

Usos docents del Projecte ACME i experiències dutes a terme

J. Poch Garcia; E. Barrabés Vera; A. Calsina Ballesta; D. Juher Barrot; F. Prados Carrasco; J. Ripoll Missé; J. Soler Villanueva
Dpt. d'Informàtica i Matemàtica Aplicada. Escola Politècnica Superior.
Universitat de Girona.
Campus de Montilivi
17071 Girona
Tel. 972 418413 Fax 972 418792
E-mail jordi.poch@ima.udg.es

Resum

El Projecte ACME és un software educatiu desenvolupat amb l'objectiu d'implementar de manera real un sistema d'avaluació continuada i un sistema d'ajuda a la resolució de problemes que serveixi per estimular els alumnes. Inicialment es va centrar en problemes de Matemàtiques, i posteriorment s'ha estès a matèries com Química i Programació. En general, es pot utilitzar en qualsevol activitat que tingui per objectiu que l'alumne s'exerciti en la resolució de problemes, o com a complement i eina de suport a les classes de problemes. També es pot fer servir com a eina de caire propedèutic subministrant a l'alumne una col·lecció d'exercicis ajustada a les seves necessitats. S'han dut a terme algunes experiències, principalment d'avaluació continuada, que han mostrat una gran eficàcia en resultar altament motivadores per a l'alumne i donar com a resultat una millora en el rendiment acadèmic.

Paraules Clau: Avaluació continuada, Autoaprenentatge, Software educatiu, Resolució de problemes.

Objectius

El projecte d'Avaluació Continuada i Millora de l'Ensenyament (ACME) va néixer amb la finalitat de millorar la docència de les matemàtiques dels estudis d'Enginyeria Industrial i Enginyeria Tècnica de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, cercant una major implicació i participació dels alumnes en aquesta matèria i fent ús de programes de càlcul simbòlic i d'internet com a via de comunicació. Els objectius generals que es persegueixen són:

- Implementar de manera real un sistema eficient d'avaluació continuada.
- Implementar un sistema que estimuli l'alumne en la resolució de problemes i aconseguir que aquest sigui més participatiu.

Amb aquesta idea s'ha desenvolupat una eina informàtica que ens permet, via internet:

- Implementar un sistema d'avaluació continuada.
- Oferir a l'alumne un sistema d'ajuda en la resolució de problemes.
- Fer el seguiment dels alumnes que fan ús del sistema.

En aquest treball es volen mostrar alguns dels possibles usos docents del Projecte ACME i exposar algunes de les experiències que s'han dut a terme.

Descripció del Treball

Breu descripció de l'eina informàtica

El projecte ACME actualment consta de diferents mòduls a partir dels quals es configuren el que hem anomenat Sistema d'Avaluació Continuada (SAC) i Sistema d'Ajuda a la Resolució de Problemes (SARP). A continuació presentem de manera resumida una descripció dels principals mòduls que conformen l'ACME, per a una descripció detallada vegis [1][2][3].

- **Quadern de problemes.** És un sistema d'emmagatzematge i classificació de problemes. Disposa de sistemes de cerca i selecció dels problemes per incorporar-los a una assignatura. Cada problema consta de diversos enunciats alternatius, un conjunt de paràmetres, un codi de resolució i la informació necessària per a la seva classificació (matèria, descripció, paraules clau, nivell de dificultat, ...) (Figura1).
- **Generador de dossiers personalitzats.** El dossier de problemes és un conjunt de problemes classificats per temes. Seleccionat un conjunt de problemes del quadern el generador de dossiers personalitzats construeix els problemes que s'aniran incorporant al dossier de l'alumne. Per sorteig escull un dels enunciats i un conjunt de valors dels paràmetres per construir l'enunciat del problema que passarà a formar part del dossier de l'alumne (Figura1).

