



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

IMPLEMENTACIÓ DE L'APLICACIÓ INFORMÀTICA MecMovies EN L'ASSIGNATURA CIÈNCIA I RESISTÈNCIA DE MATERIALS

**Cas Pràctic d'aprenentatge basat en la resolució de problemes per a grups-classe
grans a les enginyeries**

- Fabregat-Sanjuan, Albert
Universitat Rovira i Virgili
Departament d'Enginyeria Mecànica
Av. Països Catalans, 26 ETSEQ Despatx 201 CP 43007 Tarragona
albert.fabregats@urv.cat
- Ferrando Piera, Francesc
Universitat Rovira i Virgili
Departament d'Enginyeria Mecànica
Av. Països Catalans, 26 ETSEQ Despatx 205 CP 43007 Tarragona
f.ferrando@urv.cat
- De la Flor López, Silvia
Universitat Rovira i Virgili
Departament d'Enginyeria Mecànica
Av. Països Catalans, 26 ETSEQ Despatx 114 CP 43007 Tarragona
silvia.delaflor@urv.cat

1. **RESUM:** S'ha implantat l'ús d'una aplicació informàtica fonamentada en l'aprenentatge basat en la resolució de problemes. Aquesta aplicació té una interfície amb animacions i exemples en tres dimensions i també permet donar una resposta a cada pregunta amb una autoavaluació. S'ha estudiat l'impacte de l'ús d'aquesta aplicació informàtica respecte la participació de l'alumnat, els resultats obtinguts en les avaluacions i com a eina de gran ajuda en l'avaluació continuada per grups-classe grans.
2. **ABSTRACT:** It has been implemented a computer application based on the problem-based learning. This application has an attractive interface with animations and examples in three dimensions and also gives feedback and allows the students' self-



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

assessment. The evaluation of the MecMovies implementation has been analysed with respect to the participation of the students, the results obtained in assessments and as a tool of great help in the ongoing evaluation by large class groups.

3. PARAULES CLAU: ABP, TAC, enginyeria, MecMovies, autoavaluació /
KEYWORDS: PBL, KTT, engineering, MecMovies, self-assessment

4. DESENVOLUPAMENT:

a) Objectius

Els objectius de la implementació de l'aplicació informàtica MecMovies en l'estudi de la resistència de materials en l'assignatura de Ciència i Resistència de Materials de 2n curs dels Graus d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica (GEEIA) i Enginyeria Elèctrica (GEE) de la Universitat Rovira i Virgili són els següents:

- Motivar a l'alumnat en l'estudi de la resistència de materials mitjançant un entorn agradable i dinàmic que permet la autoavaluació.
- Millora de l'exemplificació mitjançant animacions i visió en tres dimensions en els exercicis encomanats i en les sessions de classe a l'aula.
- Realitzar una millora en l'avaluació continuada mitjançant la puntuació de diferents entregues mitjançant l'aplicació informàtica amb una reducció del temps de correcció per part del professorat.

b) Descripció del treball

La implementació de l'aplicació informàtica MecMovies del professor Timothy A. Philpot [1] ha permès fer una millora en la docència de l'assignatura de Ciència i Resistència de Materials de 2n curs dels Graus d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica (GEEIA) i Enginyeria Elèctrica (GEE) de la Universitat Rovira i Virgili. L'aplicació MecMovies consta de unes 160 animacions relacionades amb els diferents aspectes de la resistència de



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

materials. La majoria de les animacions presenten, amb gran detall, problemes o conceptes amb un punt de vista diferent del utilitzat en l'estudi clàssic de la resistència de materials. Unes 80 animacions son interactives, de manera que l'estudiant està participant en tot moment de forma activa i li permet la oportunitat de comprovar si està adquirint els coneixements que s'expliquen en l'animació. L'aplicació MecMovies ha estat guardonada com la guanyadora al 2004 del Premier Award for Excellence in Engineering Education Courseware presentada per el NEEDS (National Engineering Education Delivery System).

A continuació s'exposen els continguts de l'assignatura on s'ha implementat l'ús de l'aplicació informàtica:

Bloc I	Bloc II
Tema 1 - Introducció als materials	Tema 6 - Conceptes bàsics de la Resist. de Materials
Tema 2 - Propietats dels metalls	Tema 7 - Esforç normal, tallant i vinclament
Tema 3 - Metalls	Tema 8 - Teoria general de la flexió
Tema 4 - Polímers	Tema 9 - Torsió
Tema 5 - Processat de materials metàl·lics	Tema 10 - Accions combinades

L'avaluació de l'assignatura es realitza de forma continuada i està estructurada de la següent manera:

