

PER A LA MILLORA DE LA QUALITAT DOCENT EN L'AUTOMÀTICA A LA UPC

Albert Masip², Teresa Escobet¹, Ramon Comasolivas², Fatiha Nejjarí², Ramon Pérez², Joseba Quevedo², Rosa Argelaguet¹ i Josep Contreras²

*(¹)EPSEM i (²) ETSEIAT i EUETIT del Campus de Terrassa,
Departament ESAll
Universitat Politècnica de Catalunya*

albert.masip@upc.edu; teresa.escobet@upc.edu;
ramon.comasolivas@upc.edu; fatiha.nejjari@upc.edu; ramon.perez@upc.edu;
joseba.quevedo@upc.edu; josep.contreras@upc.edu; i rosa@eupm.upc.edu

Tipus d'ajut rebut: UPC_2005_2007 i 2005MQD00274

Resum

El projecte realitzat aporta millores de qualitat docent en la Regulació Automàtica a través de diferents accions en format multimèdia.

En aquest treball han participat professors dels centres educatius de la UPC ubicats als campus de Terrassa i Manresa (EUETIT, ETSEIAT, EPSEM) que comparteixen la mateixa àrea temàtica i s'hi han desenvolupat les eines següents:

- **Material interactiu (Viquipèdia de l'Automàtica)**; una pàgina web en format wiki on els estudiants poden consultar els conceptes fonamentals de Regulació Automàtica amb exemples sobre els quals practicar.
- **Qüestionaris d'auto-aprenentatge** en l'entorn de gestió de cursos Moodle que tenen per objectiu promoure la capacitat d'integració de conceptes.
- **Material escrit** concretat en un llibre que està actualment en revisió i amb data de publicació prevista dins el primer trimestre d'enguany; es tracta d'una eina en format electrònic per a l'aprofundiment en els conceptes i és una solució a la gran quantitat de bibliografia existent que dispersa el treball de l'estudiant d'Automàtica.
- **Laboratori remot**; un procés de laboratori sobre el qual l'estudiant pot experimentar i treure conclusions en format no presencial. L'ús d'aquesta eina és molt beneficiós en quant a l'augment del nombre de pràctiques i experiments que realitza l'estudiant i la possibilitat d'aprendre de forma més autònoma dins o fora de la Universitat.

Paraules clau

Auto-aprenentatge, material interactiu, laboratoris remots.

1. Introducció

La finalitat principal del projecte proposat perseguia millorar la qualitat docent en la Regulació Automàtica en la qual estem compromesos a través dels Plans Estratègics dels Departaments i de les Escoles. Això es concretava amb la creació del material multimèdia (lliure i obert per a tothom) amb l'objectiu de millorar les condicions per al seu aprenentatge, la qualitat docent en l'ensenyament de l'Automàtica dins la UPC i, en conseqüència, les qualificacions obtingudes pels estudiants als exàmens.

El projecte pretenia assolir una sèrie d'objectius resumits seguidament:

- Contribuir a la millora de rendiment acadèmic dels estudiants
- Utilitzar de noves metodologies docents com a suport de les classes.
- Utilitzar noves metodologies per potenciar les tutories.
- Oferir una eina per a millorar la transmissió de coneixement a les assignatures relatives al Control Automàtic a partir de material docent complementari.
- Fomentar la coordinació del professorat que imparteix les diferents assignatures de Regulació Automàtica als diferents centres de la mateixa Universitat.
- Impulsar les actuacions de caràcter transversal.

La motivació de la realització d'aquest projecte neix a partir de diferents interessos. Als següents apartats fem una descripció de les inquietuds que van conduir al seu plantejament, algunes de les quals estan recollides en el articles (Escobet et al., 2006) i (Nejjari et al., 2006).

a) Descripció de la matèria

La importància de la Regulació Automàtica ha crescut enormement durant els darrers anys degut a que ha esdevingut una matèria que ha passat a formar part de la major part dels currículums dels estudis d'Enginyeria. D'altra banda, la utilització d'Internet a l'ensenyament ha crescut molt en els últims deu anys i aquest fenomen no ha deixat enrera l'ensenyament en teoria de control ni, en general, els ensenyaments d'Enginyeria, en els quals s'ha començat a utilitzar la Web per fer demostracions, disposar de documents d'aprenentatge i oferir laboratoris remots i virtuals com a suport als cursos.