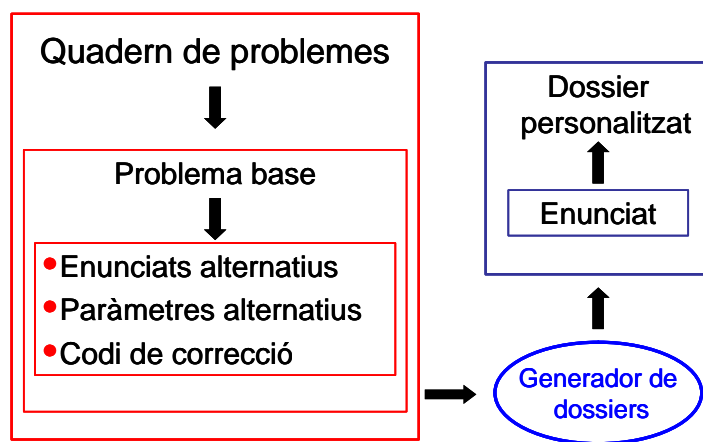


Figura 1: Quadern de problemes i Generador de dossiers.

- **Mòdul de correcció automàtica.** Aquest mòdul recull la solució enviada a un problema concret i el codi de correcció, i fent us del software pertinent verifica si la solució és o no correcta. Depenent del tipus de problema o assignatura el software necessari per a la correcció pot variar. Les respostes es classifiquen en *correctes* i es dona el problema per resolt, *sintàcticament incorrectes*, si no es poden interpretar, o *incorrectes*, si són sintàcticament correctes però no són solució del problema. Cal remarcar que el sistema corregeix expressions simbòliques que involucren variables i paràmetres representats per lletres. Una expressió matemàtica té moltes representacions equivalents i el sistema és capaç de reconèixer-les.

- **Vies de comunicació.** El sistema disposa de tres vies de comunicació:
 - *Correu electrònic.* El sistema té enllaços al correu electrònic del professor i dels alumnes per tal que el professor pugui enviar comentaris a l'alumne quan ho cregui necessari i els alumnes puguin fer les consultes oportunes.
 - *"Incidències".* Per aquesta via el professor pot inserir avisos, indicacions o comentaris en un problema concret, dirigits a un alumne, a tots els alumnes o als alumnes que tenen un valor concret d'un paràmetre.
 - *Forums.* Aquesta via és una via de comunicació col·lectiva i permet la comunicació entre els alumnes i el professor. Serveix al professor per donar avisos o indicacions genèriques i als alumnes per plantejar qüestions o proposar solucions genèriques que puguin interessar a tot el col·lectiu.

El SAC consisteix en una col·lecció personalitzada de problemes per a cada un dels alumnes donats d'alta generada de forma automàtica a partir d'una selecció de problemes del quadern feta pel professor.

Una vegada donat d'alta, l'alumne pot accedir al sistema, seleccionar una de les assignatures, triar un tema i visualitzar, un per un, els problemes corresponents. Un cop resolt un problema, l'alumne introdueix la resposta i l'envia a corregir. La resposta es corregeix automàticament i s'informa a l'alumne del resultat. El sistema sempre permet a l'alumne introduir noves respostes en cas que les anteriors siguin errònies. En cap moment subministra la resposta correcta. Evidentment el sistema no té en compte el plantejament i desenvolupament del problema i només avalua la solució final. D'entrada pot semblar inadequat doncs no és el mateix un error de plantejament que un error en el càlcul final, però no és del tot cert doncs això obliga l'alumne a revisar el problema, a verificar si són o no correctes els càlculs, si és o no correcte el plantejament, en resum a analitzar el seu treball i cercar els errors.

Per la seva part, el professor pot veure en tot moment els problemes de cadascun dels alumnes, l'estat en què es troben i les respostes que s'han enviat. I per tant conèixer les dificultats en que es troben els alumnes, quins alumnes segueixen l'assignatura, quins tenen més o menys dificultats, quins són els temes o problemes que resulten més complicats pels alumnes i cal dedicar-hi més atenció. En resum fer un seguiment detallat dels alumnes i de l'assignatura.

