



Institut de Ciències de l'Educació

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

JORNADA DE PRESENTACIÓ DE RESULTATS DELS PROJECTES DE MILLORA DE LA DOCÈNCIA 2007

Metodologia “learning by doing” aplicada a l’ensenyament pràctic de les màquines elèctriques com a eina de suport al procés d’adaptació al nou model docent vinculat a l’Espai Europeu d’Ensenyament Superior

*Jordi de la Hoz Casas, Alfredo de Blas del Hoyo, Joan Llaverias Sanmartí,
Ramon Bargalló Perpinyà, Helena Martín Cañadas, Lorenzo Salamó Grau*

Filiació del autors

Jordi.de.la.Hoz@upc.edu

Tipus d’ajut rebut: UPC_2004

Resum

En l’àrea de màquines elèctriques de l’Escola Universitària d’Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB) s’ha dut a terme un projecte de millora i innovació docent amb el finançament de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i l’ajut del Departament d’Enginyeria Elèctrica.

Un dels eixos principals dins del projecte de millora i innovació en l’àrea de màquines elèctriques ha estat el disseny d’una nova metodologia activa de pràctiques. La nova metodologia neix com a resultat de l’adaptació de la metodologia “learning by doing” a les especificitats del treball pràctic de les assignatures de màquines elèctriques.

El desenvolupament i implantació d’aquesta metodologia activa centrada en l’estudiant ha obtingut uns resultats excel·lents i ha estat una eina que ha permès adaptar les assignatures de màquines elèctriques als nous models docents establerts per la UPC en el context de l’EEES fent possible que els estudiants tinguin un paper més actiu dins del procés d’ensenyament i aprenentatge.

Paraules clau

EEES, curs pràctic de màquines elèctriques, metodologies actives, competències transversals

1. Introducció

A. Situació inicial

A l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona s'imparteix la titulació d'Enginyeria Tècnica Elèctrica. Dins d'aquesta titulació, en l'àrea de màquines elèctriques, es poden trobar les assignatures de "Màquines Elèctriques 1" i "Màquines Elèctriques 2". En aquestes assignatures s'imparteixen els fonaments teòrics i pràctics de les màquines elèctriques i estan localitzades en el tercer i quart quadrimestre d'un total de sis.

Durant les reunions periòdiques d'anàlisi de l'evolució de la docència de les assignatures abans esmentades, es va detectar un descens en els resultats obtinguts pels alumnes, especialment en l'apartat de pràctiques. Per aquest motiu es constituí un grup de treball que dugué a terme un estudi del veritable estat de les pràctiques de màquines elèctriques. D'aquest estudi s'identificaren un seguit de problemes:

- Disminució del nivell d'aplicació dels coneixements impartits
- Disminució del nivell de redacció i presentació dels treballs originals
- Còpies reiterades d'informes d'anys anteriors per part d'un determinat perfil d'alumne
- Baixa capacitat dels alumnes per relacionar els fenòmens pràctics amb les explicacions teòriques
- Baixa capacitat dels alumnes en la interpretació dels esquemes elèctrics
- Baixa capacitat dels alumnes a l'hora de realitzar pel seu compte un muntatge elèctric
- Manca de motivació i d'atenció dels alumnes en el laboratori
- Manca de participació dels alumnes en el desenvolupament de la pràctica

B. Causes

De l'estudi realitzat s'identificaren les tres principals causes als problemes detectats, els reiterats canvis de plans d'estudi, la metodologia emprada i el procés d'avaluació.

B.1 Plans d'estudi

En l'EUETIB s'han dut a terme en deu anys dos canvis de plans d'estudi, els dos canvis de plans d'estudi ha significat una disminució del nombre d'hores de pràctiques i amb elles una desvinculació de l'alumne amb el laboratori.

B.2 Metodologia emprada

En les pràctiques de màquines elèctriques es feia servir la metodologia tradicional de laboratori consistent en un reduït grup d'estudiants al voltant d'un professor de pràctiques, que actua com a "demostrador" d'uns procediments de treball en l'assaig de la màquina objecte de treball, seguint els criteris descrits en el manual de laboratori.

