

Ramon Costa-Castelló, Vicenç Puig and Joaquim Blesa

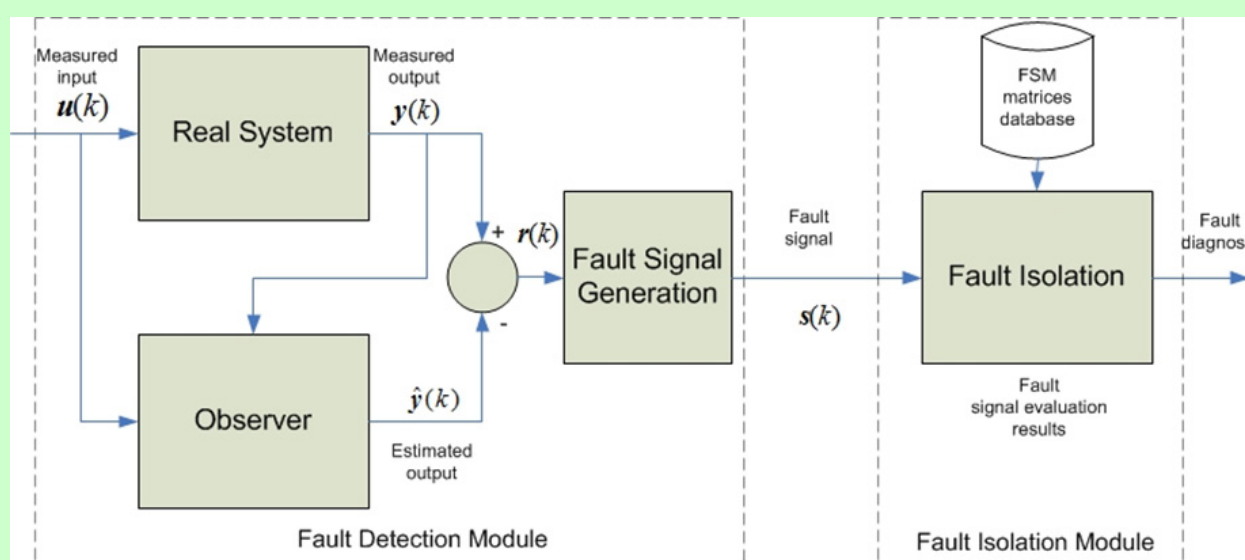
Departament d'Enginyeria de Sistemes Automàtica i Informàtica Industrial (ESAI), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
{ramon.costa,vicenc.puig,joaquin.blesa}@upc.edu

Resum

La diagnosi de fallades basada en models és avui dia un camp ben establert i madur que comença a formar part dels plans d'estudis de postgrau. La manca de bons materials didàctics dificulta el procés d'aprenentatge. En aquest treball es mostra com la metodologia d'aprenentatge basat en projectes s'ha utilitzat per organitzar les sessions de laboratori del curs de diagnosi de fallades utilitzant un sistema de tres dipòsits. Els mètodes de detecció de fallades basats en observadors i residus estructurats per a l'aïllament de fallades s'introdueixen als estudiants des d'un punt de vista pràctic, emprant un conjunt d'exercicis.

Diagnosi basat en model

- El control i la teoria de sistemes és avui dia un temàtica habitual en la majoria d'estudis d'enginyeria
- Desafortunadament, els sistemes de diagnosi automàtica de fallades no estan tan estesos com seria d'esperar d'acord amb el desenvolupament del camp en la indústria
- Entre les diferents metodologies de diagnosi de fallades, la diagnosi de fallades basada en models és la formalment més desenvolupada i està molt relacionada amb els coneixements dels estudiants d'enginyeria.
- La diagnosi basada en models és el nucli del curs "Diagnosi de Fallades i Control Supervisat" del Màster d'Automàtica i Robòtica de la ETSEIB.
- La detecció de fallades basada en models utilitza els models dels sistemes per a comprovar la coherència dels comportaments observats. Aquesta comprovació es basa en calcular la diferència entre el comportament predit a partir del model i comportament observat a partir dels sensors, conegut com a residu.



Residu: $r(k) = Q(q)(y(k) - \hat{y}(k))$

Estimador: $\hat{y}(k) = G_u(q)u(k) + G_y(q)y(k)$

Observador:
L (guany de l'observador)
•L=0 (ARMA)
•LC=A (MA)

$$G_u(q) = C(qI - A + LC)^{-1}B$$

$$G_y(q) = C(qI - A + LC)^{-1}L$$

Detecció: $s_i = \begin{cases} 0, & \text{if } |r_i(k)| < \tau_i \text{ (no fault)} \\ 1, & \text{if } |r_i(k)| \geq \tau_i \text{ (fault)} \end{cases}$