El SARP ofereix a l'alumne una guia de com resoldre problemes o verificar solucions via internet. Normalment els alumnes, davant les clàssiques llistes de problemes, es senten poc motivats. Davant d'un problema al·leguen que no saben: com s'ha de resoldre, per on començar o com verificar la solució. Amb el SARP s'intenta salvar aquests inconvenients subministrant a l'alumne una via per verificar les solucions i una guia de com resoldre els problemes.

El SARP disposa de tres nivells d'ajuda (Figura 2). El primer nivell funciona con el SAC: el sistema mostra un problema a l'alumne, aquest l'ha de resoldre, enviar la resposta a corregir i el sistema respon igual que abans. Amb l'única diferència que disposa d'unes indicacions de com resoldre el problema que pot consultar en tot moment. Si després d'un cert nombre d'intents no ha aconseguit resoldre el problema el sistema passa automàticament al segon nivell d'ajuda. En aquest segon nivell formula a

l'alumne diverses qüestions parcials que el van guiant vers la solució seguin un guió preestablert i que ha d'anar responent progressivament. Així, es comprova si aplica el procediment de manera correcta. Si després d'un cert nombre d'intents l'alumne no aconsegueix resoldre una determinada qüestió parcial, el sistema li dona la resposta amb una explicació i així fins a obtenir la solució complerta del problema. Aquestes qüestions parcials poden variar segons les respostes donades per l'alumne a qüestions anteriors. Si encara no és suficient, el sistema passa al tercer nivell i li mostra la solució completa del problema. Una vegada acabat un problema, l'usuari sempre en pot demanar un altre del mateix tipus per continuar practicant.

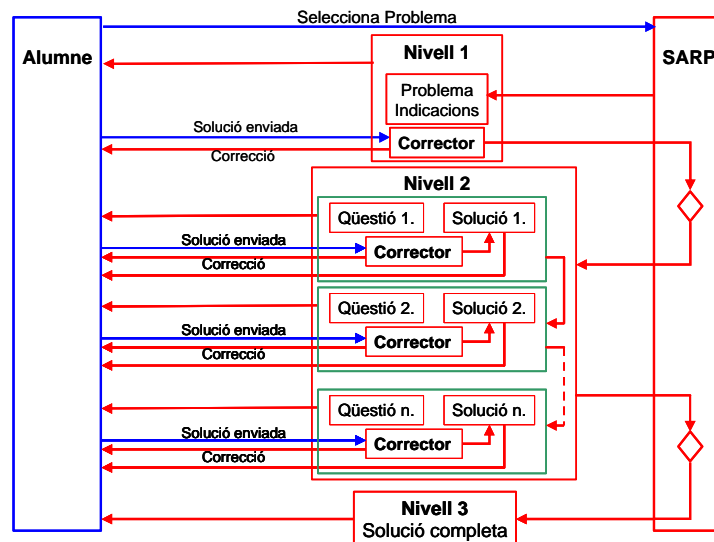


Figura 2. Funcionament del SARP

El professor per la seva part sempre pot veure tot el treball realitzat per l'alumne. Quins problemes ha intentat i fins a quin nivell ha arribat. Quines qüestions ha resolt i quines el sistema li ha subministrat la resposta etc. En aquest cas, la informació que s'obté mostra clarament en quin punt de la resolució del problema l'alumne té les dificultats i si l'ajut del sistema és suficient o no.

