

# Experiència d'aplicació de la metodologia d'aprenentatge per projectes en assignatures d'Enginyeria Informàtica per a una millor adaptació als crèdits ECTS i a l'EEES

Enric Martí

Dèbora Gil i Carme Julià

Departament de Ciències de la Computació

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

Universitat Autònoma de Barcelona

## Resum

En aquest article es presenta una experiència realitzada els cursos 2005-2006, 2006-2007 i 2007-2008 en aprenentatge basat en projectes (ABP) —en anglès, *Project Based Learning* (PBL)— com un dels itineraris per cursar Gràfics per Computador 2, assignatura optativa de tercer curs d'Enginyeria Informàtica, titulació impartida a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).

Per a la gestió de la documentació que genera una assignatura es fa servir una plataforma de sistema de gestió de l'aprenentatge (LMS, de l'anglès *Learning Management System*) basada en Moodle que hem utilitzat en ABP i que ha permès una gestió més àgil dels indicadors i les enquestes per avaluar els estudiants.

## Àmbit general d'interès de la innovació

Es tracta d'una experiència d'adaptació de l'ABP a una assignatura que pot donar pautes a professors per aplicar aquesta metodologia en la seva assignatura, tinguin o no grups grans. També es presenta una plataforma LMS basada en Moodle que facilita la gestió de documents (enquestes, lliuraments de treballs, materials docents, publicació de notes) i que facilita la generació d'indicadors d'avaluació sense que el tractament d'aquesta informació suposi molt de sobre esforç. La plataforma s'ofereix als docents de la UAB que la vulguin provar, tant si fan ABP o com si no.

## 1. Objectius

1. La recerca de noves metodologies docents en l'àmbit de l'educació superior és un tema recent de debat en la universitat. Els canvis experimentats en la societat de

la informació han condicionat l'alumnat que accedeix a les universitats, de forma que creiem que el perfil dels estudiants no és ni millor ni pitjor que fa uns anys, sinó diferent. La societat demanda professionals amb coneixements però també amb competències i habilitats. Això motiva un debat obert en les universitats en la cerca de noves metodologies per a transmetre i motivar l'aprenentatge en els estudiants, amb l'objectiu de formar professionals adaptats a aquesta nova societat. Una de les metodologies que ha aparegut fa uns anys en l'àmbit universitari és la de l'aprenentatge basat en projectes.

2. L'ABP és una estratègia d'aprenentatge cooperatiu que se centra en la figura de l'estudiant com a individu membre d'un grup i entén l'aprenentatge com un procés de comunicació. En l'ABP el projecte dirigeix tot el procés i és el vehicle que permet adquirir les habilitats necessàries per a l'aprenentatge. Els estudiants són responsables del seu propi progrés i els professors n'assessoren el treball.
3. La metodologia ABP potencia en l'estudiant les següents competències professionals: treball en equip, responsabilitats assumides pel grup, pensament crític, iniciativa i recerca d'informació, organització i manipulació d'informació estructurada, comunicació oral i escrita, entre d'altres.
4. Hi ha diferents raons que justifiquen l'adopció de la metodologia ABP (Font 2004):
  - a) **Raons pràctiques:** en ABP es potencia el treball en equip, fomentant la iniciativa de l'estudiant i la cerca d'informació. L'ABP fomenta l'aprenentatge de coneixements mitjançant la comprensió, no la memorització.
  - b) **Raons pedagògiques:** augmenta la motivació dels estudiants per la recerca, cosa que potencia que l'alumne utilitzi tots els recursos al seu abast.
  - c) **Aprenentatge centrat en l'estudiant:** l'estudiant és un agent actiu en el seu aprenentatge i en la resolució del projecte. Ha d'aprendre a manipular informació no estructurada. També es dona oportunitat a la innovació.
  - d) **Valor conceptual:** amb l'ABP es facilita la interdisciplinarietat.
  - e) **Avaluació formativa i no punitiva:** l'estudiant ha d'aprendre dels seus errors.

Aquesta avaluació la fa el professor, els companys o un mateix.

Tenint en compte això, els objectius del projecte són:

1. Estudiar la metodologia ABP per a adaptar-la en assignatures d'Enginyeria Informàtica per comprovar si aquesta metodologia millora del rendiment en els estudiants pel que fa a coneixements i competències, segons directrius de l'EEES.
2. Fer aquesta adaptació a cost mínim (que no zero), de forma que no signifiqui un gran sobreesforç per al professor ni per a l'estudiant.
3. Definició i implementació d'una plataforma LMS per a la gestió dels documents en format electrònic (treballs, enquestes, materials docents, etc.).