Exercicis proposats

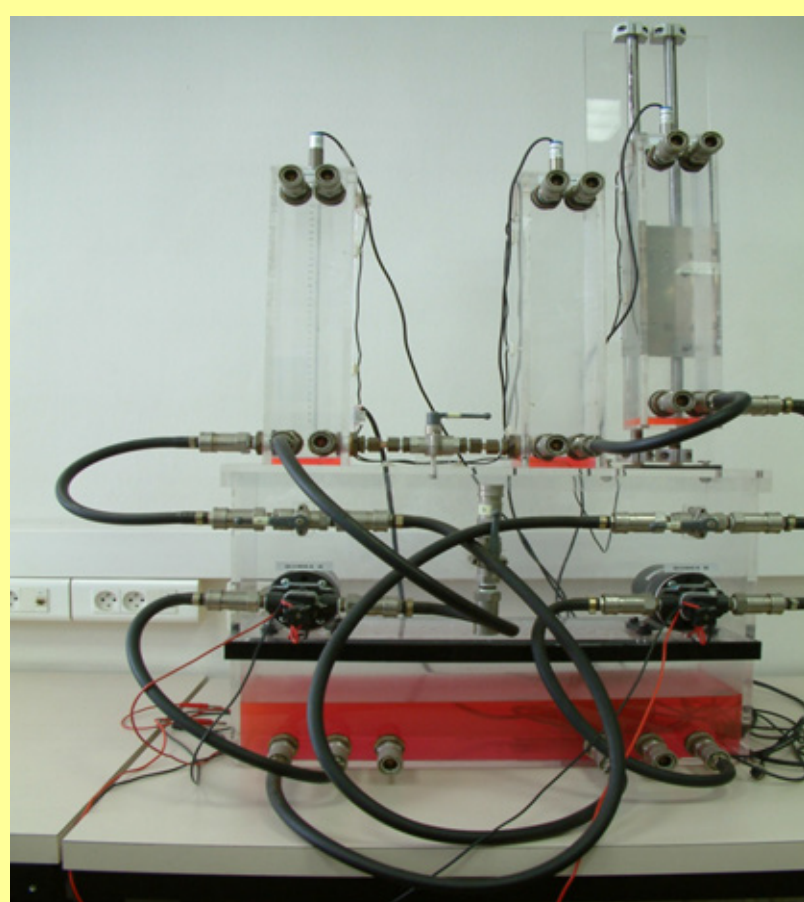
- Exercici 1: Detecció de fallades** emprant observadors i equacions de paritat. Els estudiants obtenen un conjunt de residus primaris directament de la representació en l'espai d'estat linealitzada del sistema. S'utilitza l'equació de paritat i l'observador amb $L = 0$ (ARMA) i $L = CA$ (MA).
- Exercici 2: Anàlisi estructural** emprant el SaTool. Com a resultat d'aquesta anàlisi, s'obté un conjunt de residus estructurats, així com la matriu de la signatura de fallada respecte al conjunt de fallades considerades. Finalment, es duen a terme la detecció de les fallades i l'anàlisi de l'aïllament.
- Exercici 3: Aïllament de fallades** emprant residus estructurats. Analitzant el conjunt de residus obtinguts en l'exercici 2 i emprant la matriu de la signatura de fallada. Els estudiants han de notar que no totes les fallades són aïllables amb els residus obtinguts mitjançant el mètode d'anàlisi estructural. Però la transformació d'aquest conjunt de residus mitjançant una transformació apropiada fa que el nou conjunt de residus sigui capaç d'aïllar el conjunt de falles d'interès. Aquest nou conjunt de residus donarà lloc a un conjunt de residus que es poden implementar com un banc d'observadors, cadascun d'ells dedicats a supervisar una fallada concreta.

Conclusions

- En aquest treball s'ha presentat una introducció a la detecció i l'aïllament de fallades basat en activitats d'aprenentatge basat en projectes. S'ha proposat l'ús d'un sistema de tres dipòsits tant en simulació com experimentalment.
- S'han aplicat els mètodes de detecció de fallades basats en observadors i mètodes de paritat al sistema de tres dipòsits.
- La relació entre els diferents mètodes s'analitza tant des d'un punt de vista conceptual com des de les seves prestacions.
- L'aïllament de fallades es realitza emprant l'anàlisi estructural i els residus estructurats s'utilitzen per generar un conjunt de residus.
- S'han descrit els exercicis proposats als estudiants i es mostren alguns dels resultats obtinguts en el sistema de tres dipòsits mitjançant simulació i experimentalment.

Laboratori experimental

Paral·lelament a les matèries teòriques es proposa un petit projecte basat en sistema real (un sistema de tres tancs) seguint una metodologia d'aprenentatge basat en projecte.



La planta es pot canviar fàcilment tant en forma paramètrica com estructural:

