



## **AUTOMÀTICA I SOSTENIBILITAT**

*Antoni Grau, Yolanda Bolea, Juan Gámiz, Joan Domingo, Herminio Martínez*

**Dept d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial, ESAI  
Universitat Politècnica de Catalunya, UPC**

antoni.grau@upc.edu

Tipus d'ajut rebut: 2005MQD-0036, Generalitat de Catalunya

### **Resum**

L'ambientalització curricular és la integració entre les matèries pròpies d'una titulació i la conscienciació pel medi natural i les persones que l'habiten. Això suposa un canvi global en el plantejament, els continguts i el context de les titulacions i els estudis en general que depèn principalment de la voluntat i la dedicació de professors a ambientalitzar la seva assignatura. Tanmateix, l'ambientalització curricular es pot accelerar per mitjà d'un programa col·lectiu que la planifiqui i sistematitzi, i que li dóna visibilitat de conjunt. Els professionals, en aquest cas enginyers, han de ser capaços de tractar de manera ambiental o ambientalitzada els passos que hauran de seguir per tal de resoldre un problema d'enginyeria: formulació del problema, anàlisi del problema, recerca de possibles solucions, selecció de la solució desitjada.

Per tal d'aconseguir els objectius plantejats, cal proporcionar uns coneixements multidisciplinars. Això vol dir que, sense deixar d'explicar els conceptes clau i la temàtica específica de cadascuna de les assignatures, aquestes s'han de poder tractar d'una manera sostenible.

El llibre, objecte del projecte, forma part de l'organització i planificació de les eines de suport per al professorat per a l'ambientalització dels ensenyaments de primer i segon cicles, però es poden estendre més enllà, en cursos de postgrau i doctorat.

Juntament amb aquesta edició en paper dels aspectes teòrics de l'ambientalització curricular de l'Enginyeria de Sistemes i Automàtica, els autors han editat i publicat un CD amb exercicis, problemes i tests d'autoavaluació.

### **Paraules clau**

Educació per a la Sostenibilitat, Ambientalització Curricular, Enginyeria de Sistemes i Automàtica.

## **EL PROJECTE**

### **1. Introducció**

La UPC, en el marc dels plans de medi ambient, impulsa l'ambientalització curricular des de l'any 1996. En una primera fase es van realitzar diversos materials de suport al procés, adreçats tant al professorat com a l'alumnat. En són exemple les guies de projectes de final de carrera, els plans d'ambientalització curricular de centre (PAC) i les guies d'ambientalització docent (GAD). Així mateix, des de l'any 2000, es va iniciar el procés d'ambientalització de departaments, i des d'aleshores ja s'han elaborat 18 plans d'ambientalització curricular de departament (PAD). Una de les continuïtats lògiques d'aquest procés és la realització de les actuacions previstes en els plans d'acció dels PAD, que consisteix en l'elaboració de recursos docents per a l'ambientalització curricular en les àrees de coneixement dels departaments. En aquest sentit, la prioritat és elaborar materials atractius per a l'ambientalització curricular, amb el suport del segon Pla de medi ambient. Diversos departaments de la UPC han participat en aquest procés, un procés enriquidor en el qual tots hem après de l'experiència.

L'objectiu general és, doncs, generar materials de suport pedagògic al professorat en cada departament, sobre temes ambientals relacionats amb les assignatures pròpies, amb un marcat caràcter pràctic, i es concreta d'aquesta forma:

Desenvolupar els continguts ambientals de les àrees docents que han de ser ambientalitzades segons els plans d'ambientalització (de centre i de departament).

Dotar de continguts l'espai virtual de recursos d'ambientalització curricular de la tecnologia (e-àmbit, en la web de medi ambient de la UPC). En aquest espai es podran trobar aquells materials que es dissenyin en format electrònic, com ara fitxes tècniques, exercicis, problemes i avaluacions.

Facilitar als professors la inclusió de temes ambientals a les assignatures.

### **Objectius específics del projecte**

Amb l'ajut per a la millora docent, els autors han creat un llibre que és un gra de sorra més en l'ambientalització curricular i, seguint el seu curs, és un dels compromisos que es varen fixar en el Pla d'ambientalització curricular del Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial (ESAI) que es va aprovar l'estiu del 2002.