A continuació es presenta aquí l'experiència concreta de l'assignatura Gràfics per Computador 2.

## 2. Descripció del treball

### 2.1. Punt de partida

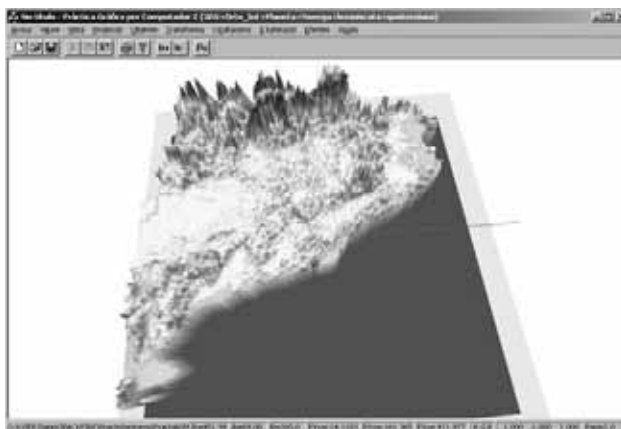
Gràfics per Computador 2 és una assignatura optativa de tercer curs de la titulació d'Enginyeria Informàtica que s'imparteix a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Barcelona. Es tracta d'una assignatura organitzada en 30 hores de teoria, 15 hores de problemes i 15 de pràctiques. Hi ha dos grups de teoria i problemes (matí i tarda) i 6 grups de pràctiques per a un total de 150 estudiants.

Els estudiants han cursat Gràfics per Computador 1 on han adquirit conceptes bàsics de la matèria. L'assignatura aprofundeix en temes de modelat d'objectes en 3D, tècniques de realisme i animació per computador (Foley et al. 1993).

L'assignatura s'organitza en la part de teoria com a classes magistrals (2h/setmana). La part de problemes (1h/setmana) s'explica i treballa amb llibreria gràfica OpenGL (*Open Graphics Library*), molt utilitzada en el món de la visualització gràfica i videojocs. Es proposen exercicis de construcció d'objectes a partir de gràfiques primitives, exercicis d'il·luminació, textures, etc. També es fa modelització de moviment d'objectes rígids i objectes articulats, dins de la part d'animació per computador.

La part de pràctiques s'estructura en 4 sessions de laboratori de 2,5 hores cadascuna. Es proporciona un entorn de programació gràfica (vegeu la figura 1) amb mínimes funcionalitats a partir del qual els estudiants inclouen els seus treballs pràctics de forma progressiva, entregant al final una única aplicació amb tota la feina feta.

Figura 1. Entorn de programació gràfica amb una pràctica de visualització topogràfica



En la plataforma LMS (Caront, 2008) i en la pàgina web (GC2, 2008) es proporciona tota la documentació: transparències de teoria, documentació sobre OpenGL, enunciats de les pràctiques, l'entorn de programació gràfica, programes de demostracions i exàmens corregits.

De l'experiència en impartir l'assignatura i de les enquestes realitzades als alumnes, se'n deriven les següents conclusions:

1. **L'assistència a classes de teoria disminueix durant el semestre.** Es creu que el fet de proporcionar tot el material docent fa decreixer l'assistència. No obstant això, aquesta situació fa que els estudiants que vénen a classe ho facin motivats.
2. **L'assistència a classe de problemes no decreix tant.** Els estudiants consideren útil i positiu el plantejament, la realització, la resolució de problemes i l'ajuda al treball de pràctiques en classe, cosa que fomenta l'assistència.
3. Cada curs acadèmic, notem que aproximadament **un 25 % dels grups de pràctiques mostren un interès significatiu per l'assignatura** i realitzen més treball del que se'ls demana. Aquestes aportacions enriqueixen l'assignatura per als següents cursos.
4. Es perceben **diferents perfils d'estudiants**: els que volen estrictament *aprovar* l'assignatura ja que treballen o no volen dedicar-li temps, i els que volen *aprendre* i mostren un alt interès per l'assignatura ja que estan més motivats.
5. Es tracta d'una assignatura optativa amb molts estudiants (uns 150), que pot ser cursada a tercer, quart o cinquè curs i, per tant, els **coneixements i la maduresa de l'alumnat són diferents**.