La metodologia presentava importants deficiències. No era una metodologia centrada en l'aprenentatge, ja que malgrat si que presentava un seguit

d'activitats d'aprenentatge aquestes no permetien que l'estudiant s'impliqués activament. Es transmetia coneixement però no es garantia l'adquisició d'una sèrie de competències. Tampoc permetia l'aprenentatge efectiu ja que l'estudiant no aprenia actuant i observant els resultats de les seves accions, sinó que ho feia veient i escoltant al professor explicar allò que havien d'aprendre.

B.3 Procés d'avaluació

El fet que els objectius definits en la part pràctica de l'assignatura fossin de caire teòric, i els únics que contaven a l'hora d'avaluar el treball realitzat pels alumnes, incidien negativament en el transcurs de l'actuació dels alumnes en el laboratori. D'aquesta manera es potenciava una baixa implicació emotiva en el treball realitzat en el laboratori i és fomentava l'actitud de l'alumne com a "oient passiu". Sens dubte aquest fet ha estat un factor primordial que ha induït als alumnes cap a la desmotivació en vers al treball en el laboratori.

C. Motivació

Com a conseqüència dels resultats obtinguts en l'estudi s'endegà pla de millora de la situació docent de les assignatures de Màquines Elèctriques 1 i Màquines Elèctriques 2, prenent especial atenció en l'àmbit del treball pràctic. Es pretenia redreçar la situació i facilitar l'adaptació de les assignatures al nou context de l'Espai Europeu d'Ensenyament Superior.

2. Descripció

A. La gènesi de la nova metodologia en el context de l'EEES

Des de l'àrea de màquines elèctriques, en el context del pla de millora docent de les assignatures "Màquines Elèctriques 1" i "Màquines Elèctriques 2", es decidí adaptar aquestes assignatures a les noves proposicions i directrius docents definides en el nou model docent de la UPC. Aquest defineix i marca els criteris estratègics sobre el que ha d'ésser la docència dins del marc de l'EEES. Per tal de dur a terme aquesta adaptació es definí un pla d'innovació docent que constà de cinc fases, definició dels objectius docents, modificació dels temaris de les assignatures, disseny de la nova metodologia, elaboració de la documentació docent, implantació de la nova metodologia i estudi dels resultats obtinguts.

De l'anàlisi de la situació inicial es copsà que en les assignatures la concepció dels objectius era fonamentalment teòrics, i que hi mancaven tot un conjunt d'objectius competencials.

Un cop plantejats i formulats els nous objectius de les assignatures en concordança amb els nous criteris docents, s'obriren dos possibles vies de treball. La primera via, més rupturista, consistia en formular un pla de treball de millora docent que garantís el desenvolupament dels objectius formulats mitjançant la utilització exclusiva de metodologies actives (PBL, treball cooperatiu). L'altra era aplicar aquestes metodologies actives en el treball pràctic de l'assignatura per tal d'assegurar el desenvolupament dels nous

objectius i el compliment de les noves directrius docents, mantenint una estructura tradicional en l'apartat teòric.

Finalment s'optà per aplicar les metodologies actives en l'apartat del treball pràctic de les assignatures, principalment, per a mitigar el transitori d'adaptació al nou model docent i degut a que aquestes assignatures, de caire eminentment teòric, estaven ubicades en els primers cursos de carrera.

B. Objectius de les pràctiques de les assignatures “Màquines Elèctriques 1” i “Màquines Elèctriques 2”

En el procés de definició dels objectius de les pràctiques de màquines elèctriques es diferencià entre els coneixements i el nivell de coneixement que els alumnes haurien d'adquirir, i les competències, capacitats i habilitats que els alumnes haurien d'atresorar al finalitzar els cursos i en quin grau aquestes haurien de ser atresorades.

La definició dels objectius cognitius de les assignatures vindria determinat pel Ministeri d'Educació i Ciència, mentre que els seus objectius competencials correspondrien als objectius definits en l'apartat de pràctiques. Aquests estarien clarament inspirats i guiats pels documents [1], [2], [3], [4], [5] i [6].

a. Objectius competencials de les pràctiques

La nova metodologia objecte de disseny hauria d'ésser una eina capaç d'aportar un marc que permetés als alumnes fomentar i desenvolupar els següents objectius:

Objectiu 1: Comunicació

Objectiu 2: Coneixement

Objectiu 3: Treball en equip

Objectiu 4: Treball ètic

Objectiu 5: Adquirir informació

b. Objectius cognitius de les pràctiques

En l'àmbit dels objectius cognitius s'ha pretès que els estudiants desenvolupessin els objectius següents:

