



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

ÚS DE L'ESPAI VIRTUAL PER LA IMPLEMENTACIÓ D'UNA XARXA D'APRENENTATGE COOPERATIU A LES ASSIGNATURES DE MECÀNICA I TEORIA DE MECANISMES I I II DEL GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA.

Aplicació de la tècnica del puzzle al Grau d'Enginyeria Mecànica

- Urbina Pons, Cristina Victoria
Universitat Rovira i Virgili
Departament d'Enginyeria Mecànica
Avinguda dels Països Catalans, 26, 43007, Tarragona, Catalunya
cristina.urbina@urv.cat
- Ferrando Piera, Francesc
Universitat Rovira i Virgili
Departament d'Enginyeria Mecànica
Avinguda dels Països Catalans, 26, 43007, Tarragona, Catalunya
f.ferrando@urv.cat

1. **RESUM:** Es presenta l'anàlisi d'un sistema d'avaluació progressiva portat a terme a les assignatures de Mecànica i Teoria de Mecanismes I i II, del Grau en Enginyeria Mecànica. Aquest sistema compren una xarxa d'aprenentatge cooperatiu no presencial, que pretén avaluar els coneixements adquirits proposant activitats amb múltiples variants inicials i allunyades de les activitats valoratives convencionals a l'àmbit docent de l'Enginyeria. La resolució combina càlcul tradicional i programes de simulació.
2. **ABSTRACT:** The analysis of a progressive evaluation system carried out on the subjects of Mechanics and Theory of Mechanisms I and II (degree in mechanical engineering) is presented. This evaluation system comprises a TIC network of cooperative learning, which aims to assess the knowledge acquired by proposing activities with multiple initial variants and solutions. The resolution of the mechanical problem combines traditional mathematics and simulation programs.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- 3. PARAULES CLAU:** Aprenentatge cooperatiu, aprenentatge basat en problemes a través de TIC, fòrums de discussió, tècnica del puzzle, anàlisi global mecànic / **KEYWORDS:** Cooperative learning, problem-based learning through TIC, discussion forums, puzzle technique, mechanical global analysis

4. DESENVOLUPAMENT

a) Objectius

El desenvolupament del pla d'estudis del Grau en Enginyeria Mecànica (GEM) a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química (ETSEQ) de la Universitat Rovira i Virgili (URV) es caracteritza per un nombre alt d'estudiants per assignatura a segon curs (>60 estudiants). La necessitat de contar amb un mètode d'avaluació docent que assegurí l'assimilació eficaç i progressiva dels coneixements i capacitats fonamentals pel currículum del futur Enginyer/a Mecànic/a com els que s'imparteixen a les assignatures de Mecànica i Teoria de Mecanismes I i II (MTMI i MTMII) i que, al mateix temps doni la possibilitat al professor de fer un seguiment personalitzat de l'eficàcia d'aquest tipus d'avaluació, ens ha portat a crear durant el curs 2012-2013 una xarxa d'aprenentatge cooperatiu no presencial a aquestes dues assignatures de segon curs del GEM, MTM I i MTM II.

Els objectius que es volen assolir amb aquesta xarxa d'aprenentatge són:

- El primer objectiu es aplicar nous mètodes docents més actius i adients a grups nombrosos per a establir un control més rigorós del procés d'aprenentatge de l'estudiant. Es a dir, incrementar el control per part del professor amb la finalitat de poder corregir fàcilment les desviacions en vers la metodologia i els resultats esperats.
- Com a segon objectiu, s'ha volgut potenciar i avaluar capacitats bàsiques a l'àmbit de l'Enginyeria Mecànica que, usualment, no es tracten, com és la cooperació en grup per la resolució d'un problema mecànic amb múltiples variants inicials.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- El tercer objectiu pretén incrementar la creativitat i la capacitat d'aplicar els coneixements adquirits mitjançant la resolució dels exercicis lliurats via TIC als problemes que es resolen en les activitats presencials.

b) Descripció del treball

El Grau en Enginyeria Mecànica (GEM) començà el curs acadèmic 2010-2011 a l'ETSEQ, continuant amb l'èxit de matriculació del que disposava l'anterior pla d'estudis (des de 2002 fins el 2014) d'Enginyeria Tècnica Industrial en Mecànica (ETIM). No obstant, el nombre alt d'alumnes per assignatura en el GEM es un obstacle per poder portar a terme mètodes d'avaluació continua que són garantia d'èxit quan son aplicats a un nombre reduït d'alumnes per professor (rati 20 alumnes /1 professor).