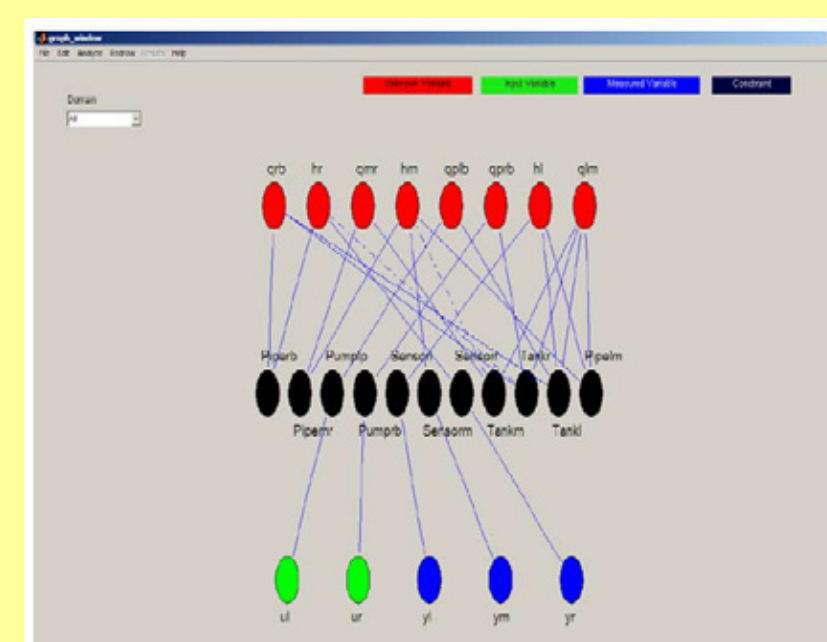
- La connexió entre els dipòsits pot connectar-se o desconnectar-se fàcilment.
- Algunes connexions poden modificar la seva secció.
- El sensors poden desplaçar-se.
- Un dels dipòsits pot desplaçar-se verticalment.

Component	EAR
Tank l	$c_1 : \dot{h}_l = \frac{1}{a_l} (q_{plb} - q_{lb} - q_{lm})$
Tank m	$c_2 : \dot{h}_m = \frac{1}{a_m} (q_{lm} - q_{mr})$
Tank r	$c_3 : \dot{h}_r = \frac{1}{a_r} (q_{prb} - q_{rb} + q_{mr})$
Pipe lb	$c_4 : q_{lb} = k_{lb}s(h_l - h_b)$
Pipe lm	$c_5 : q_{lm} = k_{lm}s(h_l - h_m)$
Pipe mr	$c_6 : q_{mr} = k_{mr}s(h_m - h_r)$
Pipe rb	$c_7 : q_{rb} = k_{rb}s(h_r - h_b)$
Pump lb	$c_8 : q_{plb} = k_{lu}u_l$
Pump rb	$c_9 : q_{prb} = k_{ru}u_r$
Level sensor l	$c_{10} : y_l = h_l$
Level sensor m	$c_{11} : y_m = h_m$
Level sensor r	$c_{12} : y_r = h_r$

Matriu de fallades

Residual	f_{y_l}	f_{y_m}	f_{y_r}	f_{u_l}	f_{u_r}
r_1	1	1	1	1	0
r_2	1	1	1	0	0
r_3	1	1	1	0	1

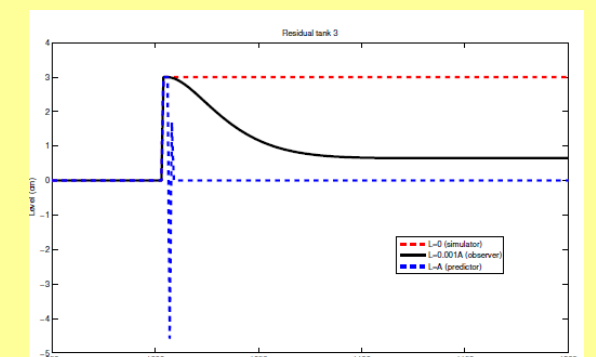
Anàlisi estructural



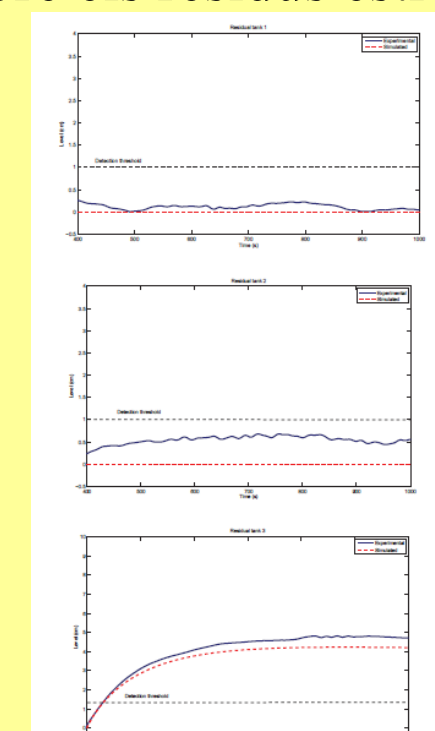
Nova matriu de signatura de fallades

Residual	f_{y_l}	f_{y_m}	f_{y_r}	f_{u_l}	f_{u_r}
r_l	1	0	0	1	1
r_m	0	1	0	1	1
r_r	0	0	1	1	1

Efecte del guany de l'observador (L)



Efecte d'una fallada en el sensor 3 sobre els residus estructurats



UNA AUTÈNTICA ESCOLA INTERNACIONAL D'ENGINYERIA: **EEIGM**



Departament de Ciència dels
Materials i Enginyeria Metal·lúrgica

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



El consorci d'universitats que formen l'EEIGM

En el context de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES), cal remarcar que a l'ETSEIB s'imparteix una titulació que va ser totalment pionera, doncs té quasi 25 anys, i que encara és única.