Un dels problemes actuals a l'hora d'impartir la teoria de la regulació automàtica (o control automàtic) és que aquesta disciplina es presenta als estudiants com una matèria eminentment teòrica. Nogensmenys, la Regulació Automàtica pot ser tractada des d'un punt de vista absolutament pràctic i fent servir el sentit comú dels estudiants que la cursen. Àdhuc es pot afirmar que és una matèria molt específica però que es pot aplicar a tot tipus de processos industrials; l'analogia entre sistemes mecànics, elèctrics, químics i demés converteix aquesta matèria en transversal. Aquestes característiques, de pràctica i transversalitat, no són exclusives de la teoria de control però són rellevants a l'hora de fer-ne un plantejament pedagògic.

D'entre totes les característiques a destacar sobre aquesta disciplina ressaltem el fet de que, per treballar-la, es requereix la integració de molts coneixements, i que és molt important el treball en el laboratori, ja que d'una banda permeten a l'alumne reforçar, il·lustrar i complementar els conceptes adquirits durant les classes de teoria i, per l'altra, permeten als estudiants adquirir actituds, hàbits i una metodologia de treball específica.

Finalment, un altre aspecte a destacar és l'adaptació d'aquesta matèria a l'Espai Europeu d'Ensenyament Superior mitjançant la cerca d'eines de participació activa i engrescadora pels estudiants.

b) Aprenentatge.

Darrerament s'han desenvolupat moltes eines destinades a l'aprenentatge de teoria de control. Aquestes eines estan basades en el concepte d'aprenentatge interactiu (Johansson et al., 1998).

Un aspecte molt important en l'aprenentatge de la regulació automàtica és la **part experimental**, tal com s'ha dit anteriorment. Amb aquesta finalitat, moltes de les novetats que es presenten són la creació de **laboratoris virtuals i/o remots** sobre els quals **experimentar** i que comentem en el següent apartat.

En diferents pàgines Web de grups de Control es disposa d'**eines d'aprenentatge interactiu**. La majoria d'elles són pàgines Web que des d'una presentació inicial dels continguts es pot anar navegant per diferents temes i que aprofundeixen amb major o menor mesura en els conceptes que es volen comunicar. La majoria es suporten amb exemples resolts que l'alumne pot simular. Per a la realització d'aquestes simulacions cal un programari concret i cal estar habituat amb la seva sintaxi específica. Cada cop més, però, tendeixen a introduir-se eines interactives desenvolupades amb Applets de Java, les quals permeten realitzar dins la mateixa pàgina Web els exercicis proposats. Alguns exemples interessants els tenim a: Control Tutorial for Matlab, Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB, Hyper Document en Automatique, Signals, Systems and Control i Java Applets for PID Tuning.

D'altra banda, els laboratoris virtuals i, en alguns casos, els remots els trobem moltes vegades com a suport de les eines d'aprenentatge interactiu, però a la majoria de casos s'han desenvolupat com a eina autònoma d'experimentació acompanyada d'una petita descripció teòrica. Destaquem aplicacions com: CHERIC Process Control Aplet Series, ControlWEB, Automatic Control Telelab, Resource Center for Engineering Laboratories on the Web i eMersion.

2. Descripció

Per assolir els objectius es va proposar com a pla de treball:

- a) Recerca Bibliogràfica: en el treball previ al disseny del projecte s'han descobert una sèrie de recursos ja existents que per la temàtica o per la metodologia caldria analitzar a fons per tal d'aprofitar la feina feta en aquests àmbits.
- b) Generació de material interactiu: les applets associades als diferents problemes i exemples es programaran i col·locaran juntament amb els apunts en un lloc WEB dissenyat amb aquesta finalitat.
- c) Redacció del material: a partir de material ja existent i incloent-hi nous problemes i exemples.
- d) Ús del material: les assignatures en curs faran servir el material generat segons el criteri del professorat.
- e) Balanç dels resultats: el professorat que ha fet servir el material, les enquestes dels estudiants i els resultats obtinguts per aquests permetran avaluar les mancances i les virtuts del material.
- f) Presentació del projecte i resultats, avaluació interna i externa, reajustament i ampliació; el treball es presentarà a congressos i publicacions docents, es sotmetrà a avaluació i, quan convingui, es faran modificacions i ampliacions del mateix.