Possibles usos del SAC

El SAC, malgrat que l'anomenem Sistema d'Avaluació Continuada, es pot fer servir amb finalitats diverses:

- Com a sistema d'avaluació continuada via internet (objectiu per al qual es va crear). És una forma d'avaluació no presencial, ja que l'alumne pot accedir al sistema en qualsevol moment i des de qualsevol lloc. Si es considera necessari, caldrà validar els resultats.
- Com a sistema complementari a les classes de problemes, oferint als alumnes la possibilitat de continuar practicant la resolució de problemes amb un sistema que els permet corregir els seus errors.
- Realitzar controls periòdics creant el dossier pertinent i acotant l'activació dels problemes al moment del control.
- Com a material de suport en les classes pràctiques, on l'alumne ha d'anar resolent els exercicis que el sistema li proposa. D'aquesta manera l'alumne passa a ser el subjecte actiu i el professor passa a actuar com a dinamitzador i assessor.

L'ús del sistema en tot moment pot ser presencial o no, individual o en grup, depenent de l'experiència que es du a terme.

Experiències en la utilització del SAC

El SAC s'ha utilitzat com a sistema d'avaluació continuada en les assignatures de Càlcul d'Enginyeria Industrial des del curs 1998/99 al 2003/04 i Fonaments Matemàtics de l'Enginyeria d'Enginyeria Tècnica Industrial Química Industrial els cursos 2002/03 i 2003/04.

Metodologia emprada

- La participació és voluntària, l'alumne pot optar entre la forma d'avaluació tradicional, únicament mitjançant l'examen final, o fer ús de l'ACME i que el resultat es tingui en compte en l'avaluació final
- No s'exigeix a l'alumne un compromís formal. Senzillament es posa el sistema a disposició tots els alumnes i ells decideixen si el fan servir o no. Sempre poden abandonar o incorporar-se en qualsevol moment.
- Els estudiants han d'anar resolent els problemes a mesura que es van activant per temes. Per tal de garantir que el treball és continuat, els temes estan activats durant un període de temps preestablert.

Una qüestió clau és la manera d'avaluar el dossier i com això s'integra en l'avaluació de l'assignatura. D'alguna manera, ha de ser prou engrescadora perquè l'alumne es senti motivat a participar. Passem a veure com hem avaluat el treball fet amb l'ACME i com aquest s'integra en l'avaluació final de l'assignatura.

En l'avaluació del dossier personalitzat cal tenir present

- que l'alumne pot introduir tantes respostes com calgui a cada problema fins a resoldre'l;
- que el sistema no distingeix entre errors de plantejament del problema o errors de càlcul en la resolució. Això que d'entrada pot semblar un fet negatiu del sistema té un valor formatiu important doncs obliga a l'alumne a analitzar la resolució del problema i cercar l'error;
- que els errors es classifiquen en errors de sintaxi i de resultat.

En base als punts anteriors el criteri d'avaluació utilitzat és:

- cada problema es valora sobre 1 punt;
- els errors de sintaxi no compten;
- els dos primers errors de resultat no compten i la resta descompten 1/8;
- en cap cas pot ser negativa.

Així la qualificació de cada problema serà: $1 - 1/8 \times (\text{nombre d'errors de resultat} - 2)$ sempre i quan sigui positiu.

Finalment a partir de la qualificació de cada problema s'obté la nota de la part d'avaluació continuada sumant i dividint pel nombre de problemes.

Per l'obtenció de la nota final s'han de tenir en compte:

- la nota d'avaluació continuada
- la nota de l'examen final
- el fet que el SAC és no presencial, via internet, i per tant que és possible la suplantació. Per tant s'exigeix a l'alumne que superi un mínim en l'examen final per tal de validar la nota del SAC.

Si l'alumne supera el mínim exigít, la nota final s'obté fent la mitjana entre la nota de l'examen i la d'avaluació continuada, sempre i quan la nota d'avaluació continuada sigui superior a la de l'examen, sinó es queda amb la nota de l'examen.

Un altre element important és el número d'exercicis, ja que ha de ser prou ampli perquè resulti formatiu però no exageradament extens perquè no resulti desmotivador. Cal pensar que no només ens serveix per avaluar, sinó que motiva l'alumne a exercitar-se i ens permet fer un seguiment del seu treball. En aquest sentit per exemple l'assignatura Càlcul hi ha 43 problemes repartits en 8 temes i en l'assignatura de Fonaments Matemàtics de l'Enginyeria hi ha 60 problemes repartits en 11 temes, el que dona una mitjana entre 5 i 6 problemes per tema.