## 2.2. Proposta d'itineraris

Per compaginar ambdós perfils, es defineixen en l'assignatura dos itineraris: el TPPE (teoria-problemes-pràctiques-examen) i l'ABP.

- **Itinerari TPPE:** els alumnes no tenen classes magistrals i han d'assistir a les classes de problemes (1h/setmana) i a les sessions de pràctiques (4 sessions de 2,5h). Es fa una planificació semestral dels temes que han d'estudiar, fan els problemes, tenen tutories per a resoldre dubtes i realitzen un examen a final de semestre.
- **Itinerari ABP:** es dediquen les 2 hores de l'antiga classe magistral a tutoritzar grups d'ABP. Es defineixen 4 grups de 30 estudiants (5 subgrups de 6 estudiants màxim). Cada grup s'ha d'apuntar a un dels 4 horaris (M1, M2, T1, T2) on M1 correspon a l'horari de matí de les setmanes senars i el grup M2 al grup de matí de les setmanes parells. T1 i T2 serien el mateix per als horaris de tarda. Així, cada grup d'estudiants té una sessió de tutorització amb el professor cada 15 dies. Això dona una capacitat de tutorització ABP de 120 estudiants (4 x 30) d'un total de 150. Els estudiants d'aquest itinerari assisteixen a classe de problemes, però no a pràctiques i no fan l'examen, atès que se n'avaluarà el projecte. En la secció 3 expliquem el funcionament d'aquest itinerari.

Com es pot veure, aquest doble itinerari no representa una major càrrega docent presencial del professor respecte l'anterior organització docent. Sí que significa una mica més de treball en la tutorització i el seguiment dels grups d'ABP, compensat amb el fet que hi ha menys exàmens per corregir, ja que els estudiants de l'itinerari ABP no fan l'examen. En la figura 2 es mostren els materials i les activitats per a ambdós itineraris en Caront.

Figura 2. Materials i activitats en la plataforma LMS Caront per als dos itineraris de l'assignatura: TPPE (esquerra) i ABP (dreta)



### 3. Metodologia

En aquest apartat es descriu la metodologia seguida pels estudiants que formen part del grup amb itinerari ABP. Els estudiants que vulguin cursar aquest itinerari ABP han de formar grups de 4 a 6 persones. Són els estudiants els que formen els grups. S'apunten a un dels horaris (M1, M2, T1, T2) que correspondrà a una tutorització de professor cada dues setmanes.

En la primera sessió del grup se'ls ofereix 3 projectes, dels que han d'escollir el que voldran fer durant el semestre. L'enunciat de cada projecte té de 4 a 8 línies de text. La proposta és genèrica, poc detallada i porta darrere uns objectius d'aprenentatge que el professor pretén que els estudiants dedueixin i realitzin per resoldre el problema.

Un cop triat el projecte, també en la primera sessió, els estudiants han de plantejar i distribuir els objectius i les tasques entre els membres del grup. De cada reunió que el grup faci (tutoritzada o no pel professor) es farà una acta on es recolliran les idees, les discussions i els acords del grup. Cada acta serà entregada al professor, cosa que permetrà fer un seguiment del treball realitzat i del seu funcionament com a grup.

En la darrera setmana lectiva del semestre es reuneixen tots els grups dels horaris de matí a la sessió de matí i el mateix per a la sessió de tarda, per tal de fer la defensa del projecte i l'entrega de la documentació, que ha de contenir:

1. **Portfoli.** Memòria del projecte on es recullen els objectius, la informació consultada, el treball realitzat i un petit manual de l'aplicació desenvolupada. A principi de curs es proporciona un document patró amb un possible índex.
2. **Presentació.** Document que conté les transparències (12 com a màxim) per fer la presentació. A principi de curs se'n proporciona un patró.
3. **Aplicació informàtica.** Correspon a la solució aportada pel grup al projecte. S'entreguen tots els fitxers font i es fa una versió de demostració.

Tota aquesta documentació s'ha de lliurar en format electrònic mitjançant la plataforma LMS (Caront 2008) i el portfoli es lliurarà, a més, en format paper. Els estudiants fan una presentació d'uns 15 minuts per a cada projecte. S'ha definit un full d'avaluació per al professor on es valora la complexitat del projecte plantejat pel grup, la capacitat de treball i la qualitat de la documentació, de la presentació i de l'aplicació informàtica. Com a forma d'avaluació entre companys, també es demana als grups assistents que estableixin una jerarquització de les millors presentacions dels seus companys, sense cap valoració en punts.

