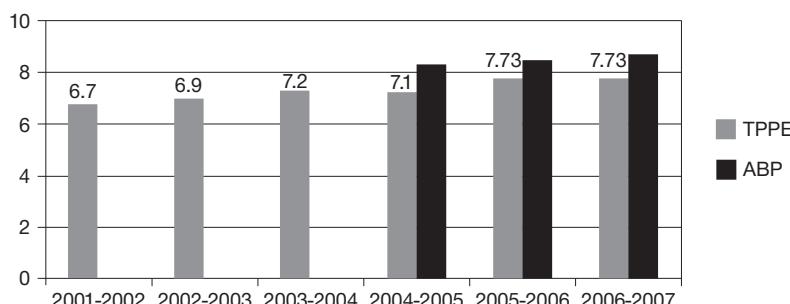
El número de horas en el itinerario ABP es menor, pero creemos que es un tiempo de más calidad, pues implica un mayor esfuerzo por parte del estudiante. Una de las ventajas adicionales en el ABP es que el trabajo se realiza a lo largo del semestre lectivo y sin examen final.

4. Resultados

En los últimos años se han realizado encuestas anónimas de valoración a los estudiantes de la asignatura, que debían valorar de 1 a 10 puntos tres apartados de la asignatura: tutorización del profesor, metodología y valoración global. Las primeras se realizaron minutos antes de empezar el examen, lo que nos daba un gran número de muestras. Desde el curso 2005-2006 se han realizado a través de la plataforma Caront [Car], y los estudiantes contestaban libremente y de forma anónima después del semestre lectivo. Los resultados se muestran en el gráfico 1.

En los cursos 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007, a los estudiantes del itinerario TPPE se les hizo la misma encuesta de años anteriores, mientras que a los estudiantes de ABP se les hizo una encuesta diferente, con algunas preguntas comunes.

Gráfico 1. Resultados de las encuestas de valoración de la asignatura (medias sobre 10)



Se puede observar que los estudiantes del itinerario ABP valoran positivamente la experiencia con notas superiores al 7,5 sobre 10. En los tres años de la experiencia, ha mejorado asimismo la valoración de los estudiantes del itinerario TPPE.

Por otra parte, se constata un significativo descenso de las muestras en el curso 2006-2007, que coincide con el paso de la asignatura del tercer al cuarto curso, lo que ha supuesto un descenso coyuntural de 100 estudiantes (los estudiantes de cuarto ya habían cursado la asignatura el año pasado) y la eliminación del grupo de tarde.

5. Conclusiones

De la propuesta de doble itinerario incorporando metodología ABP en la asignatura de Gráficos por Computador 2 se extraen las siguientes conclusiones:

1. La oferta de dos itinerarios ha evitado el previsible desbordamiento en la dedicación del profesorado, si todos los estudiantes hubieran cursado el itinerario ABP. De los 150 estudiantes, entre un 50% y un 75% han optado por el itinerario ABP, y el resto, por el TPPE. Valoramos la oferta de dos itinerarios como positiva, pues ha potenciado la iniciativa de los estudiantes en el itinerario ABP.
2. La ausencia de clases de teoría no ha sido excesivamente criticada, dado que toda la documentación se encuentra en la plataforma LMS Caront y que la disponibilidad de los profesores en horarios de consulta ha sido suficiente y correcta.
3. Pocos grupos ABP se han disuelto, y los que lo han hecho ha sido por falta de tiempo y compromiso de los miembros. Éstos se han incorporado al itinerario TPPE sin incidencias.
4. Los alumnos de ABP han percibido la figura del profesor de manera positiva. Creemos que esta dinámica de clase es más gratificante para el docente y proporciona mayor contacto con el alumnado que la clase magistral.
5. Hemos observado que el sistema de evaluación actual califica los conocimientos, pero no evalúa las competencias que se trabajan en ABP. Así, habría que incluir

en el expediente del estudiante una valoración explícita de las competencias trabajadas, dado que el EEES las quiere potenciar.

Por supuesto, creemos que esta experiencia no es extrapolable a todas las asignaturas, cursos ni titulaciones. El docente debe conocer metodologías y experiencias, y es su tarea y responsabilidad valorar cuáles de ellas son más adecuadas para su asignatura y cómo realizar la pertinente adaptación. No existe una metodología única ni óptima para todo el mundo. En nuestra asignatura, el ABP está resultando positivo, tanto para el profesorado como para los alumnos. La experiencia, mejorable en el futuro, constituye, en última instancia, nuestra modesta contribución en la mejora de la docencia universitaria.

Referencias

- BRANDA, L.A. (2004). «El aprendizaje basado en problemas en la formación en Ciencias de la Salud». En: *El aprendizaje basado en problemas: una herramienta para toda la vida*. Madrid: Agencia Laín.
- FOLEY, J.D.; VAN DAM, A.; FEINER, S.K.; HUGHES, J.F. y PHILLIPS R. (1993). *Introduction to Computer Graphics*. Addison-Wesley.
- MARTÍ, E.; GIL, D. y JULIÀ, C. (2006). «A PBL experience in the teaching Computer Graphics», en *Computer Graphics Forum*, 25(1):95-103.
- MOUST, J.H.C. y SCHMIDT, H. (1994). «Effects of staff and student tutors in student achievement», en *Higher Education*, 28:471-482.

Accesos de interés

- Web de la innovación: <http://caronte.uab.cat> [2008]
- <http://interact.bton.ac.uk/pbl/index.php>: índice de universidades, centros y asignaturas que trabajan en ABP [2008]
- <http://dcc.uab.es/teach/a25011/c25011.htm>: página web de la asignatura Gráficos por Computador 2 [2008]
- <http://www.vidar.dk/vidar/vidpubre.nsf/>: máster en ABP aplicado a Ingenierías impartido en la Universidad de Aalborg (Dinamarca) [2008]

Palabras clave

Aprendizaje basado en proyectos (ABP), aprendizaje cooperativo, plataformas LMS, Moodle.

Financiación

Este proyecto está financiado por el programa de Mejora de la Calidad Docente de las Universidades Catalanas (MQD) de la AGAUR para el año 2005 (número identificador 2005MDQ 00246).

Materiales complementarios del CD-ROM

Demostración de la web *CARONT*: recorrido virtual por la docencia TPPE (teoría, problemas, prácticas, examen) y ABP (aprendizaje basado en proyectos) en la asignatura Gráficos por Computador 2.

Responsable del proyecto

Enric Martí Gòdia

Departamento de Ciencias de la Computación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universitat Autònoma de Barcelona

enric.marti@uab.cat

Presentación del responsable del proyecto

Profesor titular de la UAB desde 1992, con 22 años de experiencia como docente. Sus áreas de interés son la visualización gráfica e interactiva, la animación por computador y la realidad virtual y mixta, aplicadas a la investigación y a la docencia. Coordinador de tres cursos de libre elección: Curso de modelado y animación en Blender, Curso básico y avanzado de videojuegos e Informática y cine, actividad de cine foro sobre temas sociales y éticos en informática. Responsable de dos proyectos de innovación docente (MQD2005 y UAB). En los últimos tres años ha publicado diez trabajos en congresos nacionales e internacionales y uno en una revista internacional de impacto.

Miembros que forman parte del proyecto

Dèbora Gil

Departamento de Ciencias de la Computación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universitat Autònoma de Barcelona

debora.gil@cvc.uab.cat

Carme Julià

Departamento de Ciencias de la Computación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universitat Autònoma de Barcelona

carme.julia@cvc.uab.cat