A continuació es descriu el material desenvolupat i el seu abast.

2.1 Qüestionaris d'auto-aprenentatge

Amb l'objectiu d'aconseguir que la teoria i la pràctica del laboratori siguin complementaris, i.e. que la part experimental ajudi a entendre i assimilar els conceptes teòrics, s'ha optat per proporcionar a l'alumnat processos d'avaluació on-line.

S'ha optat per qüestions d'auto-aprenentatge formats per preguntes d'opció múltiple o MCQs. Aquestes preguntes poden adaptar-se a una àmplia gamma de matèries, tenen el gran avantatge de proporcionar una correcció ràpida i, per tant, una àgil realimentació als estudiants i al professor, a més de la facilitat d'adaptar-se als mitjans informàtics; d'aquí neix el seu gran ús com a eina per a l'auto-aprenentatge o l'aprenentatge on-line.

A l'assignatura de control automàtic, la teoria i el laboratori poden i han de ser complementaris. Els experiments han d'ajudar a entendre i a assimilar conceptes teòrics. Però l'ús d'una instrumentació específica en els laboratoris implica, a més, familiaritzar-se amb aquests instruments. Per aquest motiu, l'objectiu didàctic de les preguntes d'elecció múltiple MCQ ha de ser determinar si els estudiants han entès els conceptes teòrics de l'assignatura així com els experiments realitzats en el laboratori de control. Creiem que cal proposar també qüestions sobre muntatges de laboratori, sobre les correctes connexions per a l'adquisició de dades, els diferents tipus de muntatges per a la realització d'un experiment o altre, les simulacions a emprendre per a validar els resultats obtinguts experimentalment, etc. Creiem que amb aquests tipus de preguntes treballarem la capacitat d'integració de conceptes, que significa una assimilació

conceptual i a l'hora un bon ús de les eines disponibles, i la capacitat de ser crític amb els resultats experimentals obtinguts.

Actualment es disposa d'un banc de 30 Qüestions en el Moodle, visibles a l'assignatura Regulació Automàtica de la titulació d'Enginyeria Tècnica Industrial Especialitat en Electrònica del campus de Terrassa, les quals es van emprar durant el primer quadrimestre del curs 2006/2007. La prova va ser molt satisfactòria en quant a qualificacions relatives als tests de laboratori de l'assignatura de Regulació Automàtica que han gaudit d'una sensible millora a partir de la posada en marxa dels tests d'autoavaluació. A part, també es disposa d'un conjunt de 30 qüestions més que actualment es donen als estudiants al final de cadascuna de les sessions pràctiques (en format paper ja que en aquest moment els ordinadors del laboratori no tenen connexió a Internet), i tenen per objectiu motivar l'abstracció de resultats teòrics a partir dels resultats experimentals.

2.2 Apunts interactius

La recerca bibliogràfica sobre material interactiu, esmentat a l'apartat 1, ens ha permès constatar l'existència d'aquest tipus de material relacionat amb assignatures d'Automàtica. Aquest material no és tan abundant com l'existent en suport clàssic com ara llibres i apunts. S'observa, però, una tendència creixent.

D'altra banda, i per tal de donar suport a l'aprenentatge teòric, creiem que és una bona idea oferir un material que reculli els conceptes necessaris per aquest aprenentatge i una bona forma és aprofitar els avantatges que ofereix l'hipertext per navegar entre conceptes estretament interrelacionats.

El repte que en un principi ens vam proposar era el de generar un material que s'ajusti a les assignatures que s'imparteixen en les diferents titulacions, però que alhora es pugui utilitzar fora d'aquest àmbit.

Els continguts que calia introduir en el material centraren les discussions inicials. La presència dins del grup de treball de professors de moltes matèries dins la mateixa àrea temàtica, amb enfocaments i aprofundiments diferents, enriqueix i dificultava alhora aquesta primera tasca. L'afitament dels continguts fou el primer repte.