Hi ha plantejats uns 20 projectes, dels quals en mostrem dos a continuació. Es poden trobar altres enunciats a Martí et al., 2006.

### 3.1. Exemples de projectes

En aquesta secció es mostren dos exemples de projectes proposats. En cada exemple s'inclou l'enunciat del projecte i els objectius docents pretesos. Aquests objectius no es mostren als estudiants per no condicionar-ne el treball. En la tutorització el professor ha de donar plena iniciativa al grup i només intervenir o reconduir quan vegi que els estudiants s'estan desviant molt dels objectius plantejats en el projecte (Moust i Schmidt, 1994).

Els projectes proposats pel professor pretenen cobrir un 60 % o un 70 % del temari de l'assignatura. Hi ha uns 20 projectes, que van des de jocs, moviment de robots, simulacions d'aeroports, atraccions articulades de fira i planetes del sistema solar fins a circuits de carreres A continuació, mostrem els projectes d'escacs i la simulació d'un creuament urbà amb semàfors i cotxes.

#### 3.1.1. Projecte 1. Escacs

##### 1. Enunciat:

*La Federació Catalana d'Escacs us contracta per realitzar una aplicació gràfica que permeti la visualització el més realista possible d'una partida d'escacs, de forma que es pugui visualitzar una partida com una pel·lícula: en seqüència contínua o jugada a jugada cap endavant o cap endarrere.*

##### 2. Objectius d'aprenentatge:

- **Visualització en 3D:** definició del tauler i les coordenades de cada casella del tauler. Definició de diferents punts de vista per veure la partida.
- **Modelat:** modelització de les peces i de l'estructura de dades per representar una configuració de fitxes del tauler.

- **Il·luminació:** il·luminació de l'escena i textures (fitxes, tauler).
- **Moviment:** desplaçaments de les peces en el tauler, resoldre col·lisions a les trajectòries. Com eliminar peces.

Figura 3. Disseny de les peces d'escacs. Tauler d'un grup d'estudiants ABP per al projecte 1



En la figura 3 es mostra el treball d'un grup ABP del curs 2005-2006. A part d'assolir els objectius plantejats, es va fer un disseny personalitzat de les peces. Per evitar les col·lisions en el moviment, s'enfonsa la peça del quadre i es fa emergir en l'altre quadre.

### 3.1.2. Projecte 2. Creuament

#### 1. Enunciat:

*El Servei de Trànsit de Barcelona us demana desenvolupar una aplicació gràfica que permeti simular un creuament de carrers amb semàfors, podent configurar els temps dels llums de cada semàfor i l'arribada dels cotxes en el creuament. Es pretén representar l'escena de la forma més realista possible pel que fa als gràfics. L'objectiu d'aquesta eina gràfica és verificar que els temps de semàfors siguin correctes respecte de la freqüència d'arribada dels cotxes al creuament, de forma que no hi hagi embussos.*

#### 2. Objectius d'aprenentatge:

- **Visualització en 3D:** definició de tipus de càmeres i la seva posició.
- **Modelat:** modelat dels cotxes i del creuament, valorant que sigui configurable.
- **Il·luminació:** il·luminació de l'escena, llum ambient, focus, cel.
- **Moviment:** definició de la trajectòria dels cotxes a l'arribar al creuament.
- **Conceptes addicionals:** teoria de ques, freqüències d'arribada i servei.

En la figura 4 es mostra un treball realitzat per un grup d'ABP en el curs 2004-2005, que permet configurar el nombre de carrils de cada tram del creuament. En l'aplicació es defineixen diferents nivells de detall de l'escena. Al final de la simulació s'obtenen estadístiques de la simulació.

Figura 4. Imatge de l'aplicació proposada pels estudiants del projecte «Creuament»



### 3.2. Esforç docent

Per a l'itinerari TPPE, l'esforç docent es quantifica a la taula 1. Es considera un semestre de 13 setmanes amb una hora d'estudi més per a cada hora de teoria amb professor, una hora més per a cada hora de problemes presencial, així com dues hores més per a cada hora de pràctiques amb professor, segons l'avaluació de la titulació de pla pilot d'Enginyeria Informàtica. S'afegeixen 18 hores d'estudi per a l'examen i 13 setmanes lectives. Tot això ens dona un total de 141 hores, és a dir, 5,6 crèdits ECTS.