- (70%) Exàmens
 - (40%) Examen Bloc I (Temes 1 - 5)
 - (60%) Examen Bloc II (Temes 6 - 10)
- (30%) Projectes
 - (50%) Projecte Bloc I (Treball de materials)
 - (25%) Entrega 1 Projecte Bloc II (MecMovies I)
 - (25%) Entrega 2 Projecte Bloc II (MecMovies II)

Per a cada Bloc de continguts hi ha un 15% de Projectes, en aquests projectes és on es desenvolupa la major part del treball de forma autònoma per part de l'alumnat. En el Bloc I el projecte consisteix en realitzar un treball de la selecció d'un material i el procés de fabricació adient per a la fabricació d'un producte. Per realitzar aquest projecte es



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

distribueix a l'alumnat en grups de 4 persones i una vegada desenvolupat el projecte es realitza una exposició oral de 10 min per explicar els continguts del projecte. Per contra, la part de projecte del Bloc II consisteix en dues entregues d'una col·lecció de problemes de l'aplicació informàtica MecMovies. Cada entrega correspon a una sèrie d'exercicis de cada tema del Bloc II, de mitjana hi ha 25 exercicis per entrega. Per a cada exercici l'aplicació informa si el resultat introduït és el correcte i en cas que sigui incorrecte, mostra l'explicació per a obtenir el resultat correcte amb els valors numèrics. Per a l'entrega dels exercicis es realitzen dues tasques al moodle on l'alumnat penja els fitxers amb els resultats. Aquesta entrega es realitza de forma individual.

En aquest estudi s'analitzen els resultats en el procés d'aprenentatge autònom amb la implementació de l'aplicació MecMovies. Per aquest motiu, en el posterior apartat de resultats, es presenten diferents resultats de participació i taxa d'èxit entre les diferents tasques de projecte (el projecte del bloc I on es realitza una tasca clàssica i el projecte de bloc II on es realitzen dues entregues mitjançant l'aplicació MecMovies) i una taula comparativa per poder avaluar l'impacte en l'increment de temps que implicaria la correcció per part del professorat dels exercicis de forma ordinària.

La necessitat d'implantar aquesta eina interactiva també està motivada per les dificultats afegides de percepció per part de l'alumnat dels problemes afrontats a classe. Aquestes dificultats es donen en moltes assignatures d'enginyeria i en aquesta concretament en la part de continguts de resistència de materials (temes 5 a 10). Aquest obstacle en la percepció, rau en la dificultat d'exemplificar els problemes reals de l'enginyeria en una pissarra amb dues dimensions. Per aquest motiu la implementació d'aquesta aplicació està considerada com a molt avantatjosa per part de l'alumnat.

Un avantatge de l'aplicació MecMovies és la interfície agradable que permet captar l'atenció de l'usuari mentre hi treballa i que afavoreix l'ús d'aquesta. En la Figura 1 es pot apreciar una imatge de la interfície de l'aplicació MecMovies amb resposta incorrecta de l'usuari i la resposta de l'aplicació on es mostra com es fa l'exercici correctament.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

concept checkpoints

1 Determine the internal axial force in segment (2) of the axial structure. Give your answer in units of kN.

Cut a free-body diagram through segment (2) and consider the right-hand portion of the axial structure. Assume that the internal axial force in segment (2) is tension. Sum forces in the horizontal direction, denoting the internal force in segment (2) as F_2 :

$$\rightarrow \Sigma F_x = -F_2 + 40 \text{ kN} + 10 \text{ kN} = 0$$
$$\therefore F_2 = 50 \text{ kN}$$

Sorry. The correct value for this problem is 50 kN.

Click **continue** to proceed.

continue

Figura 1. Imatge de la interfície de l'aplicació MecMovies amb resposta incorrecta de l'usuari i la resposta de l'aplicació on es mostra com es fa l'exercici correctament.