Valoració de les experiències

Els resultats de l'experiència són molt positius en el següent sentit: ha augmentat notablement el treball personal dels alumnes i el número de consultes de tutories (ja sigui de forma presencial com via correu electrònic) i s'ha incrementat el número d'alumnes que es presenten a examen i el número d'aprovat.

En la taula 1 podem veure l'evolució dels resultats de l'assignatura de Càlcul d'Enginyeria Industrial des del curs 1998/99 al 2002/03 on observem que al voltant de 80% dels alumnes accedeixen al sistema i fan com a mínim algun intent de resoldre problemes i al voltant d'un 60% resolen la meitat o més dels problemes i per tant podem considerar que la participació és realment elevada.

Taula 1. Evolució de l'ús de l'ACME en l'assignatura de Càlcul

Curs	Matriculats	Usuaris ACME		S 50	
1998/99**	105	75	71.4%	67	63.8%
1999/00**	82	64	78.0%	49	59.8%
2000/01	92	72	78.3%	55	59.8%
2001/02	78	66	84.6%	51	65.4%
2002/03***	57	52	91.2%	34	59.6%

** Només dades dels grup tarda.

*** Canvi de pla d'estudis l'assignatura passa a ser anual.

S 50 = Resolen més de 50% dels problemes

Analitzar els efectes sobre el rendiment acadèmic resulta més difícil. No disposem d'un grup paral·lel per comparar resultats, el sistema ha anat evolucionant amb el temps i en el darrer curs, a més a més, degut al canvi de pla d'estudis l'assignatura de Càlcul ha passat de ser una assignatura quadrimestral a una assignatura anual que inclou els

continguts de l'antiga assignatura de Ampliació de Càlcul de segon curs amb un augment considerable de la dificultat.

Si observem la taula 2 podem veure un augment considerable del número d'alumnes presentats a examen i del percentatge d'aprovat respecte de matriculats i/o de presentats en relació al curs 1997/98, últim en que no es va fer servir ACME. Per altre costat entre els cursos 1998/99 i 2001/02 el percentatge de presentats es manté al voltant del 70% en primera convocatòria i 50% en segona convocatòria mentre que el percentatge d'aprovat respecte de matriculats té una tendència a disminuir que no està clar que estigui lligada amb l'ACME, doncs també s'ha de tenir en compte altres factors que intervenen en els resultats com pot ser la disminució del nivell de preparació dels alumnes quan arriben a la universitat o de canvi de pla en el cas del curs 2001/02. Respecte del curs 2002/03 es nota de manera important l'efecte del pas d'assignatura quadrimestral a anual amb l'augment de continguts abans esmentat i quan s'analitza l'evolució al llarg del curs es veu clarament com en el segon quadrimestre hi ha un increment de abandó per part dels alumnes que creiem lligat a la major dificultat dels continguts d'aquest segon quadrimestre, impressions que s'hauran de contrastar amb els resultats d'aquest curs 2003/04.

Taula 2. Evolució del rendiment acadèmic de l'assignatura de Càlcul

Curs	Matriculats M	1a. Convocatòria						2a. Convocatòria						Total Aprovats	
		Presentats			Aprovats			Presentats			Aprovats			A	% A/M
		P	% P/M	A	% A/M	% A/P	P	% P/M*	A	% A/M*	% A/P				
1997/98*	153	55	35.9%	1	0.7%	1.8%	69	45.4%	17	11.2%	24.6%	18	11.8%		
1998/99**	105	88	83.8%	36	34.3%	40.9%	45	65.2%	20	29.0%	44.4%	56	53.3%		
1999/00	166	118	71.1%	61	36.7%	51.7%	52	49.5%	25	23.8%	48.1%	86	51.8%		
2000/01	92	56	60.9%	32	34.8%	57.1%	24	40.0%	7	11.7%	29.2%	39	42.4%		
2001/02	78	55	70.5%	28	35.9%	50.9%	28	56.0%	3	6.0%	10.7%	31	39.7%		
2002/03***	57	29	50.9%	16	28.1%	55.2%	10	24.4%	5	12.2%	50.0%	21	36.8%		