L'ambientalització curricular suposa un canvi global en el plantejament, els continguts i el context de les titulacions i els estudis en general. Aquest canvi depèn principalment de la voluntat i la dedicació de professors individuals a ambientalitzar la seva assignatura. Tanmateix, l'ambientalització curricular es pot accelerar per mitjà d'un programa

col·lectiu que la planifiqui i sistematitzi, i que li dóna visibilitat de conjunt. Els professionals, en aquest cas enginyers, han de ser capaços de tractar de manera ambiental o ambientalitzada els passos que hauran de seguir per tal de resoldre un problema d'enginyeria: formulació del problema, anàlisi del problema, recerca de possibles solucions, selecció de la solució desitjada i especificació de la solució seleccionada.

Per tal d'aconseguir els objectius plantejats, cal proporcionar uns coneixements multidisciplinars. Això vol dir que, sense deixar d'explicar els conceptes clau i la temàtica específica de cadascuna de les assignatures, aquestes s'han de poder tractar d'una manera ambientalitzada.

Així doncs, aquest treball forma part de l'organització i planificació de les eines de suport per al professorat per a l'ambientalització dels ensenyaments de primer i segon cicles, però es poden estendre més enllà, en cursos de postgrau i doctorat.

El Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial imparteix docència en diverses escoles i facultats de la UPC. Atesa aquesta dispersió, la majoria de les assignatures s'han agrupat en quatre grans àrees: tecnologia de computadors i informàtica industrial; enginyeria de control; tecnologia de control i automatització, i robòtica en l'entorn industrial.

Cadascuna d'aquestes àrees té una vinculació estreta amb l'aplicabilitat dels ensenyaments, i precisament aquest apropament entre docència i món real fa que sigui de gran importància aprofundir l'ambientalització de les tècniques que s'expliquen i, sobretot, estudiar com modificar les solucions industrials existents avui dia en altres solucions més ben integrades en un món sostenible.

Al llarg de tota l'obra es podrà comprovar, per mitjà dels aspectes més teòrics de cada disciplina, que només modificant petits comportaments i hàbits s'arriba a solucions igualment òptimes després d'aplicar-hi uns criteris de residus mínims, utilitzant material reciclable o reusable, fent una despesa mínima d'energia o usant energies renovables i altres tècniques que tenen gran impacte en el medi ambient.

Juntament amb l'edició en paper dels aspectes teòrics de l'ambientalització curricular de l'Enginyeria de Sistemes i Automàtica, els autors han editat i publicat un CD amb exercicis, problemes i tests d'autoavaluació (<http://biblioteca.upc.es/e-ambit/>). Els autors han publicat, en col·laboració amb el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, un llibre i un CD amb pràctiques de laboratori que complementen la teoria i els problemes d'aquesta àrea, MODEL I.

## 2. Descripció

Les quatre grans àrees en les quals s'ha agrupat tota la docència del Departament d'ESAI són els anomenats mòduls ambientals. En el llibre s'ha dedicat un capítol per a cadascun d'ells i, a la vegada, cada mòdul s'ha subdividit en diferents temes o submòduls, els quals s'enumeren a continuació. Aquesta divisió pretén ser una guia per als professors i alumnes per tal que identifiquin a quin submòdul correspon l'assignatura que imparteixen o reben (segons el cas) per mitjà d'una sèrie de descriptors o paraules clau, que en alguns casos corresponen a noms d'assignatures. Alguns descriptors apareixen en diferents submòduls, atès el seu caràcter pluridisciplinari. Cal notar que els descriptors són prou genèrics per tal que el llibre es pugui fer servir en totes aquelles universitats on s'imparteixi docència dins l'àrea de coneixement de l'enginyeria de sistemes i automàtica (ESA).

### **Mòdul 1. Tecnologia de Computadors i Informàtica Industrial**

- *Fonaments tecnològics dels computadors.* Dispositius programables en automàtica de processos; disseny i programació de hardware; fonaments d'informàtica; informàtica industrial; perifèrics i interfícies.
- *Sistemes digitals.* Arquitectura de computadors; control lògic i seqüencial; dispositius programables en automàtica de processos; disseny i programació de hardware; fonaments d'informàtica; informàtica industrial; perifèrics i interfícies; sistemes digitals i microprocessadors.
- *Microprocessadors.* Arquitectura de computadors; dispositius programables en automàtica de processos; disseny i implementació amb microcontroladors; disseny i programació de hardware; informàtica industrial; informàtica en entorns industrials; sistemes digitals i microprocessadors.
- *Computadors industrials.* Automatització industrial; informàtica en entorns industrials; informàtica i xarxes de comunicació; informàtica industrial; perifèrics i interfícies; sistemes informàtics en temps real.
- *Visió per computador.* Diagnosi per la imatge; sistemes de percepció automàtica en la indústria; visió per ordinador.