Objectiu 1: Experiment

Objectiu 2: Model

Objectiu 3: Instrumentació

Objectiu 4: Anàlisi de les dades

Objectiu 5: Seguretat

C. Metodologia

Durant el procés de disseny de la nova metodologia es volia que aquesta garantís el compliment dels objectius formulats i per això s'optà per un concepte de metodologia activa d'aprenentatge basada en la metodologia “learning by doing”. Amb aquest tipus de metodologia es perseguia motivar als estudiants per al treball en el laboratori, fomentar la seva participació i

actitud positiva, i implicar més a l'alumnat en el desenvolupament de les pràctiques.

Per fer més efectiva la metodologia es dotà d'una franja horària de lliure accés al laboratori als alumnes com a eina de suport al desenvolupament del seu treball. En aquesta franja horària els alumnes contarien amb l'ajut de la figura del "becari de suport a l'aprenentatge en el laboratori". El perfil d'aquesta figura corresponia a un estudiant d'enginyeria que estigués cursant el seu projecte final de carrera i que hagués realitzat les assignatures d'intensificació de l'àrea de màquines elèctriques. Les funcions d'aquest becari seria la d'assessorar als alumnes en qualsevol tasca del treball que haguessin de realitzar en el laboratori.

En la nova metodologia es definirien tres estadis de treball, el previ al laboratori, el treball de laboratori i el posterior al laboratori. En cada un d'aquests estadis els alumnes treballaran de manera estable en grups de dos a tres persones.

En els tres estadis s'optà per intentar desenvolupar els diferents objectius definits en les pràctiques. L'estadi del treball previ al laboratori consisteix en llegir i entendre la documentació del manual de pràctiques, i si l'estudiant ho creu convenient, en aprofitar la franja horària de suport.

En l'estadi del treball al laboratori la feina feta pels estudiants de "Màquines Elèctriques 1" i "Màquines Elèctriques 2" és bàsicament la mateixa, aquesta consisteix en dur a terme tots els objectius formulats per cada una de les sessions de pràctiques del curs.

Finalment, el treball posterior al laboratori consisteix en redactar un informe per cada sessió de pràctiques, a lliurar cada quinze dies després de la pràctica, i en els darrers dies del curs, realitzar una defensa oral d'una de les pràctiques del curs.

Malgrat que la filosofia de treball emprada en les pràctiques màquines elèctriques havia d'ésser la mateixa per a les dues assignatures, en el disseny d'aquesta nova metodologia s'optà per augmentar de manera progressiva el grau de dificultat del treball realitzat en el laboratori. És a dir, es volia que la dificultat en la realització del treball de pràctiques de "Màquines Elèctriques 1" anés en augment de manera gradual a mesura que passin les sessions fins que s'arribés a un determinat llindar. Aquest llindar hauria d'ésser la base en la que se sustentessin els coneixements dels alumnes de "Màquines Elèctriques 2".

D. El procés d'avaluació en la nova metodologia

El procés d'avaluació és un dels punts claus en la motivació dels alumnes en el moment d'enfrontar-se al treball a realitzar en una assignatura. Durant la fase de disseny del procés d'avaluació s'optà per fer extensiu aquest procés a tots els àmbits de treball de l'alumne per mantenir i garantir l'atenció de l'alumne en cada un d'aquests estadis. Per facilitar a l'alumne el

procés d'aprenentatge es va optar per aportar un material pedagògic que emfatitzes la relació entre els models teòrics i els resultats obtinguts en el laboratori i facilités la seva comprensió.

En la primera mitja hora de treball en el laboratori, els alumnes han de donar resposta a un seguit d'objectius formulats en cada treball pràctic i a la vegada avaluar si les respostes dels seus companys són correctes o no. Per garantir que l'avaluació dels alumnes no depengués del professor de pràctiques, es realitzà una estandardització de les preguntes a formular i dels barems per mesurar les respostes dels alumnes, i es definí el nivell mínim d'exigència dels coneixements adquirits.

