

## MILLORA DE LA QUALITAT DOCENT PER MEDI DE L'EXPERIMENTACIÓ. APLICACIÓ A L'ÀREA D'AUTOMÀTICA

Josep M.Fuertes, Ricard Villà Albert Masip

**Departament d'Enginyeria de Sistemes , Automàtica i Informàtica  
Industrial, Pau Gargallo 5, 08028 Barcelona**

[josep.m.fuertes@upc.es](mailto:josep.m.fuertes@upc.es)

[ricard.villa@upc.es](mailto:ricard.villa@upc.es)

[albert.masip@upc.es](mailto:albert.masip@upc.es)

Tipus d'ajut rebut: DURSI\_2002

### Resum

En aquesta ponència es presenta el projecte de millora de la qualitat docent dins l'àrea de l'automàtica (l'àrea de l'automàtica. Proposta per a la millora de qualitat docent a la UPC. Ref.21-MQD-2002) i específicament es fa esment a la part que correspon al model didàctic i organitzatiu d'aprenentatge per mitjà de l'experimentació que s'està aplicant en l'assignatura de Tecnologia de Control, assignatura que s'imparteix en la titulació d'Enginyeria Industrial a Barcelona, dins el marc de la intensificació en Automàtica. Així mateix la ponència també fa una presentació de la resta de resultats del projecte esmentat.

### Paraules clau

Preprojectes, experimentació, aprenentatge.

### EL PROJECTE

#### 1.Introducció

L'experimentació és un dels recursos que permeten assolir un coneixement específic més intens, i al mateix temps, més viscut. Però requereix unes fortes dosis de creativitat per part dels estudiants i del professorat. Una sessió de pràctiques de laboratori, quan aquesta està reglada i confinada a una única metodologia i un únic resultat, encara que compleix un objectiu de cercar una interacció amb una realitat física, només dona una aproximació al coneixement que es deriva de la pràctica. Perquè el resultat sigui més profund, cal que la pròpia pràctica quedi modificada per la interacció amb l'estudiant, o sigui, quan l'estudiant experimenta i pren decisions pròpies i les executa. Llavors és quan aquest interacciona i aprèn, fins i tot dels seus propis errors. A partir d'aquesta perspectiva s'ha dissenyat els continguts i la metodologia de la part de preprojecte d'aquesta assignatura. El treball que es presenta en aquesta aportació mostra l'estructura i el model que s'ha dissenyat per l'assignatura de Tecnologia de Control, que ja en la seva definició es va programar perquè incorporés una forta component experimental, acompanyant els desenvolupaments teòrics de les altres assignatures de la intensificació en Automàtica.

Aquesta aportació enllaça totalment amb la finalitat principal del projecte concedit, que és la millora de la qualitat docent en l'ensenyament de l'Automàtica dins l'àmbit de la Universitat Politècnica de Catalunya. Però també enllaça amb les finalitats secundàries, entre Universitat i Empresa, la formació de l'alumnat basant-se en casos pràctics, utilitzant les Tecnologies de la informació per facilitar l'aprenentatge dels estudiants i poder, d'aquesta manera, ajudar a la millora del rendiment acadèmic dels alumnes.

## 2.Objectius

Aquest projecte té els següents objectius:

- La producció de material docent necessari per un desenvolupament de qualitat de les diferents assignatures relacionades amb el Control Automàtic i en particular, les referents a la Tecnologia de Control. Aquesta darrera temàtica s'imparteix en tres titulacions a la UPC i fa esment a la part més aplicada i més pràctica de la teoria de Control Automàtic.
- El fet de potenciar les tutories ja existents. Com a professors d'ensenyament superior que som cal guiar l'estudi individual dels alumnes que preparen les assignatures relatives al Control Automàtic amb tutories. Aquestes tutories poden estar relacionades amb les noves metodologies docents, amb el curs de l'assignatura i amb el desenvolupament dels Projectes Final de Carrera, on també cal incloure aquells que es desenvolupin en contacte directe amb l'empresa.
- Oferir un complet sistema de garantia de la qualitat per assegurar que la transmissió de coneixement de les assignatures relatives al Control Automàtic es desenvolupa de la millor manera i que aquest coneixement de la disciplina arriba adequadament a l'estudiant.
- Contribuir a la millora de rendiment acadèmic dels estudiants en relació a les assignatures de Control Automàtic, tot potenciant la seva voluntat d'aprendre i excel·lir en aquesta disciplina transversal, que és present a qualsevol àrea temàtica de l'Enginyeria, evitant tot indici per part de l'alumne de només voler aprovar l'assignatura.
- Fomentar la coordinació del professorat que imparteix les diferents assignatures d'Automàtica als diferents centres de la mateixa Universitat gràcies a aquest projecte comú. Coordinar també el professorat d'automàtica amb professors d'altres àrees que col·laborin en els Projectes Docents comuns, com aquest mateix.
- Reforçar el practicum en l'àmbit professional i així suavitzar el salt existent entre la formació a les aules i els casos reals que la indústria planteja als alumnes abans que aquest finalitzin completament els seus estudis universitaris.
- Fomentar el treball en equip, la creativitat i l'esperit emprenedor dels estudiants, de manera que hagin adquirit aquests valors, fonamentals, quan s'incorporin al món industrial. A la indústria, l'Enginyer pot no treballar sol, de manera que cal fer que l'estudiant aprengui a discutir les idees en grup, a contrapesar les seves pròpies davant les dels altres enginyers, a oferir noves possibilitats, a aportar noves idees i també impulsa o fer de motor de nous Projectes.

- Impulsar les actuacions de caràcter transversal ja sigui dins la mateixa disciplina de l'Automàtica com entre diferents titulacions dins l'Enginyeria. De fet, assignatures com ara la Tecnologia de control ja desenvolupen per sí mateixes aquest paper de transversalitat en tots dos aspectes, dins de l'Automàtica i amb d'altres àrees de coneixement dins l'Enginyeria.
- Potenciar la connexió entre teoria i pràctica professional de tal manera que el que l'alumne veu a classe no s'allunyi d'un futur pràctic professional proper.

### 3.Descripció

Com ja s'ha dit anteriorment, en aquesta aportació centrem les idees del desenvolupament del projecte de l'assignatura de Tecnologia de Control. Per aquest motiu a continuació s'exposa l'entorn d'aquesta assignatura. El pla d'estudis de 1994 de l'ETSEIB ha contemplat unes intensificacions que agrupen matèries optatives de temàtica coherent. L'objectiu que s'ha buscat ha estat doble, per una banda orientar els estudiants a l'hora de confeccionar el seu portafoli, indicant unes trajectòries marcades per les assignatures optatives, i per una altra, permetre l'organització coherent d'un es de àrees temàtiques des del punt de vista docent. L'Escola reconeix aquesta trajectòria mitjançant un diploma d'intensificació, acompanyant el títol, sempre i quan es compleixin unes condicions de seguiment. Entre aquestes intensificacions ofertes hi ha la intensificació en Automàtica. La intensificació en Automàtica agrupa set assignatures optatives d'aquesta àrea que, juntament amb les assignatures obligatòries d'aquest mateix àmbit, formen un conjunt coherent, tant pels seus continguts teòrics com pràctics i experimentals. Entre aquestes assignatures n'hi ha una que té un contingut eminentment pràctic i que té la finalitat de reforçar aquesta part pràctica, l'assignatura de Tecnologia de Control. Aquesta assignatura contempla, a més de continguts d'enllaç amb la realitat industrial, el desenvolupament d'un preprojecte.

L'objectiu principal de l'assignatura de tecnologia de control és la aplicació de la llei de control, elaborada a partir d'un disseny teòric, teòrico-experimental o, en alguns casos, experimental, amb la planta que es vol controlar. Aquesta aplicació requereix coneixements específics que donen peu a la vessant teòrica de l'assignatura de Tecnologia de Control. Així, aquesta assignatura té una component teòrica i l'altre experimental, amb un repartiment temporal equivalent.

Els estudiants de Tecnologia de Control, ja han adquirit amb anterioritat coneixements de la teoria clàssica i discreta de control, ja que han cursat prèviament les assignatures de Dinàmica de Sistemes i Control amb Computador. Amb Tecnologia de Control, es pretén que aquest estudiants adquireixin, no només coneixements de tecnologies de control, sinó també un cert grau de destresa amb aquestes tecnologies. Per aquesta raó, l'assignatura s'ha dissenyat amb una component pràctica molt important, conduïda mitjançant la realització d'un preprojecte al llarg del curs.