El segon i no menys important va ser l'organització. Un cop més la diversitat de punts de vista féu que el resultat fos una combinació de tots que permet fer-ne un ús més general. L'estructura havia de permetre el seguiment de la disciplina de forma exhaustiva així com la directa cerca de conceptes. En aquest sentit, el fet de treballar amb apunts interactius obria tot un món de possibilitats en referències creuades. El material es va organitzar per temes. Cada tema inclouria uns conceptes que tindrien associades una fitxa. El format homogeni de les fitxes junt amb les referències a d'altres faria fàcil l'ús de cada una per separat. Cada fitxa inclouria exemples i exercicis.

La primera estructura seguia el format de fitxes autocontingudes. Es tenia l'experiència d'haver fet unes fitxes d'aquest estil per a pràctiques i que havien estat premiades per la UPC i publicades en Edicions Virtuals (B. Morcego et al,

1999). Aquestes fitxes es podien adquirir de forma independent en grups definits pel professor de cada assignatura. Això havia obligat a que fossin comprensibles de forma independent les unes de les altres. Un pas més seria, doncs, fer unes fitxes públiques a la xarxa i referides amb hipertext.

Un cop iniciades les fitxes, el format Web semblava el més adequat per obtenir el màxim rendiment a l'hipertext. L'ús generalitzat d'aquest format entre els alumnes i l'experiència en el disseny afavorien aquesta tria. Malgrat això, la generació de continguts es trobà poc flexible, ja que no tot el professorat estava familiaritzat amb aquests tipus de format i obligava al becari a introduir tota la informació, tot plegat un mecanisme poc àgil. Es decidí buscar alternatives.

Finalment s'apostà per MediaWiki. MediaWiki és un programari lliure pensat per Wikipedia. Ara es fa servir en diversos projectes no lucratius. Els avantatges a l'hora de generar els continguts, posar-los en comú, controlar els canvis, les versions i mantenir actualitzat el material van ser decisives per canviar de plataforma. El material interactiu, doncs, està disponible en aquesta adreça: <http://esaiict-linux.upc.es/index.php/>

Actualment, el material es compon de 7 temes i 24 apartats. Cada apartat conté una o més pàgines amb descripció conceptual i exemples. Hi ha un 40% del material a punt i la resta s'està desenvolupant.

La forma d'organitzar-nos per completar tot el material es descriu seguidament. Els continguts estan assignats als participants del projecte. Tots som alhora correctors del material i els canvis queden documentats amb el nom de qui els ha fet i la data. De totes maneres i per tal d'assegurar un 100% de material generat hi ha un animador. La tasca d'aquest consisteix en fer un seguiment i informar via e-mail de l'avanç de la feina per tal de que aquells que no entrin en el portal habitualment tinguin un recordatori.

L'objectiu final és tenir una estructura de fitxes vinculades les unes amb les altres per fer-ne una lectura molt rica, autoreferida i també vinculades a altres materials ja existents per tal d'aprofitar les potencialitats de la xarxa. Les opcions de discussió del format Wiki permeten una contínua avaluació del material i, per la mateixa raó, les referències seran a materials també contrastats.

2.3 Material escrit en format electrònic

L'Automàtica, com a disciplina base dins l'Enginyeria, s'imparteix a la major part de titulacions, de primer i segon cicle, com són les Enginyeries Industrial, Telecomunicacions i Aeronàutica. Aquestes assignatures de base es recolzen en l'àmplia bibliografia existent al mercat relativa als fonaments del Control Automàtic; l'estudiant, però, es pot perdre en l'aprenentatge de l'assignatura quan disposa de tantes fonts diferents, tant de caire teòric com pràctic. Nogensmenys, quan es vol aprofundir en el Control Automàtic en titulacions específiques com l'Enginyeria en Automàtica i Electrònica Industrial o els futurs Màsters en Automàtica, aquí cal donar un pas més en el tractament d'aquests conceptes d'Automàtica Bàsica. Davant d'aquestes premisses (bibliografia extensa i aprofundiment en els conceptes bàsics), i atenent que l'objectiu del material interactiu és facilitar la comprensió dels fonaments dels sistemes de control realimentat pels estudiants, s'està elaborant un llibre d'Enginyeria de

Control. Edicions UPC ha adquirit el compromís de publicar el llibre en format electrònic i de lliure distribució entre els estudiants.