A més a més, un factor important que es valora molt positivament amb la implementació de l'aplicació informàtica és que els estudiants tenen una major participació en les tasques encomanades mitjançant eines informàtiques a diferència de les mateixes tasques encomanades de forma manual [2, 3]. Aquest avantatge, és al mateix temps, un element de motivació per a l'alumnat que veu com en cada exercici que fa té una resposta de l'aplicació on l'informa de si ho ha fet bé o malament i si ho fa de forma incorrecta, l'hi indica, pas a pas, com es fa l'exercici. Cada vegada que es carrega un exercici sempre hi ha un canvi en les dades del problema que fa que la resposta sempre sigui diferent, obligant a l'alumne a entendre els coneixements relacionats amb cada exercici per poder superar-lo. El fet de canviar els enunciats en cada exercici també evita que l'alumnat es pugui copiar els resultats entre diferents estudiants. Al mateix temps que es canvia l'enunciat en cada exercici, l'aplicació genera un codi que permet al professorat detectar possibles casos de còpia per part dels estudiants. Per tant, com a correcció dels MecMovies, es comprova que els enunciats de cada alumne corresponguin al codi generat.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Un altre factor positiu de la implementació de l'aplicació MecMovies és que aquesta està realitzada en anglès. En el pla d'estudis dels ensenyaments on es fa l'assignatura hi ha una competència d'anglès que forma part del currículum nuclear de l'ensenyament. Aquesta competència es treballa en una assignatura de primer curs i per tant es molt positiu que en aquesta assignatura de segon curs l'alumnat pugui seguir treballant la competència de l'anglès. A més a més, el vocabulari que s'utilitza en la l'aplicació és tècnic i per tant millora la part de vocabulari tècnic necessari en l'exercici professional. L'experiència de la implementació és considera molt positiva vers a l'idioma, ja que es percep una mancança en la competència d'anglès i l'alumnat està motivat per a millorar-la.

c) Resultats i conclusions

– Resultats de participació i resultats d'aprenentatge

Per a la comparació entre les diferents tasques de projectes, a continuació es mostra la taula 1 i la figura 2 on es mostra la diferència entre la participació i els resultats del projecte del Bloc I (treball realitzat de forma clàssica) i el treball realitzat en el projecte del Bloc II (entregues realitzades amb l'aplicació MecMovies)

Tal i com es mostra en la taula 1, el percentatge d'alumnat que supera la tasca MecMovies és molt superior a la tasca clàssica de Projecte de Bloc I, amb un increment respecte al Projecte de Bloc I del 40%. També és un èxit l'alt percentatge d'alumnat que entrega la tasca, on s'arriba a valors propers al 90%. Aquest alt índex de participació, junt amb l'alt percentatge d'alumnat que supera la tasca en el curs 12-13 va afavorir la millora en la taxa d'èxit de l'assignatura.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

	Curs 11-12			Curs 12-13		
	Projecte Bloc I	Entrega 1 Bloc II (MecMovies)	Entrega 2 Bloc II (MecMovies)	Projecte Bloc I	Entrega 1 Bloc II (MecMovies)	Entrega 2 Bloc II (MecMovies)
Nombre d'alumnes matriculats	93	93	93	181	181	181
Alumnat que realitza la tasca (%)	78	69	67	92	89	89
Alumnat que supera la tasca (%)	24	68	65	44	88	89
Alumnat que no supera la tasca (%)	76	32	35	56	12	11

Taula. 1 Dades respecte a les tasques de projectes de l'avaluació continuada.

En la figura 2 es mostra en un gràfic la comparació entre el percentatge d'alumnat que realitza i el percentatge d'alumnat que supera la tasca. En aquesta figura es pot apreciar que en les entregues de MecMovies la diferència entre l'alumnat que realitza la tasca i l'alumnat que la supera és mínima. Aquesta dada es deu al procés d'autoavaluació que hi ha en l'aplicació MecMovies, ja que permet a l'alumnat saber en tot moment quina nota te i per tant, pot repetir l'exercici per tal de millorar la nota abans de penjar la tasca al moodle. Aquest procés d'autoavaluació afavoreix que l'alumnat tingui una millor percepció dels coneixements adquirits i així pugui afrontar l'examen final de l'assignatura amb unes millors garanties d'èxit.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

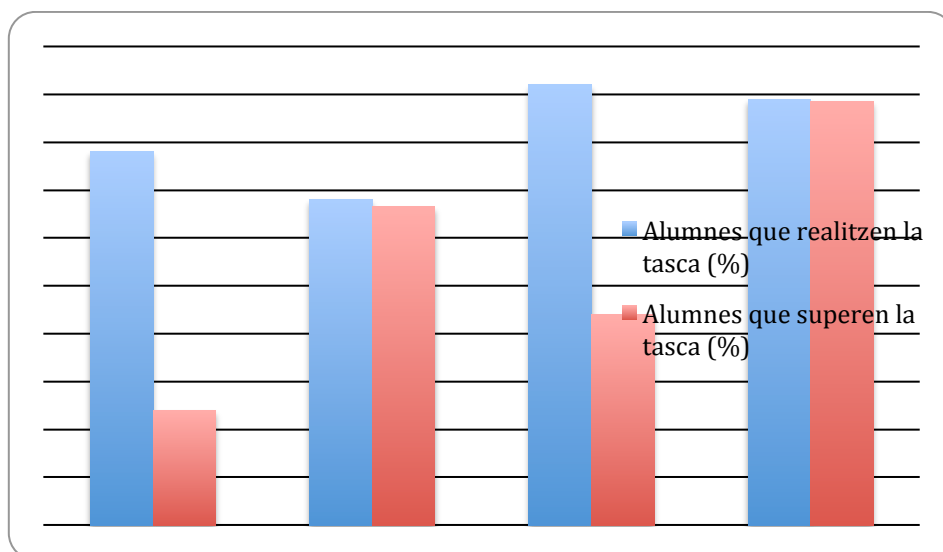


Figura 2. Comparació entre percentatges d'alumnes que realitzen i superen les tasques tradicionals (Projecte Bloc I) i els MecMovies