Es tracta de l'EEIGM (*Ecole Européenne d'Ingénieurs en Génie des Matériaux*), que funciona des del curs 1991/92, formant al voltant de 80 enginyers de materials per any (40% dels quals són noies), a partir de la col·laboració entre sis universitats de cinc països europeus: **França, Alemanya, Suècia, Rússia i Espanya.**



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial de Barcelona

El programa d'estudis

L'EEIGM es concep com una titulació integrada de Grau + Màster.

Els primers cursos (tres a Espanya i Rússia, dos a la resta de països) cada estudiant els fa a la seva universitat d'origen.

Després tots passen tres semestres a Nancy (França), on va néixer l'idea de l'EEIGM.

A continuació poden escollir a quina de les altres universitats del consorci volen anar per cursar un semestre d'especialització.

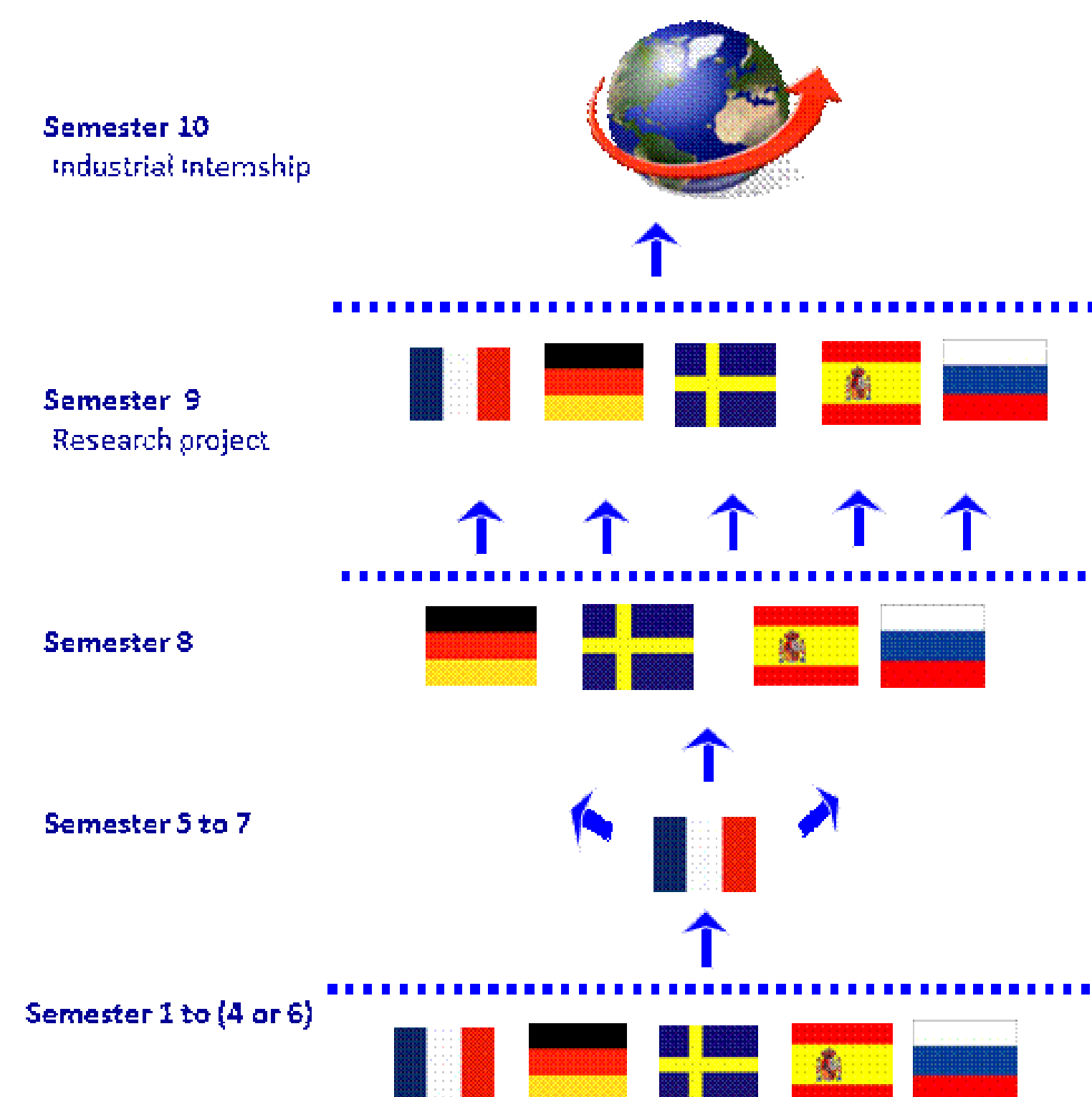
L'últim curs consisteix en un projecte de recerca a un laboratori de qualsevol de les universitats i en una estada a la indústria que pot fer-se a qualsevol país del món, encara que hi ha empreses com AIRBUS que cada curs acullen diversos estudiants.

Els idiomes són una part important dels estudis, de manera que per obtenir el títol tots els estudiants han de tenir dos certificats oficials de dos idiomes diferents.