Les assignatures de MTMI i MTMII que començaren al curs 2011-2012 al pla d'estudis del GEM ja es cursaven a ETIM, però amb una diferència fonamental. La diferència radica en què a l'ETIM, MTMI es cursava al segon quadrimestre de primer curs i MTM II al primer quadrimestre de segon curs. A l'haver retardat la impartició d'aquestes dues assignatures un quadrimestre complert al nou pla d'estudis de Grau, (ara es cursen al primer i segon quadrimestre de segon curs respectivament) els coneixements de Física i Matemàtiques dels alumnes són més amplis, el que permet aprofundir més en aquestes matèries.

Per altre banda afirmem que el contingut de les assignatures MTMI i MTMII es compon de matèries que són bàsiques i absolutament fonamentals dintre dels plans d'estudis del GEM. A la web de l'ETSEQ (etseq.urv.cat) es poden consultar les assignatures que continuen en el pla d'estudis de GEM, i, on es posa de manifest el protagonisme d'aquestes dos matèries. Aquestes assignatures, de sis ECTS cada una, desenvolupen coneixements, habilitats i aptituds necessàries pel futur professional de l'alumne, com es l'Estàtica, Cinemàtica i Dinàmica bàsica de màquines i mecanismes. Es així que el professor ha de tenir la seguretat que els coneixements que es desenvolupen en aquestes dues assignatures de segon curs han estat adquirits, assimilats i posats en pràctica per l'alumne.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

No obstant, la primera edició d'aquestes assignatures (curs 2011-2012) va tenir un rati de superació de les assignatures MTMI i MTMII (45%) i de participació en les activitats de avaluació continua (88%) molt baix que va fer plantejar els continguts i les metodologies fetes servir durant el curs 2011-2012.

Les tasques incloses a l'avaluació continua i que es varen fer servir a MTMI i MTMII durant el curs 2011-2012 varen ser de dos tipus. El primer tipus eren els anomenant “problemes de lliurament”, els quals es desenvolupaven durant tot el quadrimestre i, amb un lliurament cada dues setmanes. Cada sessió, l'alumne en grup de dos, realitza a la classe de forma presencial un problema que, com a temàtica principal, es centra en la teoria explicada durant les dues setmanes que precedeixen al problema de lliurament. Al final de la classe, el grup lliura el problema al professor, independentment de si la finalitzat o no. El professor retorna a l'alumne el problema corregit i avaluat a la següent sessió de problemes. Amb aquest sistema de lliurament-correcció s'assegura l'efectivitat del procés d'intercanvi de informació entre el professor i l'alumne. I, a més, cada dues setmanes hi ha una renovació d'aquesta informació. Així, el professor és conscient del grau de coneixements adquirits pel seu alumnat i, permet també els alumnes reordenar la seva dedicació a les assignatures. Aquests problemes de lliurament tenien un pes d'un 10% de la nota final a cada assignatura.

El segon tipus eren problemes similars als de lliurament que es feien a classe però es lliuraven via Moodle. Es va detectar que en aquest tipus de problemes el interès era escàs i el nombre de lliuraments disminuïa al llarg del curs. La valoració era d'un 10% del total de la nota final a cada assignatura.

Així, des de tècniques docents d'aplicació pràctica a l'Enginyeria (tècnica del puzzle), que defensen que es l'alumne qui ha de construir les seves pròpies estructures cognitives basant-se en estructures apreses i assimilades en etapes anteriors, es planteja per primera vegada al curs 2012-2013 una xarxa d'aprenentatge cooperatiu. La missió d'aquest mètode



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

és la de fomentar la construcció d'estructures cognitives mitjançant la reflexió i l'exercici pràctic, sempre més efectives que les assolides mitjançant la memorització.

Així, al curs 2012-2013, a més de continuar fent les activitats presencials de problemes de lliurament, els alumnes realitzen les tasques de la xarxa d'aprenentatge cooperatiu.

La xarxa d'aprenentatge cooperatiu proposa a l'alumne quatre activitats per assignatura, totes no presencials, i avaluables al llarg del quadrimestre, i, les quals són totalment diferents de les realitzades a l'aula presencialment. Es plantegen 4 activitats per tal que l'alumne interactuï amb la resta de companys i es treballin els conceptes donats durant el curs. Aquestes activitats s'anuncien a través de la plataforma virtual (en el cas de l'URV es el Moodle), es treballen en parelles i es lliuren en dates determinades via Moodle. Per tant, aquestes activitats formen part del Pla de Treball de les assignatures i tenen pes a la nota final. La valoració es d'un 10% del total de la nota final de cada assignatura per les activitats de la xarxa cooperativa i un 10% per les activitats de lliurament. Per a la resolució de les activitats s'utilitza el càlcul tradicional i programes informàtics de simulació en l'àmbit de la Mecànica.