El llibre aprofundeix sobre la teoria de Control generalitzada quan el model matemàtic del sistema ve donat en descripció interna o espai d'estats. Cada capítol conté problemes resolts que pretenen il·lustrar els procediments que s'hi descriuen i, alhora, existeix un conjunt de 10 problemes generals de tota l'assignatura que volen fomentar el treball en grup de l'estudiant. En un inici, l'alumne no disposa de la resolució al problema i es veu menat a resoldre el problema (individual o col·lectivament), contrastar els seus resultats amb els dels companys per, finalment, validar la resolució dels problemes amb el Professor, que corregirà definitivament les seves respostes.

Actualment, el llibre es troba en la seva fase final de revisió per part dels autors abans d'enviar-lo a l'editorial.

2.4 Laboratoris remots

S'ha creat un laboratori remot de Regulació Automàtica. Aquest laboratori remot té com a finalitat la identificació i el control de velocitat angular d'un motor de corrent continu, essent una eina de suport a la docència que permet al professor promoure entre els estudiants activitats relatives al Control Automàtic. Aquestes activitats poden, gràcies al laboratori remot, efectuar-se a distància i sobre un procés real.

L'usuari pot experimentar amb el procés des de qualsevol punt d'accés a Internet (l'adreça IP del laboratori és, actualment, la <http://147.83.107.128:5800/>), i pot realitzar assajos en llaç obert i aplicar diferents estratègies de control local per a la velocitat angular del motor.

L'equip que governa la maqueta està format per un PC/servidor connectat a Internet. L'enviament i recepció de senyals es realitza mitjançant el paquet matemàtic Matlab i la targeta d'adquisició de senyals PC-LABCARD 812 d'Advantech via el terminal de connexions 870 del mateix fabricant. El laboratori remot disposa també d'una càmera via USB LOGITECH Quickcam Messenger.

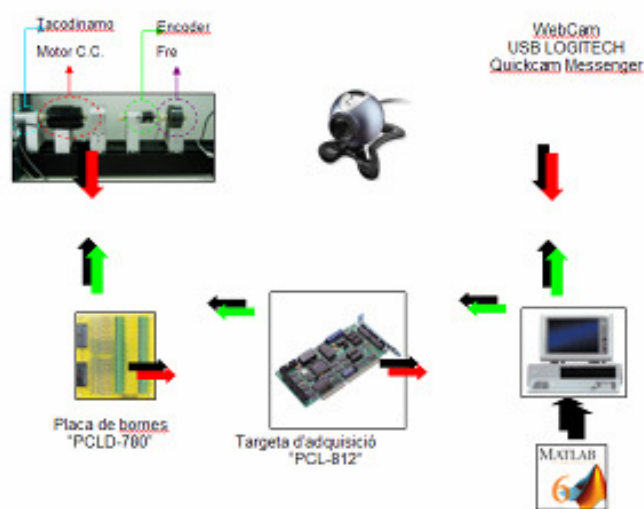


Figura 1 Components del laboratori remot.

La figura 1 visualitza la forma com interaccionen els diferents components que conformen el laboratori remot.

La interfície gràfica desenvolupada permet la realització d'una anàlisi del sistema motor tant en llaç obert com tancat (sistema controlat); també permet visualitzar en temps real l'estat del procés mitjançant una captura de vídeo a través de la càmera.

En llaç obert la interfície permet enviar senyals tipus test per a excitar el sistema i obtenir models. En llaç tancat l'eina permet implementar diferents tipus i estructures de controladors com ara: PID, PI+D, I+PD, compensador d'avançament de fase, compensador d'endarreriment i compensador d'avançament/endarreriment. Quan es realitza l'experiment en llaç tancat l'eina també permet emmagatzemar els valors derivats de la llei de control.

L'aplicació informàtica que gestiona el laboratori l'han creat uns estudiants com a treball en l'assignatura de Projectes d'Especialitat en Automàtica de la titulació d'Enginyeria en Automàtica i Electrònica Industrial. El maquinari que forma part del laboratori l'han muntat, configurat i posat a punt els tècnics de laboratori del Departament d'ESAI, participants del projecte.