Un dels reptes de l'assignatura on es va realitzar la implementació de l'aplicació informàtica MecMovies era la mida del grup classe. En el curs 2011-12 l'alumnat matriculat va ser de 93 alumnes, però en el curs 2012-13 es va incrementar en gran magnitud, amb un valor de 181 matriculats. Aquest increment es va donar per diferents motius com un taxa d'èxit inferior a la prevista i sobretot per un increment significatiu de nou alumnat, ja que aquesta assignatura era de nova creació en els estudis de Grau i els antics enginyers tècnics que volien fer l'adaptació per obtenir la titulació de Grau, es van matricular en l'assignatura. L'entrega dels MecMovies és individual, d'aquesta manera tenim una millor percepció dels coneixements adquirits a nivell individual. Al mateix temps, en cada entrega hi ha 25 exercicis i per tant amb les dues entregues, hi ha 50 exercicis a corregir en total per cada alumne. Aquesta tasca de correcció si es fes de forma ordinària implicaria un temps de correcció que faria impossible la implementació real. Per aquest motiu, l'autocorrecció de l'aplicació és una gran avantatge en grups classe grans. Per analitzar la millora que representa la implantació de l'aplicació MecMovies en referència al temps de correcció del professor, a continuació es mostra en la taula 2 una comparació



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

entre el temps que s'invertiria en la correcció dels problemes de forma ordinària i el temps que s'utilitza en la correcció dels MecMovies.

– Resultats de temps de correcció

	Curs 11-12		Curs 12-13	
	Correcció ordinària	Correcció amb MecMovies	Correcció ordinària	Correcció amb MecMovies
Temps de correcció per exercici (min)	0.5	0.1	0.5	0.1
Exercicis	50	50	50	50
Temps de correcció per alumne (min)	25	5	25	5
Alumnes	93	93	181	181
Temps total (hores)	38.8	7.8	75.4	15.1

Taula. 2 Dades respecte al temps de correcció utilitzat per part del professorat per a la correcció ordinària d'exercicis respecte a la correcció de MecMovies.

En els resultats de la taula 2 es pot veure el gran increment de temps que implicaria la correcció dels exercicis de forma ordinària. Aquests valors són aproximats ja que aquest increment de temps faria que la correcció de forma ordinària fos inviable i per tant no s'ha realitzat. Aquest increment es magnifica quan el grup classe és gran, de manera que al curs 2011-12 hi ha una diferència de 30 hores mentre que al curs 2012-13 hi ha una diferència de 60h. Un altre factor a tenir en compte és la dificultat de la correcció i l'expertesa que ha de tenir el corrector. En la correcció dels MecMovies només es comptabilitzen els exercicis correctes/incorrectes i es comprova que l'alumnat no hagi utilitzat cap mitjà il·lícit, comprovant el codi que genera l'aplicació per cada enunciat. Aquesta correcció permet que es pugui comptar amb el suport de personal en formació que realitzi una col·laboració docent per a la correcció dels exercicis.

Les conclusions que s'extreuen de la implantació durant dos cursos de l'aplicació informàtica són les següents:



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- Bona resposta per part de l'alumnat amb un elevat índex de participació en les entregues i un elevat índex d'alumnat amb nota superior a 5 punts
- Reducció del temps de correcció respecte a l'entrega convencional de treballs amb una reducció de més de 60 hores respecte a la correcció ordinària.
- Bona acceptació per part de l'alumnat d'una interfície en llengua anglesa, amb una millora en l'anglès tècnic que forma part del currículum nuclear de l'ensenyament i és necessari en el futur professional.

1. REFERENCIES BIBLIOGRÁFIQUES

- [1] T. A. Philpot, R. H. Hall, R. E. Flori, N. Hubing, and V. Yellamraju, "Teaching the Superposition Method With Internet-based Instructional Software," 2004.
- [2] T. A. Philpot, "Using flash animations and 3D rendering to increase the effectiveness of instructional software," in *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 2001, vol. 3.
- [3] T. a. Philpot and R. H. Hall, "Animated instructional software for mechanics of materials: Implementation and assessment," *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 14, no. 1, pp. 31–43, 2006.