Totes les activitats consten de dues parts. La combinació de les dues parts fa que els problemes mecànics puguin ser analitzats en totes les seves variants i possibilitats de plantejament, augmentat l'assoliment de competències per part de l'alumnat si es compara amb el tradicional mètode de plantejament/solució únics.

La metodologia a seguir és, per a cada tasca:

- A principi de curs s'introdueix una sessió presencial de curta durada per explicar a l'alumnat el funcionament de les activitats d'aprenentatge cooperatiu i de l'ús dels programes de simulació. Es de vital importància insistir en la participació de tots els estudiants per poder dur a bon terme les activitats d'aprenentatge cooperatiu. Sense la participació de tots els alumnes no es pot obtenir totes les dades necessàries per fer l'anàlisi global de l'activitat.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- Al llarg del quadrimestre s'explica a classe cada una de les tasques a realitzar, per tal de que els objectius a assolir amb cada una de les tasques, el termini de lliurament i la metodologia a seguir quedi el més clar possible.
- A la primera part de l'activitat, cada parella d'alumnes ha de resoldre una versió particularitzada (bàsicament, diferents dades inicials) d'un problema de càlcul mecànic. Per tant, el problema d'aquesta parella d'alumnes té diferent resultat final que cadascun dels problemes plantejats als seus companys d'assignatura. Aquest resultat es lliurat via Moodle. Una vegada que la primera part de l'activitat està lliurada segons el termini establert, el professor, en un temps curt després del lliurament de l'activitat, ha de revisar els resultats per tal de corregir els exercicis. Es dona un termini (curt) de nou lliurament per tal de que els exercicis incorrectes es puguin lliurar ben resolts. Evidentment afectarà a la nota de l'activitat no haver-la superat al primer intent.
- A la segona part, cada parella d'alumnes recopila a través del Moodle (fòrum de discussió) tots els resultats particulars (ja revisats) de cada parella de companys (aprenentatge cooperatiu i assemblatge dels resultats), fent l'anàlisi del conjunt de resultats segons el requeriments del problema i lliurant aquest anàlisi final via Moodle. Per tant, la segona part de l'activitat ens porta a la resolució global d'un problema de càlcul mecànic tenint en compte múltiples opcions inicials d'anàlisi. Es a dir, l'activitat consisteix en la discussió i posada en comú de tots els resultats parcials per poder analitzar el comportament del mecanisme en un cicle de treball complet.

La combinació de les dues parts fa que els problemes físics-mecànics puguin ser analitzats en totes les seves variants i possibilitats de plantejament, augmentat l'assoliment de competències per part de l'alumnat si es compara amb el tradicional mètode de plantejament/solució únics.

Es repeteix el procés amb cada una de les activitats proposades.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Els recursos necessaris per el desenvolupament d'aquesta xarxa d'aprenentatge són:

- Servidor Moodle
- WinMecc 4.6: programa de simulació de mecanismes plans d'un grau de llibertat, que realitza l'anàlisi cinemàtic de mecanismes amb qualsevol nombre de baules. L'Àrea d'Enginyeria Mecànica va comprar 25 llicències per a que els alumnes puguin gaudir de forma gratuïta la versió registrada des de qualsevol punt del Campus on es puguin connectar a Internet.

c) Resultats i conclusions

c.1. Activitats plantejades a Mecànica i Teoria de Mecanismes I

Cada grup de dos alumnes se'ls hi assigna una posició del cicle de treball d'un mecanisme pla d'un grau de llibertat amb unes determinades condicions estàtiques i cinemàtiques. A la primera tasca, l'objectiu és calcular el parell de forces que s'ha d'aplicar a la manovella per garantir que el mecanisme romandrà en equilibri. Les reaccions als suports i a les articulacions del mecanisme s'han de calcular mitjançant el plantejament dels diagrames del sòlid lliure i els principis bàsics de l'Estàtica. A la segona tasca, l'objectiu de càlcul és el mateix, però introdueixen el fregament. A la tercera tasca s'analitza la posició del mecanisme i els centres instantanis de rotació, i, a l'última tasca, s'analitza la velocitat lineal i la velocitat angular de cada baula en funció de la posició i per una mateixa velocitat de la baula motora.