Conclusions

Son ja 1.165 els enginyers titulats per l'EEIGM des dels seus inicis. El potencial d'aquests enginyers, amb sòlids coneixements en ciència i tecnologia de materials, que han estudiat en dos, tres o fins i tot quatre països diferents, que saben francès, anglès, alemany i castellà, que han desenvolupat un projecte en una empresa i un altre a un laboratori de recerca, es realment apreciat per les empreses arreu d'Europa. Bona prova d'això és que molts ocupen càrrecs de responsabilitat a empreses com AIRBUS, SAFRAN, LOTUS, NESTLE, ALSTOM, SAINT-GOBAIN, ARCELOR-MITTAL, EDF, RENAULT, ROVALMA, etc. Una altra dada destacable és que 20% dels enginyers EEIGM són ara doctors.

I tot això és fruit d'una iniciativa presa fa quasi 25 anys, amb una gran visió de futur.



Treball voluntari competitiu per pujar nota en l'assignatura Mètodes Quantitatius de Gestió
(Enginyeria Industrial)

Alberto García-Villoria, Rafael Pastor
{alberto.garcia-villoria, rafael.pastor}@upc.edu
Departament d'Organització d'Empreses, ETSEIB, UPC

1. Avaluació

Sistema de qualificació

La qualificació de l'estudiant serà la màxima de les següents notes finals:

$$N_{final1} = 0,6 N_{ef} + 0,2 N_{pp} + 0,2 \max(N_{ep} ; 0,5 N_{ep} + 0,5 N_{vp})$$
$$N_{final2} = 0,8 N_{ef} + 0,2 \max(N_{ep} ; 0,5 N_{ep} + 0,5 N_{vp})$$

N_{final} : Nota final; N_{ep} : Nota ensenyaments pràctics; N_{ef} : Nota examen final
 N_{vp} : Nota valoració del professorat; N_{pp} : Nota prova parcial

Treball competitiu per pujar nota

Es podrà realitzar i presentar un treball per pujar nota. Bàsicament es tracta de resoldre un problema d'optimització combinatòria en un temps màxim de càlcul computacional de 3 minuts, fent servir les tècniques ensenyades en classe. El treball és de caràcter competitiu i serveix per pujar la nota final del curs. En classe es definirà el problema a resoldre i es donaran tots els detalls.

2. Experiència docent innovadora

En aquesta comunicació es presenta una experiència innovadora que es va realitzar en l'assignatura Mètodes Quantitatius de Gestió, de l'últim any de la titulació d'Enginyeri a Industrial.

La proposta consistia en proposar un treball voluntari per pujar la nota final de l'assignatura, però amb un caràcter competitiu amb la resta de alumnes que el fessin i el presentessin. Es tractava de resoldre, de la millor manera possible i fent servir les eines d'optimització explicades en l'assignatura, un problema productiu complex d'assignació i seqüenciació de comandes a màquines en paral·lel (amb temps de canvi entre les diferents tipus de comendes).

Per a fer el treball es donaven dos mesos de termini i la presentació consistia, a més a més d'un document explicatiu dels algorismes desenvolupats, en resoldre en temps real dos exemplars del problema (amb un temps de càlcul de 3 minuts per a cadascun) i, mentrestant, fer una presentació de l'algorisme dissenyat (6 minuts). El valor de les dues solucions obtingudes, l'instant en que han estat obtingudes (≤ 3 minuts) i les solucions (per a posteriors comprovacions) havien de ser posteriorment lliurades via correu electrònic.

La nota final depenia dels resultats obtinguts respecte als altres companys; de forma que qui havia resolt millor els dos exemplars aconseguia la màxima qualificació. Concretament la nota depenia del lloc en que quedés el grup respecte als altres (havent una puntuació més que gran que 0 només per als 5 primers grups) i del nombre d'alumnes del grup (entre 1 i 3 alumnes) segons una taula de valoració.

3. Resultats aconseguits i lliçons apreses

-Nomès es va presentar un treball d'un alumne. No obstant la qualitat baixa del treball, com era l'únic presentat, va pujar la nota 2 punts (sobre un 5 original).

-Pensem que els motius que varen desmotivar la participació de l'estudiantat són:
-- El caràcter competitiu del treball
-- La incertesa de la quantitat dels treballs amb què competir
-- El fet d'haver programar.

- La programació és una competència transversal molt important en qualsevol assignatura sobre mètodes quantitatius, ja que permet posar en pràctica els coneixements adquirits. Malauradament, el nivell demostrat no va ser suficient.

4. Document del treball per a l'estudiantat

Enunciat

Una empresa que fabrica pintura disposa de M màquines per a envasar N comandes de pintura; cada comanda es caracteritza per ser d'una mida de pot entre les S mides disponibles (s_i és la mida de pot de la comanda i) i d'un color entre els C colors disponibles (c_i és el color de la comanda i). Com que es coneixen els quilos a envasar de cada comanda i la velocitat d'envasat en cada màquina, es coneix te_{ij} que és el temps que es triga per a envasar la comanda i en la màquina d'envasar j .