### **Mòdul 2. Enginyeria de Control**

- *Modelització i simulació.* Anàlisi i simulació de sistemes amb ordinador; modelatge i simulació de sistemes; modelització i simulació de sistemes dinàmics.
- *Teoria de control.* Anàlisi del senyal; automàtica naval; control avançat; control i instrumentació de processos químics; control per computador; dinàmica de sistemes; enginyeria de control; fonaments d'automàtica; introducció a l'automàtica; optimització i control òptim; regulació automàtica; tècniques avançades de control; teoria de control.

### **Mòdul 3. Tecnologia de Control i Automatització**

- *Instrumentació industrial.* Automatització industrial; control i instrumentació de processos químics; dispositius programables en automàtica de processos; enginyeria de control; tecnologia de sistemes de control.
- *Sistemes per al control de planta.* Automàtica; automàtica bàsica; enginyeria de control; laboratori de sistemes de control; regulació automàtica; sistemes informàtics en temps real; tècniques avançades de control; tecnologia de control; tecnologia de sistemes de control.
- *Sistemes per a l'automatització del procés.* Automatització industrial; control intel·ligent; tecnologia de control; tecnologia de sistemes de control; sistemes de producció integrats.
- *Comunicacions industrials.* Informàtica i comunicacions; informàtica i xarxes de comunicació; programació de sistemes industrials de comunicació; xarxes de comunicacions industrials.

### **Mòdul 4. Robòtica en l'Entorn Industrial**

- Robòtica; robòtica aplicada; robòtica industrial; robòtica mòbil; control i programació de robots.

## **3. Resultats**

Els resultats d'aquest projecte es corresponen exactament amb els objectius que el Departament d'ESAI s'havia marcat respecte a l'ambientalització curricular dels seus ensenyaments. Els resultats s'han recollit en el llibre "Automàtica i Sostenibilitat", [gra05], editat per Edicions UPC, la portada del qual es pot apreciar en la figura 1.

Per tant, es pot afirmar que els resultats han estat exitosos respecte a la dinàmica de departament. Per altra banda, els alumnes han rebut molt bé el canvi de paradigma en els ensenyament d'aquells professors que han optat per integrar exemples de sostenibilitat en els seus ensenyaments que correponen amb l'àrea docent de l'enginyeria de sistemes i automàtica; per la qual cosa també es pot dir que els resultats han estat exitosos respecte als resultats d'aprenentatge dels estudiants.

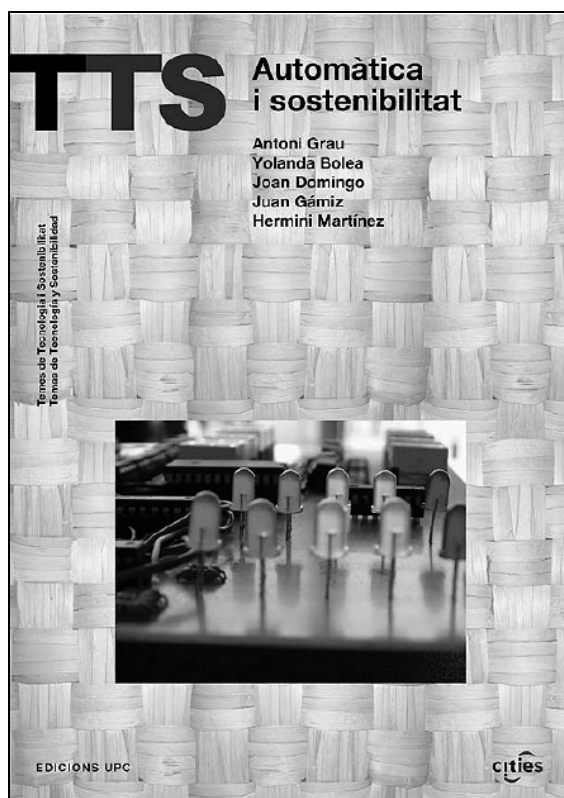


Fig. 1. Portada del llibre Automàtica i Sostenibilitat, Edicions UPC.

#### 4. Conclusions

La concreció de l'ambientalització curricular dins cada assignatura en particular varia segons la titulació, el tipus d'assignatura, els recursos disponibles i també la visió personal del professor, especialment en relació amb la transmissió de valors i compromisos [cap99] [gra02]. Durant el període d'ambientalització de les assignatures els professors s'hauran de reunir per posar en comú les seves idees i aportacions i distribuir els continguts, els exercicis i les pràctiques de les diferents assignatures per tal d'evitar solapaments de conceptes entre aquestes.