Passada aquesta primera mitja hora es duen a terme la resta d'objectius del treball en el laboratori. En l'avaluació d'aquests es tindrà en compte el correcte procediment de muntatge dels diferents assajos, el correcte procediment de la realització de l'assaig, la interpretació i anàlisi de resultats, a més a més del correcte dimensionament de la màquina assajada. De la mateixa manera que en el treball previ, cada objectiu a avaluar del treball en el laboratori té formulats uns barems d'avaluació a partir dels quals segons si els alumnes els han realitzat de manera satisfactòria o no obtenen una puntuació o una altra.

Pel que fa l'avaluació del treball posterior al laboratori consta de dos blocs diferenciats, el lliurament quinzenalment dels informes de pràctiques i la defensa oral d'una d'aquestes pràctiques.

En l'avaluació dels informes tècnics els alumnes tenen l'opció, un cop l'informe ha estat avaluat, d'assistir a una xerrada amb el professor per tal de comentar les errades detectades. D'aquesta manera es pretén esclarir els possibles dubtes tècnics i guiar a l'alumne en el procés de redacció dels informes.

La defensa oral d'una de les pràctiques es realitza al final del curs. Per garantir que cada un dels components del grup s'ha preparat la defensa de cada pràctica, se sortejarà quin dels membres del grup ha d'exposar i quina pràctica és objecte d'exposició.

3. Resultats

Durant el procés d'implantació de la nova metodologia s'ha dut a terme un seguiment amb la finalitat de determinar si aquesta metodologia permetia corregir les mancances detectades en l'apart del treball pràctic de les assignatures, si aportava un marc propici que garantís l'assoliment dels objectius plantejats i el desenvolupament de les competències i habilitats definides.

Un dels mecanismes de seguiment utilitzats, a part de l'avaluació realitzada als alumnes durant els diferents estadis de treball, ha estat motivar als alumnes a expressar la seva opinió respecte de les pràctiques de màquines elèctriques mitjançant una enquesta tipus SEEQ adaptada a les

particularitats de l'experiència docent pilotada. L'enquesta que es lliura als alumnes consta de cinquanta-quatre preguntes amb les que s'intenta copsar la visió genèrica dels alumnes respecte les pràctiques, la metodologia emprada, i el material pedagògic.

En aquest apartat ens servirem dels ítems més significatius del total de cinquanta-quatre existents en l'enquesta per comentar i analitzar els resultats del procés d'implantació de la metodologia. Les dades seran agrupades segons objectius competencials (comunicació, coneixement i treball en equip) o cognitius.

En l'apartat d'objectius de comunicació les preguntes seleccionades com a més significatives són A(referent a la importància dels informes tècnics i a la defensa oral en la consolidació dels coneixements), B(millora en l'expressió oral i escrita) i C(referent a la conveniència del foment de la capacitat oral i escrita). En la figura "1.a" hem resumit les respostes dels alumnes, aquestes es ponderen de 1 a 5 en funció del grau de conformitat de la pregunta.

De l'anàlisi de la figura 1a es pot deduir que els alumnes valoren positivament el realitzar tasques dedicades al desenvolupament de les capacitats oral i escrita, ja que consideren que afavoreixen l'obtenció millors resultats en l'avaluació sumativa (A). No obstant la majoria d'ells no consideren important el desenvolupament d'aquestes capacitats (C) i no perceben que el treball fet durant el curs s'hagi traduït en un augment prou significatiu d'aquestes (B).

En la figura 1b es representen els resultats corresponents als indicadors seleccionats com a més significatius dels objectius de valoració del coneixement. Aquests indicadors són D (satisfacció del procés d'aprenentatge), E (comprensió dels continguts de les pràctiques) i F (sobre si les pràctiques ajuden a millorar la comprensió de la teoria). De l'anàlisi d'aquests indicadors se'n desprèn que existeix un alt grau d'acceptació i valoració del procés d'aprenentatge desenvolupat amb la nova metodologia, la percepció que una gran part dels coneixements han estat assolits i que aquests coneixements adquirits durant el treball pràctic han servit per completar i entendre millor la visió teòrica de l'assignatura.

Per estimar la valoració i percepció que els alumnes han tingut del treball en grup durant el transcurs de les pràctiques s'han escollit els indicadors G (referent a l'aprenentatge adquirit mitjançant els altres membres del grup), H (l'avaluació d'altres grups com a eina d'aprenentatge), I (organització consensuada de tasques), J (foment de l'honestedat i responsabilitat), K (foment del treball en grup), L (sensació d'integració en el grup), M (nombre de tasques realitzades en grup) i N (valoració del treball en grup). Per facilitar la seva lectura hem agrupat aquests indicadors en dos grups (en la figura 1.c els indicadors G, H, I i J; la resta en la figura 1.d).