A més a més hi ha un temps de canvi entre mida de pots (tcm_{kl} és el temps que es triga en preparar una màquina que envasava un producte de mida de pot k per a que envasi un producte de mida de pot l) i també hi ha un temps de neteja entre colors (tcc_{ab} és el temps que es triga en netejar una màquina que envasava un producte de color a per a que envasi un producte de color b).

En l'estat inicial es suposa que les màquines ja estan preparades per fabricar el que es planifiqui (no fa falta cap temps de preparació/neteja) i al final de la planificació no ens preocupa l'estat final de les màquines (no fa falta cap temps addicional de preparació/neteja).

L'objectiu és que la màquina que acaba l'última acabi el més aviat possible, és a dir, es vol minimitzar el temps que es triga en tenir totes les comandes enllestides.

Data de lliurament via e-mail

S'ha d'enviar a rafael.pastor@upc.edu l'arxiu executable del programa informàtic de resolució i un informe de descripció de l'algorisme dissenyat amb un màxim de 6 pàgines (incloent la portada si es fa). La data màxima d'enviament serà dilluns 18 de desembre a les 9:00 hores.

Data de presentació

La presentació consisteix en resoldre dos exemplars del problema (amb un temps de càlcul de 3 minuts per a cadascun) i, mentrestant, fer una presentació de l'algorisme dissenyat (6 minuts). La presentació es farà en l'aula informàtica 1.1 el dia 22 de desembre a les 12:00 hores.

Es lliurarà el valor de les dues solucions obtingudes, l'instant en que han estat obtingudes (≤ 3 minuts) i les solucions (per a posteriors comprovacions).

Valoració

Si el programa informàtic "peta" amb les dades d'un exemplar, el valor de la solució assignat a aquell exemplar serà el més gran entre tots els trobats pels diferents grups que presentin el treball.

El treball és de caràcter voluntari, però competitiu, i serveix per pujar la nota final del curs. La nota dependrà del lloc en que quedi el grup respecte als altres (hi ha puntuació per als 5 primers grups) i del nombre d'alumnes del grup (entre 1 i 3 alumnes) segons la taula següent:

	Un/a alumne/a	Dos alumnes	Tres alumnes
1 ^{er} grup	2	1,5	1
2 ^{on} grup	1,5	1,25	1
3 ^{er} grup	1,25	1	0,5
4 ^t grup	1	0,75	0,5
5 ^è grup	0,75	0,5	0,5

Si hi ha empat entre dos grups es considerarà l'instant en que han estat obtingudes les solucions.

Subministrament de les dades

Les dades seran subministrades en dos fitxers de noms "dades1.dat" i "dades2.dat".

1. INTRODUCCIÓN

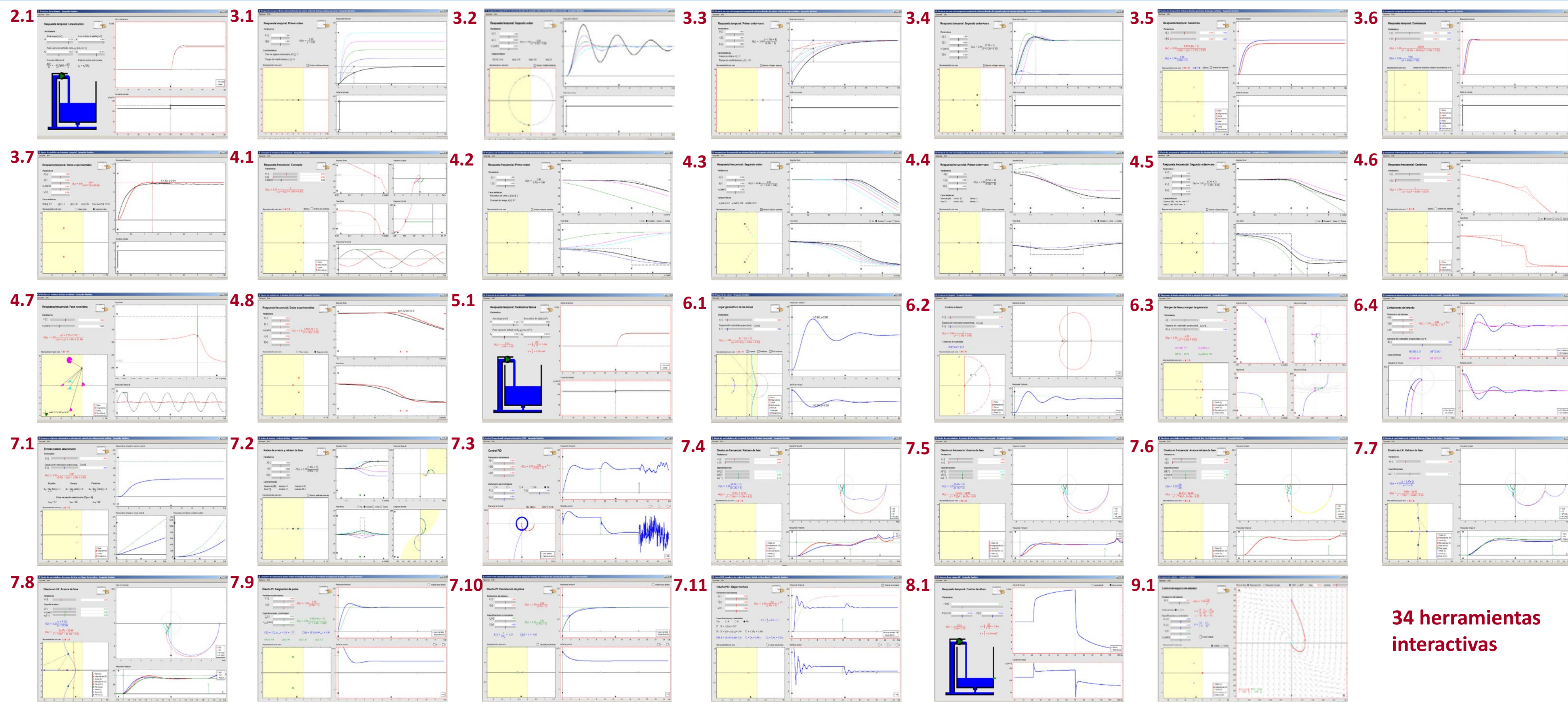
Este trabajo resume las principales características del texto con el mismo título que ha sido publicado recientemente por la editorial Pearson y cuyo objetivo es proporcionar una serie de herramientas autocontenidas que permitan aprender distintos conceptos básicos relacionados con el control automático. El trabajo se ha centrado en cómo representar los principales conceptos y cómo formularlos siguiendo un aprendizaje basado en ejemplos. Se han diseñado un conjunto de *herramientas interactivas* que están compuestas por:

- Una aplicación gráfica que visualiza cada concepto e incluye objetos interactivos con el fin de potenciar la interacción con la aplicación.
- La aplicación incorpora un conjunto de ejemplos predefinidos que ilustran algún fenómeno concreto o particularidad del concepto introducido.
- Cada aplicación incluye un resumen teórico que presenta el concepto formal y analíticamente.
- No es su objetivo sustituir al libro de texto. Las aplicaciones han sido diseñadas para que sean autocontenidas.
- La documentación contiene diferentes ejercicios que deben ser resueltos utilizando la aplicación.

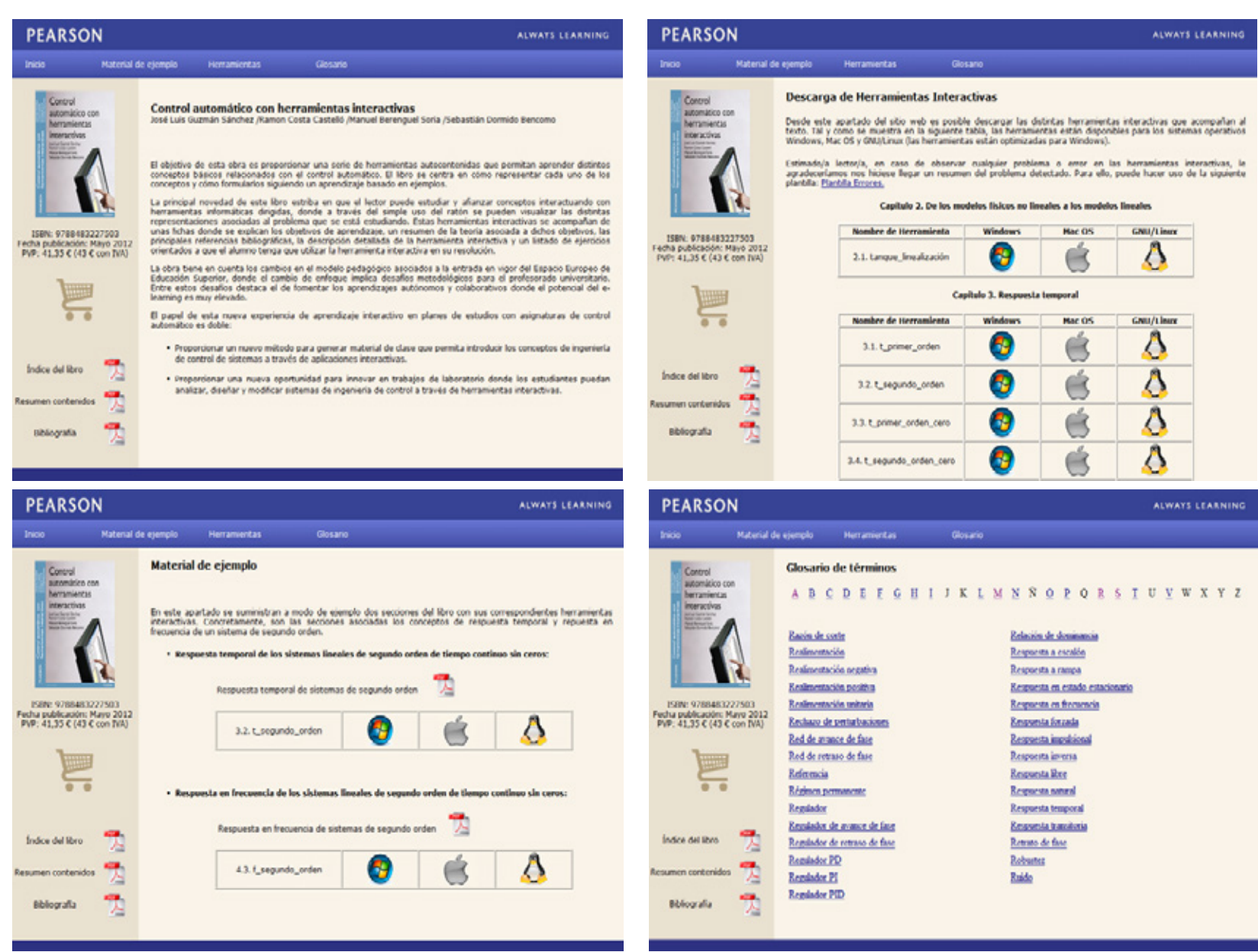
2. CONCEPTOS ABORDADOS

1. Introducción
2. De los modelos físicos no lineales a los modelos lineales
- 2.1 El sistema de un tanque
3. Respuesta temporal
- 3.1 Respuesta temporal de los sistemas lineales de primer orden sin ceros
- 3.2 Respuesta temporal de los sistemas lineales de segundo orden sin ceros
- 3.3 Efecto de un cero en la respuesta temporal de sistemas de primer orden
- 3.4 Efecto de un cero en la respuesta temporal de los sistemas de segundo orden
- 3.5 Respuesta temporal de sistemas lineales genéricos
- 3.6 Dominancia en el dominio temporal
- 3.7 Ajuste de modelos en el dominio temporal
4. Respuesta en frecuencia
- 4.1 Concepto de respuesta en frecuencia
- 4.2 Respuesta en frecuencia de los sistemas lineales de primer orden sin ceros
- 4.3 Respuesta en frecuencia de los sistemas lineales de segundo orden sin ceros
- 4.4 Efecto de un cero en la respuesta en frecuencia de sistemas de primer orden
- 4.5 Efecto de un cero en la respuesta en frecuencia de sistemas de segundo orden
- 4.6 Respuesta en frecuencia de sistemas lineales genéricos de tiempo continuo
- 4.7 El desfase en sistemas de fase no mínima
- 4.8 Ajuste de modelos en el dominio de la frecuencia
5. Relación de los parámetros de los modelos con los modelos físicos
- 5.1 El sistema de un tanque II
6. Sistemas en lazo cerrado y estabilidad
- 6.1 El lugar de las raíces
- 6.2 El criterio de Nyquist
- 6.3 Diagramas de Bode: Margen de fase y margen de ganancia
- 6.4 Limitaciones impuestas por el tiempo de retardo en sistemas en lazo cerrado
7. Diseño de sistemas de control
- 7.1 Errores en estado estacionario en sistemas de control
- 7.2 Redes de avance y retraso de fase