Aquest treball té una continuació immediata amb una doble intenció:

- disposar com a procés a controlar el posicionament vertical d'un levitador eòlic, que és un procés més vistós i un problema de control més complex que no pas el control de la velocitat angular d'un motor elèctric,
- i, millorar la primera versió d'interfície d'usuari que gestiona l'estació de control local del laboratori

Actualment el laboratori es troba desconnectat del material dels apunts interactius donat que es troba en fase de millora i posta a punt per al seu funcionament definitiu a la xarxa.

3. Resultats

Dels productes desenvolupats, l'única eina que s'ha pogut avaluar (relativament) és la relacionada amb el qüestionari d'auto-avaluació. Els objectius de l'auto-avaluació en l'Automàtica fou presentat a dos congressos (Escobet *et al*, 2006) i (Nejjari *et al*, 2006).

Aquest qüestionari es va passar als alumnes de l'assignatura de Regulació Automàtica de la titulació d'Enginyeria Tècnica Industrial especialitat Electrònica Industrial. Cal destacar que els estudiants de l'assignatura el van valorar molt positivament, però la seva utilització no es va veure reflectida en un augment del grau d'èxit de la matèria. Aquest curs 2007-2008, s'han incorporat qüestions noves, però el resultat no es sabran fins a final de curs.

Respecte dels altres productes desenvolupats, destacaríem que:

- El material de suport interactiu no està acabat, en un principi vam considerar que podia fer-se en dos anys però la realitat ha demostrat que aquest procés era molt més complicat. La primera dificultat rau en el fet de que cada professor té una manera pròpia de treballar i explicar els conceptes i arribar a un acord en aquest àmbit no és fàcil. Un altre inconvenient és la disponibilitat d'hores per a la generació del mateix material. Com es comenta a l'apartat 2.2 hem pensat una metodologia de treball per finalitzar la feina començada que consisteix en nomenar un 'animador', rotatiu cada 3 mesos, que té per objectiu engrescar a la resta de professorat a completar les diferents fitxes. Per altra banda aquesta

diversitat en els punts de vista ha estat enriquidora pels participants i el diàleg ha millorat la coordinació tan conceptual com de notació, la qual cosa és un benefici independentment del resultat del projecte.

- El material escrit està pendent d'impressió, en aquests moments s'està fent la darrera revisió; d'aquesta manera, la seva avaluació podrà fer-se el proper curs, un cop l'hagin utilitzat els estudiants.

- En referència al laboratori remot, es disposa de la part de maquinari, un manual de funcionament i una descripció dels experiments a realitzar, però falta adaptar aquest material a les diferents matèries que s'imparteixen i augmentar les proteccions d'accés al servidor.

- Pel que fa a laboratoris virtuals, es disposa de l'eina per poder-los desenvolupar, s'han fet alguns dissenys i hi ha un projecte fi de carrera amb aquest objectiu. Una possibilitat que hem considerat és vincular aquest simulador a la Factoria de Recursos Docents del servei de Biblioteques de la UPC.

4. Conclusions

Com a conclusió del nostre treball en la Millora de la Qualitat Docent a l'Automàtica a la UPC podem dir, en primer lloc, que la **metodologia de treball en entorn Media-Wiki** és molt recomanable i transferible a d'altres assignatures o disciplines donada la comoditat en l'edició de les aportacions dels Professors així com en la consulta per part dels estudiants del material amb termes i conceptes vinculats entre sí. Pot organitzar-se un curs fonamentat en el material de la seva pròpia Viquipèdia auto-continguda.

Els beneficis de disposar d'un **laboratori remot per a l'experimentació** són molts, com ara la il·lustració pràctica del que el professor explica a classe de teoria, la comprovació del que s'explica per part de l'estudiant quan repassa l'assignatura, el plantejament de "reptes" que poden fomentar la sana competència entre grups d'estudiants d'un mateix curs a l'hora d'obtenir un millor resultat que els seus companys i, en conseqüència, una millor qualificació d'aquest exercici, etc.