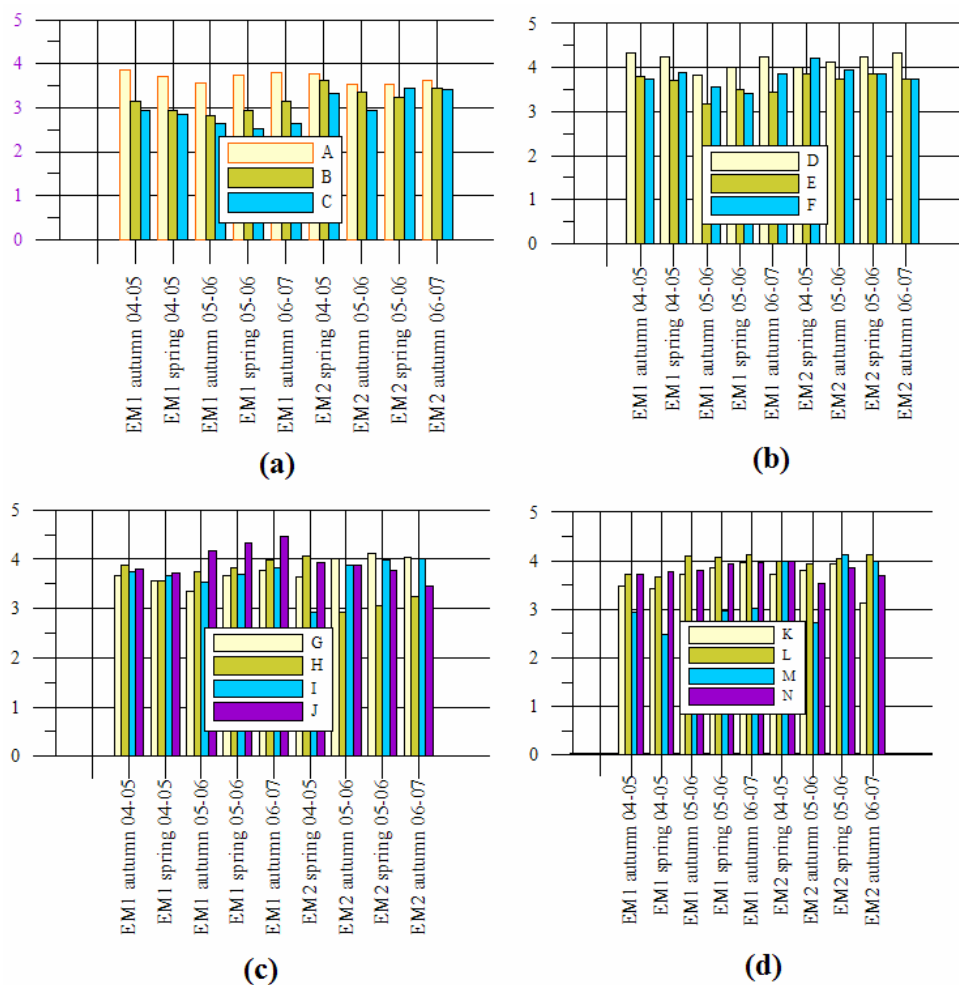


Figura 1. Indicadors de les categories dels objectius competencials. (1.a) Comunicació. (1.b) Coneixement. (1.c) y (1.d) Treball en grup.

De l'anàlisi de les dades de la figura 1.c y 1.d se'n desprèn que no s'ha reeixit a l'hora de fomentar i garantir el treball en grup en tots els estadis de les pràctiques de màquines elèctriques (M), això explicaria la diferència entre els indicadors (K) i (L). No obstant això, existeix una percepció prou significativa per part dels alumnes d'haver treballat en grup durant tot el curs (K), que aquest treball els hi ha permès obtenir millors resultats aprenent directament dels seus companys (N, G, H), i que en tot moment han estat conscients de la responsabilitat del seu treball envers els resultats acadèmics dels companys de grup (J).