Tots els resultats obtinguts per cada parella d'alumnes varien en funció de la posició del mecanisme. En definitiva, l'alumne aprèn a calcular, analitzar i discutir la totalitat dels resultats corresponents a un cicle complet de treball d'una màquina des de el punt de vista Estàtic i Cinemàtic.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

A la figura 1, es mostra el mecanisme estudiat a l'assignatura MTMI, el qual és un mecanisme de llimadora. El cicle complet de treball del mecanisme es divideix en intervals de 10 graus. Cada interval, un grup d'estudiants. Cada grup parteix d'una posició de treball diferent que es tradueix en una solució diferent del problema, però complementaria amb les solucions dels altres companys.

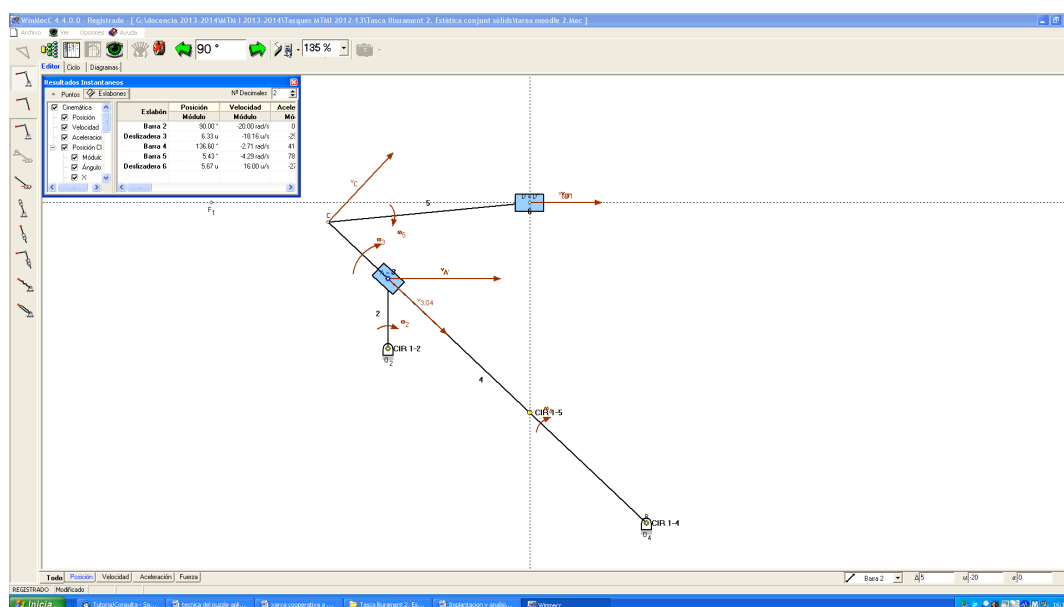


Figura 1: Mecanisme de llimadora

Pes a la nota: 10% del pes total. Per portar a terme aquestes tasques, es disposa del programa Winmecc i el càlcul tradicional.

c.2 Resultats MTMI

Es realitza la comparativa dels resultats entre els cursos 2011-2012 i 2012-2013 per tal d'avaluar l'efectivitat de la xarxa d'aprenentatge:

- El rati de participació en el lliurament de tasques és d'un 87,8% en el curs 2011-12 i en el curs 2012-13 es d'un 93.95%. Per tant s'ha incrementat la participació en un 6.15%.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- La mitja d'alumnes que superen les tasques proposades via Moodle s'ha incrementat en un 8.85% (mitja curs 2011-2012 és d'un 79,1%).
- El rati d'alumnes que superen MTMI al curs 2011-12 és d'un 59% del total de matriculats. Pel que fa al 2012-13 és un 68,9%.
- El nombre d'alumnes que ha abandonat l'assignatura ha disminuït en un 50%. Al curs 2011-2012 varen ser 12 alumnes. Al curs 2012-2013 varen ser 6 alumnes.

c.3. Activitats plantejades a Mecànica i Teoria de Mecanismes II

El problema plantejat es basa en analitzar les dades tècniques d'un cotxe comercial (motor, canvi de marxes, acceleració, temps, espai) a partir de les dades que dona el fabricant del cotxe, i com influeixen les condicions externes (vent, asfalt, terra, pendent) en el parell motor i en l'arrencada d'un automòbil. L'estudi es fa a partir de varies hipòtesis dinàmiques que augmenten el grau de dificultat a mesura que avança el número de tasca. En total són 4 tasques.