* No es fa servir ACME

** Només dades dels grups tarda.

*** Canvi de pla d'estudis l'assignatura passa a ser anual.

En el cas de l'assignatura de Fonaments Matemàtics de l'Enginyeria de ETIQI no tenim evolució històrica doncs el curs 2002/03 va ser el primer curs que es va fer servir. Però per contra podem comparar els resultats amb altres grups d'enginyeria tècnica que fan la mateixa assignatura sense fer servir l'ACME. La participació es similar a la de l'assignatura de Càlcul, un 81% dels alumnes accedeixen al sistema i fan com a mínim algun intent de resoldre problemes i un 60% resolen la meitat o més dels problemes. Pel que fa referència al rendiment acadèmic, taula 3, si el comparem amb els resultats dels altres grups, el percentatge d'aprovat respecte de matriculats és similar al del grup d'ETIEI A i superior en un 20% al dels altres grups. Cal esperar als resultats d'aquest curs 2003/04 per poder treure conclusions més fiables però sembla que l'efecte de l'ACME és positiu doncs està clarament per damunt de la mitjana que és del 43% d'aprovat respecte de matriculats.

Taula 3. Resultats de Fonaments Matemàtics de l'Enginyeria segons els diferents grups

	Matriculats	Presentats	Aprovats	Pres/Mat	Ap/Mat	Ap/Pres
ETIQI	37	25	21	67.6%	56.8%	84.0%
ETIM A	55	32	21	58.2%	38.2%	65.6%
ETIM B	35	20	13	57.1%	37.1%	65.0%
ETIEI A	50	38	28	76.0%	56.0%	73.7%
ETIEI B	34	15	8	44.1%	23.5%	53.3%

El SAC s'ha utilitzat també en l'assignatura Matemàtiques Bàsiques, de lliure elecció. Es tracta d'una assignatura de caràcter propedèutic per cobrir les mancances de coneixements de matemàtiques que tenen els alumnes. Un dels problemes és el gran nombre d'errors que fan en qualsevol tipus de càlcul (dificultats per manipular expressions algebraïques, funcions trigonomètriques, exponencials, logarítmiques) per tant és important aconseguir que els alumnes s'exercitin en aquests càlculs. Per això l'assignatura s'ha plantejat de forma semipresencial, unes hores presencials i unes altres de treball tutoritzat consistent en la resolució d'exercicis mitjançant l'ACME.

Tot i que el Projecte ACME neix pensant en problemes de Matemàtiques, actualment s'ha desenvolupat una col·lecció de problemes de Química, emprats en l'assignatura Fonaments Químics de l'Enginyeria d'ETAIAA, simplement com a eina per tal que els alumnes s'exercitin en la resolució de problemes.

També, i en la línia d'expansió de l'ACME, s'ha desenvolupat un mòdul addicional ACMEp per a la millora de l'ensenyament de la programació. Actualment està en funcionament amb un grup pilot d'Informàtica Bàsica. Una descripció més detallada d'aquesta experiència la trobem a [4]

Malgrat que no s'ha fet cap enquesta per valorar el grau de satisfacció dels alumnes i professors que en fan ús, s'ha de dir que tant uns com els altres estan satisfets del sistema, doncs és amigable i no requereix cap tipus d'instal·lació o software especial, només cal una connexió a internet.