Els punts més importants que s'han de tractar a les universitats per tal d'aconseguir una ambientalització dels estudis universitaris són els següents:

1. Ambientalització del temari de les assignatures.
2. Problemes, exemples, pràctiques i treballs ambientals o ambientalitzadors.
3. Creació de noves assignatures centrades en el medi ambient i en el desenvolupament sostenible.
4. Ambientalització dels projectes de final de carrera (PFC), les tesines i les tesis.

L'ambientalització del temari de les assignatures és segurament l'aplicació més estricta de l'ambientalització curricular. Implica replantejar les assignatures per introduir-hi aquells coneixements que, particularment per a l'assignatura en concret, tenen relació amb el medi ambient i el desenvolupament sostenible. Aquest canvi és diferent per a cada assignatura. Per exemple, en assignatures d'enginyeria química, pot comportar un replantejament global del programa, traient temes per afegir-ne de nous d'una magnitud i profunditat considerables. En canvi, en altres assignatures suposa afegir-hi mitja hora d'un concepte nou en un espai del programa, sense que això signifiqui un replantejament global dels temes. Algunes assignatures, sobretot les més bàsiques, no tenen per què veure-se'n afectades directament. En general, l'ambientalització del temari afecta sobretot les matèries tecnològiques, en la mesura que dóna entrada a noves tecnologies i procediments.

Altres assignatures ja existents es poden ambientalitzar mitjançant problemes i exemples de medi ambient (ambientals) o "ambientalitzadors" (solució amb caràcter ambiental d'un problema no ambiental). D'aquesta manera, tindrem com a resultat una docència "per a l'ambientalització". En el primer cas, l'ambientalització s'aconsegueix per mitjà d'aplicacions ambientals reals, com per exemple la modelització de la xarxa de clavegueram. En canvi, en el segon cas, com que es tenen en compte els criteris sostenibles a l'hora de proposar una solució a un problema no ambiental, és bo proposar una concepció "essencial" de disseny en la qual s'indiqui explícitament que el disseny d'un producte consisteix no solament a fer realitat el producte i les seves prestacions, sinó que a més es dissenya el procés de fabricació, es dissenya la utilització del producte, i s'hi inclouen i es prevenen els efectes col·laterals d'aquesta utilització, com poden ser els residus i el consum. Un exemple ambientalitzador pot ser el disseny d'un sistema de control de calefacció que satisfaci l'estalvi energètic com a especificació ambiental.

Un cas semblant però més profund és el de pràctiques i treballs de temes ambientals o de caràcter general, però amb la proposta d'una solució que tingui en compte el medi ambient i la sostenibilitat. Representa ambientalitzar les pràctiques de laboratori i els treballs extensos que constitueixen el nucli d'algunes assignatures. L'ambientalització de les primeres representa una oportunitat per introduir normes de bona pràctica, com ara la separació dels residus especials, el seu envasament i etiquetatge correctes, etc. Per exemple, la utilització de sistemes de visió per computador per a la identificació de components electrònics, els quals són retirats per un robot i classificats posteriorment per a una possible reutilització. El desmuntatge ha estat una peça clau en el reciclatge i la reutilització de components i els seus suports. En relació amb els treballs, el medi ambient pot afavorir l'estudi interdisciplinari mitjançant la participació d'estudiants de diverses disciplines o especialitats, com també el contacte amb la realitat del campus i amb la realitat social externa, tant de les empreses com de l'Administració. Els treballs poden servir a l'estudiant per aprofundir tècniques d'autoaprenentatge, i per familiaritzar-se amb la

legislació ambiental o a interpretar la comunicació ambiental. En aquest apartat, també es poden incloure les pràctiques a empreses de medi ambient o a empreses que treballin aspectes ambientals (on la resolució dels problemes no solament tingui com a pauta l'aspecte econòmic, o d'eficàcia, sinó que també tingui en compte la solució "més verda", sempre considerant els dos aspectes anteriors), que permeten als estudiants conèixer millor el món professional.

La creació d'assignatures noves pot comportar un avenç substancial de l'ambientalització curricular. Aquestes assignatures es poden concebre en tres sentits. Una primera opció és com a assignatures globals que ofereixen una visió general del medi ambient i de la sostenibilitat, per tal de fer entendre el paper de la tecnologia en el procés de desenvolupament i oferir tècniques bàsiques per a la seva aplicació en el món professional. Aquestes assignatures les pot desenvolupar professorat de diferents departaments, cosa que els ofereix el valor afegit de la interdisciplinarietat. D'altra banda, tenen sentit sobretot quan es desenvolupen al primer any de carrera, ja que faciliten que els estudiants reflexionin per si mateixos sobre les implicacions ambientals i socials de la resta de matèries que veuran posteriorment, i d'aquesta manera inciten l'esperit crític dels alumnes. Una segona opció és la creació de noves assignatures específiques d'àmbits disciplinaris allunyats de la titulació, com la d'Ecologia a l'Enginyeria o la de Comunicació Ambiental a l'Economia. Finalment, una tercera opció més comuna la representen assignatures específiques, que amplien aspectes concrets del medi ambient lligats a la titulació. En aquest cas, un grup de matèries específiques de temes lligats al medi ambient poder constituir una intensificació o especialitat ambiental de la titulació.