Per a l'itinerari ABP s'aprofita la capacitat de treball del grup. L'esforç per a cada estudiant es mostra en la taula 2. Es calculen 7 sessions tutelades de dues hores cadascuna amb professor en tot el semestre més 3 hores setmanals de treball de cerca d'informació, programació, etc. L'assistència a problemes és la mateixa. Com que no hi ha examen, no s'inclouen les hores d'estudi i s'afegeix temps per preparar documentació.

Es pot veure que l'esforç en hores en l'itinerari ABP és menor, però creiem que és temps de més qualitat i esforç per part de l'estudiant. Un dels avantatges addicionals en ABP és que el treball es realitza durant el semestre lectiu i sense examen final.

## 4. Resultats

En els darrers anys s'han realitzat, de forma anònima, enquestes de valoració als estudiants de l'assignatura, amb una valoració d'1 a 10 punts en referència a tres apartats de l'assignatura: tutorització del professor, metodologia i valoració global. Les prime-



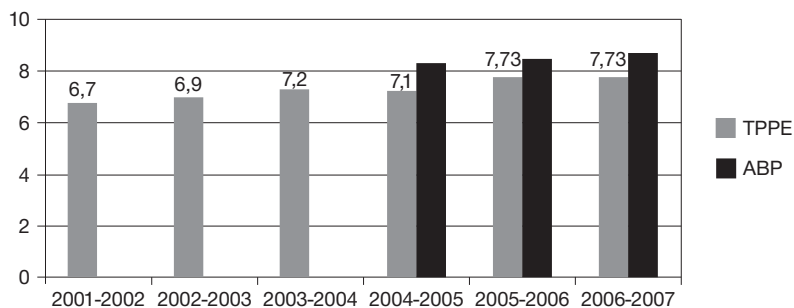
Taula 1. Esforç docent realitzat pels estudiants de l'itinerari TPPE

	Classe amb professor	Estudi de l'alumne	Examen	TOTAL
<b>Teoria</b>		4h x 13 = 52h	14h	66h
<b>Problemes</b>	1h x 13 = 13h	1h x 13 = 13h	8h	34h
<b>Pràctiques</b>	2,5h x 4 = 10h	5h x 4 = 20h		30h
			<b>Total:</b>	<b>130h (5,2 ECTS)</b>

Taula 2. Esforç docent realitzat pels estudiants de l'itinerari ABP

	Classe amb professor	Estudi de l'alumne	Document	TOTAL
<b>Teoria</b>	2h x 7 = 14h	4h x 13 = 52h	1h x 13 = 13h	66h
<b>Problemes</b>	1h x 13 = 13h	1h x 13 = 13h		26h
<b>Pràctiques</b>	2,5h x 1 = 2,5h			10h
			<b>Total:</b>	<b>102h (4,08 ECTS)</b>

Gràfic 1. Resultats d'enquestes de valoració de la assignatura (promitjos sobre 10)



res es van realitzar minuts abans de començar l'examen, cosa que ens donava un gran nombre de mostres. Des del curs 2005-206 s'han realitzat amb la plataforma Caront [Car] i els estudiants contestaven lliurement i de forma anònima després del semestre lectiu. Els resultats es mostren al gràfic 1.

Els cursos 2004-2005, 2005-2006 i 2006-2007 es va fer la mateixa enquesta d'anys anteriors als estudiants de l'itinerari TPPE, mentre que als estudiants d'ABP se'ls va fer una enquesta diferent amb algunes preguntes comunes.

Es pot veure que els estudiants ABP valoren positivament l'experiència amb notes superiors a 7,5 sobre 10. En els tres anys de la experiència, també es millora la valora-

ció dels estudiants de l'itinerari TPPE. Es pot veure un descens significatiu de les mostres en el curs 2006-2007, atès que l'assignatura va passar de tercer curs a quart curs i això ha significat un descens conjuntural de 100 estudiants (els estudiants de quart ja havien cursat l'assignatura l'any passat) i l'eliminació del grup de tarda.