El preprojecte s'entén com una reflexió metodològica conjunta entre els grups d'estudiants i el professor, el qual actua tant d'instructor com d'organitzador i impulsor.

En aquest marc, la part pràctica de Tecnologia de control s'organitza en unes propostes de preprojectes que els estudiants hauran de desenvolupar en grups reduïts i amb el suport d'un professor. Amb això, es pretén que la interacció del professor amb els estudiants pugui ser suficientment intensa per aprofundir, discutir i avaluar les diferents opcions per a la realització del preprojecte.

En aquest sentit, cal destacar que l'experiència demostra que pocs dels alumnes que inicien aquesta assignatura coneixen o han tingut a les seves mans elements tecnològics de control (autòmats programables, sensors, vàlvules de control, etc.), però són capaços de passar dels conceptes a la realitat d'una manera suficientment àgil. D'altra banda, el preprojecte els permet concretar els coneixements abstractes que han anat adquirint al llarg de la carrera i, així mateix, els motiva a buscar i raonar les diverses alternatives de disseny i desenvolupament.

Amb l'objectiu que els alumnes aprofitin el màxim aquestes classes de preprojecte, el pla d'estudis preveu que les sessions de preprojectes siguin el grups de 8 estudiants, a fi de garantir el correcte seguiment de les sessions. Aquests grups, se subdivideixen en subgrups, cadascun d'ells amb un preprojecte propi. S'ha pogut constatar que la mida ideal dels subgrups és de dos estudiants, per eficàcia, rendiment i agilitat.

L'assignatura de Tecnologia de Control té una càrrega lectiva de 6 crèdits dels quals tres són de teoria i tres de preprojecte. D'aquesta manera, es disposa de 30 hores lectives de teoria i 30 hores de preprojecte. La realitat mostra que aquestes xifres sofreixen algunes variacions i al programar el temari s'opta per intensificar la teoria i els problemes en les primeres setmanes del quadrimestre, i deixar la segona part d'aquest pel treball en els preprojectes.

#### **4. Avaluació**

Per l'avaluació de l'aprenentatge de l'alumne en l'assignatura de Tecnologia de Control, el mètode utilitzat és el següent:

- Un examen amb una primera part basada en qüestions conceptuals o que requereixin raonament qualitatiu sobre temes del programa concretades en quatre o cinc preguntes. La segona part, consisteix en el desenvolupament d'uns problemes sobre el conjunt del programa de l'assignatura.
- L'avaluació dels projectes es realitza a partir d'una exposició pública per part dels alumnes dels objectius, desenvolupaments, les proves i els resultats parcials obtinguts en el seu desenvolupament. Cada grup disposa d'un temps reduït per presentar aquesta exposició en la qual, a més a més, poden presentar-se els prototips i les proves experimentals que considerin oportunes, d'acord amb el professor del preprojecte. Cada estudiant ha d'exposar i justificar quina ha estat la seva aportació individual en el preprojecte i ha de respondre a les preguntes que se li formulin.

- En la nota del preprojecte s'avalua , a més a més , la memòria lliurada. Aquesta ha de consistir en la recopilació dels documents preparats al llarg del quadrimestre, la pre-especificació , els documents dels objectius parcials, les proves , els documents de resultats experimentals , el manuals d'usuari, referències bibliogràfiques i els apèndixs oportuns.

La qualificació definitiva s'obté d'acord amb la normativa sobre l'avaluació dels estudiants de l'ETSEIB, la qual regula el càlcul de la nota final de l'assignatura , establint que la qualificació final serà la mitjana ponderada de les qualificacions de l'examen de la part de teoria i de la part de preprojecte, a parts iguals. De la mateixa manera , l'examen de la part de teoria pondera amb un pes del 20% la part conceptual i la resta pels problemes. En el referent a la part de preprojecte, es distribueix a parts iguals l'exposició i la memòria.