Tanmateix, per diverses raons, també hi ha enfocaments crítics amb la introducció de noves assignatures específiques als programes: un és que l'alfabetització ambiental correspon, en el nostre sistema educatiu, a l'última etapa de l'ensenyament secundari; un altre és que el problema de les titulacions actuals és la saturació d'informació, i que no s'ha d'afegir més informació nova a les titulacions, sinó que s'han de canviar les actituds que transmeten els professors i la connectivitat entre matèries; una tercera raó en contra de les assignatures centrades en el medi és que aquestes poden desmotivar la resta de professorat en l'ambientalització de les seves pròpies assignatures [col98].

En tots els casos, l'ambientalització curricular prioritza arribar a tots els estudiants, per mitjà de les assignatures troncal i obligatòries. El fet d'impartir aquestes assignatures com a optatives o de lliure elecció és positiva si serveix per experimentar. Tanmateix, l'objectiu de l'ambientalització curricular és arribar a la globalitat d'estudiants, cosa que d'aquesta manera no s'aconsegueix.

L'ambientalització de projectes de final de carrera (PFC), tesines i tesis suposa l'arrodoniment de totes les accions anteriors. La seva importància està en el caràcter global, en la seva obligatorietat en algunes titulacions i



en el fet de realitzar-se al final de les titulacions, en el punt de màxim contacte entre el món universitari i el món professional de l'estudiant. Treballant sobre el PFC o la tesina, la universitat pot arribar a tots els estudiants, en el seu punt més alt de maduresa estudiantil. Això ha fet que algunes universitats es plantegin aquesta ambientalització com una prioritat i com una via relativament senzilla d'arribar al conjunt de titulats.

L'ambientalització del PFC i de la tesina no comporta fer un estudi d'impacte ambiental. En alguns casos, l'estudi d'impacte ambiental representaria un projecte nou. Per contra, l'ambientalització del projecte implica incloure els elements que permetin la integració en el medi des de la concepció del projecte. És a dir, dissenyar preventivament afavorint els projectes que generin menys impacte, garanteixin més eficiència energètica, minimitzin la producció de residus i efluents, etc. Això no és obstacle perquè el projecte també inclogui un apartat específic de repercussió ambiental, que contingui una avaluació de la incidència en el medi i la definició de les mesures de correcció i adaptació oportunes.

Evidentment, cada PFC i cada tesina són particulars i s'han d'ambientalitzar diferentment segons l'àrea d'estudi i de treball. De tota manera, el fet que un estudiant reflexioni sobre el seu estudi particular i arribi raonadament a la conclusió que, per la seva naturalesa, el seu cas no té implicacions ambientals o socials, significa un avenç i un clar exemple d'ambientalització, sobretot tenint en compte que ho haurà de justificar davant d'un tribunal.

Un cas diferent és l'ambientalització de les tesis doctorals, ja que aquestes tenen una relació directa amb la recerca i el seu enfocament. L'ambientalització dels programes de doctorat representa un aspecte clau en l'enfocament global de l'ambientalització, ja que molts dels seus estudiants seran els futurs professors i investigadors i, com a tals, seran responsables de l'ambientalització curricular de les assignatures i de trobar nous paradigmes sostenibles a la recerca.

## 5. Referències

- [cap99] Capdevila, I. *L'ambientalització a la Universitat*. Monografies d'Educació Ambiental, núm. 6, 1999.
- [col98] Coll, J.; Solé, F. "Las disciplinas horizontales. La experiencia de la UPC en la introducción de los contenidos horizontales en la universidad". Conferencia La sociedad del conocimiento y la formación. Pamplona, abril de 1998.
- [gra02] Grau, A.; Bolea, Y. *Pla d'ambientalització curricular al departament d'ESAI, UPC*, maig de 2002.
- [gra05] Grau, A.; Bolea, Y.; Gámiz, J.; Domingo, J.; Martínez, H. *Automàtica i Sostenibilitat*, Col·lecció Temes de Tecnologia i Sostenibilitat, núm. 1, Edicions UPC, setembre de 2005.