## 5. Conclusions

De la proposta de doble itinerari incorporant metodologia docent ABP en l'assignatura Gràfics por Computador 2 s'extreuen les següents conclusions:

1. L'oferta de dos itineraris ha evitat el desbordament en la dedicació del professorat que hagués estat previsible si tots els estudiants haguessin cursat l'itinerari ABP. Dels 150 estudiants, entre un 50% i un 75% han adoptat l'itinerari ABP i la resta el TPPE. Valorem l'oferta de dos itineraris com a positiva, ja que ha potenciat la iniciativa dels estudiants per a l'itinerari ABP.
2. L'absència de classes de teoria no ha estat excessivament criticada, atès que tota la documentació es troba en la plataforma LMS Caront i que la disponibilitat dels professors en horaris de consulta ha estat suficient i correcta.
3. S'han dissolt pocs grups ABP, i els que ho han fet ha estat per manca de temps i de compromís dels membres. Els alumnes dels grups dissolts s'han incorporat a l'itinerari TPPE sense incidències.
4. Els alumnes d'ABP han percebut la figura del professor de manera positiva. Creiem que aquesta dinàmica de classe es més gratificant per al docent i de més contacte amb l'alumnat que la classe magistral.
5. Hem notat que el sistema d'avaluació actual de notes qualifica els coneixements, però no representa una avaluació de les competències que es treballen en ABP. Caldria posar en l'expedient de l'estudiant una valoració explícita de les competències treballades, ja que l'EEES les vol potenciar.

Per suposat, creiem que aquesta experiència no és extrapolable a totes les assignatures, tots els cursos, ni totes les titulacions. El docent ha de conèixer metodologies i experiències diferents i essent la seva tasca i la seva responsabilitat ha de ser valorar quines d'aquestes són més adients per a la seva assignatura i com fer-ne l'adaptació. No hi ha una metodologia única ni òptima per a tothom. En la nostra assignatura, l'ABP està resultant positiu, tant per al professorat com per als alumnes. Aquesta experiència, millorable en el futur, constitueix la nostra modesta contribució en la millora de la docència universitària.

## Referències

- BRANDA, L.A. (2004). «El aprendizaje basado en problemas en la formación en Ciencias de la Salud», a *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. i PHILLIPS R. (1993). *Introduction to Computer Graphics*. Addison-Wesley.

MARTÍ, E.; GIL, D. i JULIÀ, C. (2006). «A PBL experience in the teaching Computer Graphics», a *Computer Graphics Forum*, 25(1):95-103.

MOUST, J.H.C. i SCHMIDT, H. (1994). «Effects of staff and student tutors in student achievement», a *Higher Education*, 28:471-482.

#### Accessos d'interès

- Web de la innovació: <http://caronte.uab.cat> [2008]
- <http://interact.bton.ac.uk/pbl/index.php>: índex d'universitats, centres i assignatures que treballen en ABP, [2008]
- <http://dcc.uab.es/teach/a25011/c25011.htm>: pàgina web de l'assignatura Gràfics per Computador 2, [2008]
- <http://www.vidar.dk/vidar/vidpubre.nsf/>: màster en ABP aplicat a enginyeries impartit a la Universitat d'Aalborg (Dinamarca), [2008]

#### Paraules clau

Aprenentatge basat en projectes, aprenentatge cooperatiu, plataformes LMS, Moodle.

#### Finançament

Aquest projecte està finançat pel programa de l'AGAUR de Millora de la Qualitat Docent de les Universitats Catalanes (MQD) per a l'any 2005 (número identificador 2005MDQ 00246).

#### Materials complementaris del CD-ROM

Demostració de la web *CARONT*: recorregut virtual per la docència TPPE (teoria, problemes, pràctiques, examen) i ABP (aprenentatge basat en projectes) a l'assignatura Gràfics per Computador 2.

#### Responsable del projecte

Enric Martí Gòdia  
Departament de Ciències de la Computació  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria  
Universitat Autònoma de Barcelona  
[enric.marti@uab.cat](mailto:enric.marti@uab.cat)

#### Presentació del responsable del projecte

Enric Martí és professor TU per la UAB des de 1992, amb 22 anys d'experiència com a docent. Les àrees d'interès són la visualització gràfica i interactiva, l'animació per computador i la realitat virtual i mixta, aplicades a la recerca i a la docència. Coordinador de tres cursos de lliure elecció: Curs de Modelat i Animació en Blender, Curs

Bàsic i Avançat de Videojocs, i Informàtica i Cinema, activitat de cine fòrum sobre temes socials i ètics en informàtica. Responsable de dos projectes d'innovació docent (MQD2005 i UAB) i ha publicat en els darrers tres anys deu publicacions docents en congressos nacionals i internacionals i una publicació en una revista internacional d'impacte.

**Membres que formen part del projecte**

Dèbora Gil

Departament de Ciències de la Computació

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

Universitat Autònoma de Barcelona

debora.gil@cvc.uab.cat

Carme Julià

Departament de Ciències de la Computació

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

Universitat Autònoma de Barcelona

carme.julia@cvc.uab.cat