Es preveu que els **apunts en format electrònic (PDF) de l'assignatura d'Enginyeria de Control Bàsica** resolguin, definitivament, els problemes de dispersió dels estudiants a l'hora de preparar o repassar l'Automàtica amb l'ajuda de la vasta bibliografia existent sobre la disciplina.

Els **qüestionaris de resposta múltiple d'auto-aprenentatge en entorn de gestió de cursos Moodle** han originat una sensible millora en la qualificació mitjana obtinguda pels estudiants en els exàmens de laboratori de Regulació Automàtica; aquest fet tan positiu ens mena a complementar el ventall de preguntes existents amb d'altres que permetin ajudar encara més a l'estudiant quan revisa els conceptes relatius a la pràctica on, podem dir, el procés d'aprenentatge s'inverteix i va de l'experiència a l'explicació del motiu del resultat obtingut.

5. Referències/Més informació

Escobet, T.; Nejjari, F.; Masip, A.; Pérez, R.; Comasolivas, R.; Argelaguet, R.; Quevedo, J. (2006). Web d'autoavaluació i autoaprenentatge en Regulació. 4^o Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación. La competencia docente. Barcelona.

Nejjari, F.; Escobet, T.; Masip, A.; Pérez, R.; Comasòlivas, R.; Argelaguet, R.; Quevedo, J. (2006). Web de auto evaluación y auto aprendizaje en Regulación Automática. 14 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial. Gijón.

Dormido, S. (2004). Control learning: present and future. Annual Reviews in Control 28, 115-136. Elsevier Ltd.

Guzman, E. and Conejo, R. (2005). Self-assessment in a feasible, adaptive Web-based testing system. IEEE Transactions on education, vol. 48, no. 4, pp. 688-695.

Farrell, G. & Leung, Y. K. (2004). Innovative online assessment using confidence. Education and Information Technologies 9:1, pp. 5–19.

Johansson, M., Gafvert, M. and Åström K.J. (1998), Interactive Tools for Education in Automatic Control. IEEE. Control Systems Magazine, Volume 18, (3), pp. 33 – 40.

Morcego B., J. Cugueró, R. Perez, (1999). Automàtica, Fitxes d'ajuda per a pràctiques, Edicions UPC.

Pérez, M.S., Herrero, P., Sánchez, F.M. (2005). Are Web self-assessment tool useful for training?. IEEE Transactions on education, vol. 48, no. 4, pp. 757-763.

Poindexter, S. E. & Heck, B. S. (1999). Using the Web in your courses: What can you do? What Should you do?. IEEE Control Systems. February, pp. 83-92.

Smail, C.R. (2005). The implementation and evaluation of OASIS: a Web-based learning and assesement tool for large classes. IEEE Transactions on education, vol. 48, no. 4, pp. 658-663.

Les adreces web relatives al treball elaborat són:

- Control Tutorial for Matlab (1996),
<http://www.engin.umich.edu/group/ctm/index.html>
- Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB by Edward Kamen and Bonnie Heck, <http://users.ece.gatech.edu/~bonnie/book/applets.html>
- Hyper Document en Automatique (2006), by the KAPA team of the LAG lab, INPG, France, http://www-hadoc.ensieg.inpg.fr/index_US.html
- Signals, Systems and Control (2003), Johns Hopkins University,
<http://www.jhu.edu/~signals/index.html>.
- IJava Applets for PID Tuning (1997), Jukka Lieslehto, Tampere University of Technology, Tampere, Finland, <http://ae.tut.fi/~juke/java/pid tuning/index.html>
- CHERIC Process Control Aplet Series (2008), Anam-dong, Korea,
<http://www.cheric.org/education/control/>
- ControlWEB, Universidad de La Laguna, <http://controlweb.isaatc.ull.es/>.
- Automatic Control Telelab, Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, <http://www.dii.unisi.it/~control/act/>.
- Resource Center for Engineering Laboratories on the Web (2007), University of Tennessee at Chattanooga, <http://chem.engr.utc.edu>.
- eMersion: A New Learning Technologies Project, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, <http://lawwww.epfl.ch/page13172.html>.
- <http://esaiict-linux.upc.es> per a la Viquipèdia
- <http://mqd.upc.es:5800> per al laboratori remot.