## **5. Metodologia**

L'assignatura de Tecnologia de Control té una càrrega de crèdits elevada dedicada al desenvolupament d'un preprojecte. En aquest aspecte, s'ha intentat fugir d'esquemes tancats en els quals l'estudiant ha de seguir una planificació rígida i amb poques opcions d'utilitzar el seu enginy. Altrament, s'ha optat per enfocar una metodologia basada en l'experimentació. En els anys que s'ha estat impartint aquesta assignatura, hem tingut l'ocasió de provar diverses opcions que ha permès que els desenvolupaments dels preprojectes s'ajusti al resultat esperat. La metodologia que s'ha seguit ha estat la següent:

- El coordinador de l'assignatura prepara un document de desenvolupament i seguiment dels preprojectes que s'acorda amb els professors de l'assignatura. Aquests preparen una llista de preprojectes, indicant els objectius inicials, la metodologia de desenvolupament, els mitjans requerits i la bibliografia de referència i de recolzament. Aquest document es difon entre els estudiants.
- A l'inici del curs es presenta aquest conjunt de possibles preprojectes als estudiants. En aquesta presentació, se'ls mostra els objectius principals de cadascun d'ells.
- Els estudiants tenen l'oportunitat de contactar amb els professors a través del Campus Digital o directament per aclarir els aspectes que creguin convenient.
- A partir de les sol·licituds dels estudiants es prepara l'assignació de preprojectes als grups. L'experiència de cursos anteriors mostra que es poden assignar aproximadament un 60 % de preprojectes a les primeres prioritats, un 30 % a segones prioritats i la resta a terceres prioritats.

En la primera sessió de preprojecte els estudiants , orientats pel professor corresponent, es plantegen el primer document d'especificació del preprojecte. La segona sessió de preprojecte està orientada a aspectes metodològics. A més , entre la primera sessió i la segona hi ha un espai de dues setmanes, en les quals es dóna temps als alumnes de documentar-se dels continguts i l'enginyeria del projecte. A partir de la tercera sessió els estudiants segueixen el perfil dissenyat en la segona sessió, comencen a

fer proves preliminars, anàlisi de requisits i d'equipament necessari i, en algun cas, propostes d'adquisició de material.

Les últimes sessions estan molt orientades a la preparació del document final de preprojecte, a experimentar amb els elements i components en el laboratori i a finalitzar les proves parcials i els programes de test i de preparació. Des de l'última sessió de preprojecte fins el dia de l'examen els estudiants acaben de preparar tant el document final com la presentació pública de preprojecte. El dia de l'examen final està marcat per Ordenació d'Estudis.

## **6.Resultats**

No sempre és fàcil avaluar els resultats metodològics de manera objectiva, però en aquest cas, podríem utilitzar com a paràmetre qualitatiu d'avaluació el corresponent a la implicació dels estudiants en la assignatura, de Tecnologia de Control.

En referència a aquest paràmetre, podríem valorar que el resultat és molt positiu. I al mateix temps, la implicació dels estudiants segueix un ritme creixent a mida que va desenvolupant les seves destreses i s'implica, tant en les tasques de disseny com de desenvolupament i de recerca de solucions pràctiques a fi de finalitzar correctament i a temps per a fer el lliurament del preprojecte en una sessió pública.

A més, donat que ja s'han fet un nombre suficientment gran de preprojectes i donat que una bona colla d'ells partien de condicions inicials similars, s'ha pogut constatar que els estudiants han cercat les seves solucions originals i creatives. Aquest resultat és doncs proa interessant per tal de constatar la implicació i l'interès dels estudiants en l'assignatura, fruit principalment del seu desenvolupament metodològic.

## **7.Altres Resultats**

El projecte de millora de qualitat docent també ha assolit altres fites que estan d'acord amb els objectius presentats en la seva memòria.