La valoració dels objectius cognitius s'analitza mitjançant els indicadors O (grau de coneixement dels models teòrics), P (grau de l'aprenentatge dels assajos), Q (capacitat de selecció i aplicació de la instrumentació) i R (capacitat per desenvolupar assajos en màquines elèctriques). Els resultats es mostren en la figura 2.

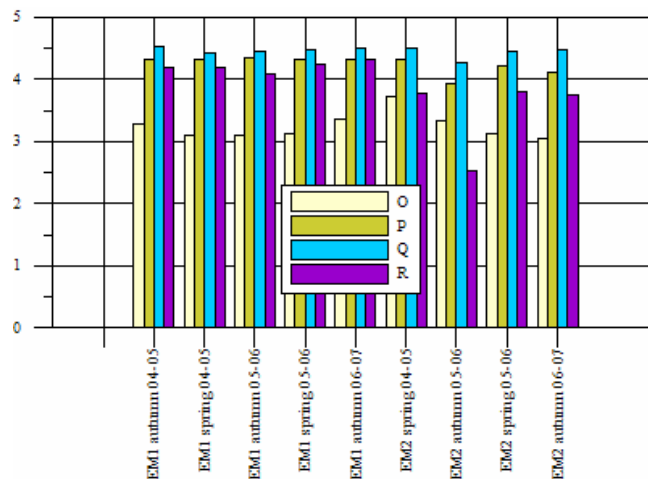


Figura 2. Indicadors dels objectius cognitius.

De l'anàlisi de la figura 2 se'n desprèn la dificultat que per als estudiants té l'assimilació i comprensió dels models matemàtics associats a les màquines elèctriques. Aquesta pot ser deguda a la complexitat i a la manca de temps de sedimentació dels nous continguts. Aquesta situació contrasta amb una elevada percepció d'assoliment dels objectius d'instrumentació, adquisició i anàlisi de dades i experimentació.

Finalment analitzarem una selecció dels indicadors de la valoració dels alumnes respecte al curs. Aquests indicadors són S (valoració del procés d'avaluació), T (idoneïtat de l'avaluació del treball en el laboratori), U (valoració del material pedagògic), V (increment en l'interès de l'assignatura) i W (valoració del curs de pràctiques respecte altres realitzats en la mateixa universitat).

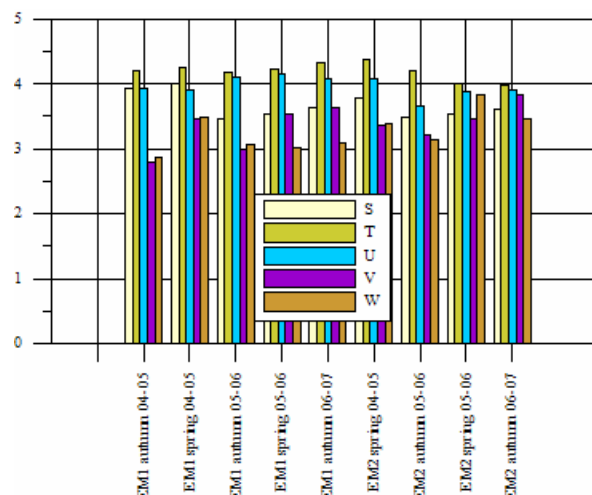


Figura 3. Indicadors genèrics de les pràctiques de màquines elèctriques.

De l'anàlisi de la figura 3 es pot concloure que hi ha hagut una acceptació del procés d'avaluació, del fet que s'avaluï el treball realitzat en el laboratori, i del material pedagògic de suport a la nova metodologia (S, T, U). No

obstant això, tant sols al voltant d'un 50% d'alumnes considera que el seu interès per l'assignatura ha augmentat gràcies al treball desenvolupat en el laboratori, tant per cent que coincideix amb la proporció d'alumnes que consideren que aquestes pràctiques són millors que la majoria de cursos que han fet en la universitat.

Per tal de corregir aquells apartats on s'ha detectat una percepció pobre per part dels estudiants s'han previst un seguit d'actuacions, aquestes venen resumides en la taula 2.