Cada grup d'alumnes ha escollit un determinat tipus de cotxe lliurament. L'activitat final (tasca 4) consisteix en la discussió i posada en comú de tots els resultats de cada model de cotxe per poder analitzar i comparar les dades de eficiència del motor que els fabricants de cotxes proporcionen al públic comprador i les calculades pels alumnes. Com exemple del què es demanava a la primera tasca, la figura 2 mostra els resultats calculats a la tasca 2 per un grup d'alumnes corresponents a un Citroën Xara.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

CITROËN XSARA PICASSO 1.8i 116 CV								
	Dades necessàries							
àrea frontal (mm ²)	1637*1751							
masa (kg)	1245							
radi rodes (m)	0.3105			v rodes (m/s)	w rodes (rad/s)	n rodes (rpm)	i	Dades alumne
Desenvolupament i de la caixa de canvis (km/h a 1000rpm)	1ª 8.1			2.25	7.25	69.20	14.45	
Velocitat rodes	2ª 15			4.17	13.42	128.14	7.80	
	3ª 20.6			5.72	18.43	175.98	5.68	
	4ª 26.7			7.42	23.89	228.10	4.38	
	5ª 35.2			9.78	31.49	300.71	3.33	
	6ª							
a teòrica 0 a 100 km/h (s)	12.2							
n motor màxima a considerar (rpm)	3500			v rodes a 3500rpm (km/h)	v rodes a 3500rpm (m/s)			
A calcular,				28.35	7.88			
velocitat rodes a nmotor=3500rpm	1ª 28.35			52.5	14.58			
	2ª 52.5			72.1	20.03			
	3ª 72.1			93.45	25.96			
	4ª 93.45							
Moment a 3500 rpm (N·m)	145							
		t (s)	e (m)	v rodes (m/s)	Mroda (Nm)	Força resistent (força a les rodes, N)	Força rodadura	a cotxe (m/s ²)
		0	0	0				
primera marxa		1.49	1.49	5.88	7.88	2095.44	6748.61	186.75
segona marxa		2.42	3.91	33.01	14.58	1131.54	3644.25	186.75
tercera marxa		2.75	6.66	80.56	20.03	823.94	2653.58	186.75
quarta marxa (100km/h)		3.97	10.63	171.81	25.96	635.70	2047.33	186.75

Figura 2. Mostra dels resultat de la primera de les quatre tasques cooperatives

c.4. Resultats MTMII

Es realitza la comparativa dels resultats entre els cursos 2011-2012 i 2012-2013 per tal d'avaluar l'efectivitat de la xarxa:

- El rati de participació en el lliurament de tasques és, al curs 2012-13 d'un 92.3% i al curs 2011-12 es d'un 80.2%. Per tant s'ha incrementat la participació en un 10.1%.
- La mitja d'aprovat al curs 2012-2013 s'ha incrementat en un 7.64% respecta al 2011-2012. El nombre d'alumnes que aproven MTM II al curs 2011-12 és de 29 d'un total de 62. El que significa un 46.77% del total de matriculats. En referència al curs 2012-13, el superen 37 d'un total de 68, suposant un 54.41% del total de matriculats.
- Finalment, el nombre d'alumnes que han abandonat l'assignatura ha disminuït en un 56%. Al curs 2011-12 varen ser 23 alumnes. Al curs 2012-13, 10 alumnes.

Analitzant els resultats concloem de manera general que:



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- La incorporació de noves activitats d'aprenentatge cooperatiu no presencial ha estat realitzada satisfactòriament amb un nivells generals de participació alts.
- Augmentem la motivació i la implicació de l'alumnat: hi ha menys taxa d'abandonaments.
- Es milloren els resultats generals de participació i aprovats.
- Augmenta i millora els mecanismes de retroalimentació entre professor i alumne, utilitzant aquestes dades durant el curs com a indicatiu de la marxa de l'assignatura.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Ríos Corbacho, J.M. y Holgado Sáez, C. (2009). La técnica del puzzle como herramienta del aprendizaje corporativo, pp. 145-158. En: Gavidia Sánchez, J.V./López Sánchez, J.A./Rodríguez Torrejón, J.: Nuevos Títulos de Grado en el Espacio Europeo de Educación Superior. Cádiz: Octaedro.
- Castillo S., Cabrerizo J., Prácticas de Evaluación Educativa. Materiales e Instrumentos. Madrid, Pearson, 2003.
- Curso ICE, Acciones para el desarrollo de la docencia y la investigación universitaria: Modelo de diseño según ECTS, Universitat Rovira i Virgili, 2003.
- Curso ICE: “Millorar la classe magistral a l'aula universitària”, Universitat Rovira i Virgili, 2010.
- Curso ICE, “Taller Moodle I”, Universitat Rovira i Virgili, 2012.
- Curso ICE, “Taller Moodle II”, Universitat Rovira i Virgili, 2013.