Hi ha hagut una tasca important de coordinació per a la preparació i en l'elaboració de material docent bàsic, ja que actualment no hi ha gaire suport bibliogràfic ni de referència en la temàtica de la Tecnologia de Control que s'adapti prou bé als objectius de l'assignatura, tot i que hi ha força manuals tècnics que recullen parcialment els continguts d'aquesta temàtica. Es per aquest motiu que hem triat aquesta temàtica com a punta de llança d'aquest projecte, proposant l'elaboració i producció de material docent específic per ella, però amb la perspectiva d'estendre les metodologies que puguem experimentar ca les altres temàtiques de l'àrea. Aquest material bàsic ha consistit en un llibre per a l'assignatura de Tecnologia de Control, un altre llibre per a l'assignatura de Control i Instrumentació de Processos Químics, i unes col·leccions de problemes per a ambdues assignatures, acompanyades d'uns exercicis per a resoldre al final de cada classe. Tota aquesta documentació està quasi be preparada i requereix una etapa final de repàs i de preparació del manuscrit final.

Per altre banda , també s'ha preparat material de presentació en format electrònic, ordenat i classificat pe temes i per sessions, amb suport de material dinàmic, gràfic i interactiu.

Tota la documentació d'aquestes assignatures es fa accessible per medi del Campus Digital de la UPC. Aquest Campus permet mantenir al dia la correspondència amb els alumnes, arxivar els seus treballs, qualificar-los i ordenar-los , deixar a l'abast tant documentació de seguiment del curs com altre documentació de suport i enviar notificacions i avisos.

Cal dir també que els estudiants tenen oportunitat d'expressar la seva valoració de les assignatures de diverses maneres. Per una banda, per medi de l'enquesta institucional, que es fa de manera saltejada. Per altre banda, per medi d'una enquesta pròpia, també individual ,que permet recollir les reflexions immediates dels estudiants. A més poden usar el Campus per a fer tots els comentaris i suggeriments que estimen oportú per tal de millorar o adaptar les assignatures a situacions concretes.

## **8.Conclusions**

En aquesta comunicació s'ha mostrat com l'assignatura de Tecnologia de Control és un pont d'enllaç entre els aspectes més conceptuals i teòrics de les assignatures de Control i la realitat pràctica i industrial de l'aplicació. No diem res de nou si afirmem que l'aprenentatge obtingut amb una signatura com aquesta té una component aplicada de gran interès, i que la metodologia seguida amb el preprojecte dóna una valor afegit tant pel nivell de coneixements adquirits com per la implicació de l'estudiant en els seus continguts.

La preparació i posada en funcionament d'una assignatura d'aquestes característiques ha requerit explorar tant els aspectes dels continguts teòrics corresponents a les tecnologies de control, com els mètodes aplicats al preprojecte. En el referent als aspectes teòrics, s'ha seguit el criteri de buscar una abstracció conceptual dels sistemes tecnològics indicats en el programa amb la finalitat de no caure en una presentació merament descriptiva dels components i, al mateix temps, oferir una generalització que permeti analitzar coherentment els sistemes industrials i abordar el disseny pràctic.

Però també cal dir que el cost i la dedicació que requereix per part del professorat és més gran que no pas en les assignatures clàssiques. Cada estudiant i cada preprojecte fan un conjunt única i per tant requereix un esforç de coordinació, tutorització i seguiment que requereix que la relació numèrica (estudiants per professor) sigui baixa.

## **9.Referències**

Fuertes, J.M., Masip, A., Velasco, M., Villà, R.(2003) Soporte a la docencia en Automática. Actas de XI Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnica. UPC, p.01-08. ISBN/ISSN: 84-6882216-7

Fuertes, J.M., Griful, E.(2003) Internet en el aprendizaje tecnológico universitario. Realidad actual, ventajas e inconvenientes. Suplemento del Boletín Educaweb(58) ESSN. 1578-5793

Costa R., Fuertes, J.M.(2003) Docencia sobre Sistemas Informáticos de Tiempo real en la ETSEIB . Actas de las VI Jornadas de tiempo-real. P.201-208. Universidad de Oviedo.

Caspi, P. Fuertes,J.M., et al.(2003) Guidelines for a Graduate Currículo on Embedded Software and Systems, ARTIST Roadmap W2.All.Y.1.IST-2001-34820,Grenoble.

Fuertes, J.M., Casals, A. (2000) Formació de l'Enginyer en i per a la Societat de la Informació i del Coneixement Proc. 1er Congrés d'Enginyers en Llengua Catalana CELC'00P.255-270 Manresa, Desembre.