Possibles usos del SARP

El SARP té com a objectiu entrenar l'alumne en la resolució de problemes i es pot fer servir amb diferents finalitats:

- Com a complement, ajuda o suport del SAC. Es disposa d'una col·lecció de problemes similar a la del SAC, de manera que l'alumne s'exercita en la seva resolució guiat pel sistema, i quan ha après a resoldre'ls passa a solucionar els corresponents del SAC.
- Per fer classes pràctiques de resolució de problemes, on l'alumne resol cada problema guiat pel sistema i el professor fa d'animador i assessor.
- Per proporcionar a l'alumne material de tipus propedèutic per tal que pugui corregir les seves mancances de formació en alguns temes.

De la mateixa manera que en el cas del SAC, l'ús del SARP en tot moment pot ser presencial o no, individual o en grup, depenent de l'experiència que es du a terme.

Experiència en la utilització del SARP

La primera experiència que s'ha dut a terme amb el SARP ha estat de forma experimental en l'assignatura de Fonaments Matemàtics de l'Enginyeria d'ETIQI com a complement del SAC. Els resultats han estat escassos, donat que els alumnes han utilitzat molt poc el sistema. El fet de no disposar d'una col·lecció prou extensa que cobris el programa complet de l'assignatura i el fet que no es valorés de cara a l'avaluació creiem que són les causes que han fet que el sistema es fes servir poc.

L'elaboració de problemes és un factor limitant important doncs requereix molta feina per part del professor, fet que provoca que actualment es disposi d'una col·lecció reduïda de problemes.

Per altre part ens cal trobar els elements motivadors per tal que els alumnes s'animin a fer-lo servir per aprendre a resoldre els problemes. Possiblement calgui pensar en dedicar part de les classes pràctiques de resolució de problemes a fer ús del SARP per tal que els alumnes vegin el seu funcionament i com els ajuda a aprendre a resoldre els problemes. Així nosaltres podríem valorar el seu funcionament i si realment resulta útil als alumnes en el sentit que millora el seu aprenentatge.

Conclusions

Disposem d'una eina informàtica que ens permet assolir plenament els objectius inicials: implementar un sistema d'avaluació, oferir a l'alumne un sistema d'ajuda a la resolució de problemes i fer el seguiment dels alumnes, tot via internet. El sistema d'avaluació continuada ha estat un èxit tant com a sistema d'avaluació continuada com per l'efecte d'estímul a l'estudi. A mesura que hem anat desenvolupant el sistema hem vist que es pot utilitzar amb diferents finalitats, algunes encara per explorar. S'ha estès a assignatures no necessàriament de matemàtiques i les experiències dutes a terme fins ara són positives.

Agraïments

El Projecte ACME s'ha pogut desenvolupar gràcies al suport de la Universitat de Girona, l'Escola Politècnica Superior i l'ajut del DURSI corresponent als ajuts MQD2002.

Referències

- [1] J. Soler, J. Poch, E. Barrabès, D. Juher, J. Ripoll. A tool for the continuous assessment and improvement of the student's skills on a mathematics course. Proceedings of the International Symposium on Technologies of Information and Communication in education for Engineers and Industry. TICE 2002 pp. 105-110, Lyon, 2002
- [2] I. Boada, J. Soler, F. Prados, J. Poch. A teaching/learning support tool for introductory programming courses. IEEE Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training. ITHET 2004 (acceptat).
- [3] J. Poch Garcia; E. Barrabés Vera; D. Juher Barrot; J. Ripoll Misse; J. Soler Villanueva; A. Calsina Ballesta. ACME 2.0 un sistema de evaluación continuada y ayuda a la resolución de problemas. Actas XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Vilanova i la Geltrú 23, 24 i 25 de Juliol de 2003.
- [4] Imma Boada, Josep Soler, Ferran Prados i Jordi Poch Entorn virtual d'ajuda a la docència d'un curs de programació bàsica. 3r. Congrés Internacional: "Docència Universitària i Innovació" (acceptat). Girona 30 de Juny, 1,2 de Juliol de 2004.