Taula 2. Accions correctives

Baixa Percepció	Accions
Item B	Emfatitzar en la xerrada d'inici de curs la importància de les competències de comunicació en la feina dels enginyers
Item C	Elaboració d'un conjunt de manuals en forma de guies de com dur a terme presentacions en públic i com redactar memòries tècniques
Item M	Penalització, quan es detectin, de les tasques de caràcter grupal realitzades de manera individual
Item O	Emfatització dels models teòrics de les màquines elèctriques durant les sessions de teoria de l'assignatura

4. Conclusions

La implantació de la metodologia "learning by doing" aplicada a tots els estadis del treball pràctic de les assignatures de màquines elèctriques ha permès, amb un nombre molt inferior d'hores, obtenir millors resultats que els que s'obtenien amb les concepcions tradicionals de pràctiques. La utilització i adaptació d'aquesta metodologia a les especificitats del treball pràctic de les màquines elèctriques aporta a l'estudiant un marc on adquirir i desenvolupar un seguit de coneixements i competències que amb una concepció tradicional del treball pràctic resulta del tot impossible.

El nou marc de treball ha permès als estudiants de l'assignatura tenir un paper més actiu en el procés d'aprenentatge i als estudiants dels últims cursos de l'especialitat de màquines elèctriques desenvolupar les tasques

de professors assistents dels seus propis companys, fomentant així una major implicació dels estudiants en l'àrea de màquines elèctriques.

Durant el projecte de millora docent s'han fet servir diferents indicadors per comprovar l'assoliment dels objectius definits, la percepció dels estudiants respecte l'assoliment o no d'aquests objectius, i l'acceptació d'aquest tipus de metodologia de treball per part dels estudiants, obtenint en tots els casos resultats amplament satisfactoris.

Així doncs l'adaptació de metodologies actives a les diferents especificitats dels treballs pràctics hauria d'ésser contemplada com un camí viable en l'adequació de les assignatures de caire tradicional en el nou context de l'EEES, ja que garanteix el desenvolupament d'un seguit de competències transversals amb la convivència d'una estructura teòrica de classe expositiva tradicional. No obstant, l'adaptació metodològica al context de l'EEES presenta un cost de recursos humans, una major càrrega de treball per part del professorat i una necessitat de formació específica.

5. Referències

1. Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, Consejo de Coordinación Universitaria. "Propuestas para la renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad". Secretaría General Técnica, 2006.
Also available in WWW.mec.es/educa/ccuniv/html/metodologias/docu/PROPUESTA_RENOVACIÓN.pdf . Data de l'últim accés: 12/03/2007.
2. Agència per la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya. "Criteria for degree accreditation", 2004.
Also available in www.aqucatalunya.org. Data de l'últim accés: 12/03/2007.
3. Vicerectorat d'Ordenació Acadèmica. "Sobre el model docent de la UPC a l'EEES", Document CG 19/12 2004, Desembre 2004.
4. Comissionat de la UPC per a l'EEES. Guia per l'aplicació del sistema europeu de crèdits (ECTS) a les titulacions oficials de la UPC, Setembre 2004.
5. Sparkes, J.J, "Quality in higher education", Engineering Science and Education Journal , Volume: 4 , Issue: 6 , Dec.1995 Pages:253 - 258
6. The Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills, "What Work Requires of Schools: A SCANS Report for America 2000", a publication of the US Department of Labor, June 1991.
7. ABET, "Criteria for Accrediting Engineering Programs" 2006-2007
9. Lyle D. Feisel, George D. Peterson, "A colloquy on Learning Objectives For Engineering Education Laboratories", Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition, American Society for Engineering education, 2002.
10. Jinks, R., "Developing experimental skills in engineering undergraduates", Engineering Science and Education Journal , Volume: 3 , Issue: 6 , Dec. 1994
Pages:287 – 290.

11. Solomonides, I.P., Button, B.L., "Improving the quality of student learning: a systems approach", Engineering Science and Education Journal ,Volume: 3 , Issue: 3, June 1994, Pages:131 – 136
12. Henderson, K.; "Educating electrical and electronic engineers", Engineering Science and Education Journal ,Volume: 6 , Issue: 3 , June 1997, Pages:95 – 98.
13. Cook, R., "The new method of Academic Review: implications for engineering", Engineering Science and Education Journal ,Volume: 10 , Issue: 6 , Dec. 2001, Pages:219 – 223.
14. Sterling, M. J. H., "Engineering-the future: or engineering the future", Engineering Science and Education Journal ,Volume: 11 , Issue: 5 , Oct. 2002, Pages:173 – 184.