- 7.3 Control Proporcional, Integral y Derivativo (PID)
- 7.4 Diseño de controladores de retraso de fase en el dominio frecuencial
- 7.5 Diseño de controladores de avance de fase en el dominio frecuencial
- 7.6 Diseño de controladores de avance y retraso de fase en dominio frecuencial
- 7.7 Diseño de controladores de retraso de fase en el lugar de las raíces
- 7.8 Diseño de controladores de avance de fase en el dominio frecuencial
- 7.9 Control PI de sistemas de primer orden sin tiempo de retardo por el método de asignación de polos
- 7.10 Control PI de sistemas de primer orden sin tiempo de retardo por el método de cancelación de polos
- 7.11 Control PID basado en las reglas de Ziegler-Nichols en lazo abierto
8. Control de sistemas físicos
- 8.1 El sistema de un tanque III
9. Introducción al control en el espacio de estados
- 9.1 Espacio de estados

3. HERRAMIENTAS INTERACTIVAS



4. PÁGINA WEB: http://www.pearson.es/fichas_interactivas



5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia e Innovación, al Comité Español de Automática (grupo temático de Educación en Automática), al Comisionado de Grado de la Universidad de Almería y a los Consejos Sociales de la UNED y de la Universidad de Almería por la financiación y los premios otorgados a diversas iniciativas relacionadas con el desarrollo de laboratorios virtuales y remotos para la enseñanza de la Automática.

REFERENCIAS

- [1] K. J. Aström and B. Wittenmark. CCSDEMO. Technical report, Department of Automatic Control. Lund Institute of Technology, 1997.
- [2] S. Dormido. Control learning: Present and future. *Annual Reviews in Control*, 28(1):115–136, 2004.
- [3] J. L. Guzmán, R. Costa-Castelló, M. Berenguel y S. Dormido. *Control automático con herramientas interactivas*. Pearson, 2012.
- [4] J. L. Guzmán, K. J. Aström, S. Dormido, T. Hagglund, M. Berenguel, Y. Piguet. Interactive learning modules for PID control. *IEEE Control Systems Magazine*, 28(5):118–134, 2008.
- [5] M. Johansson and M. Gäfvert. ICTools - interactive learning tools for control. Technical report, Department of Automatic Control. Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 2003.
- [6] M. Johansson, M. Gäfvert, and K. J. Aström. Interactive tools for education in automatic control. *IEEE Control Systems Magazine*, 18(3):33–40, 1998.
- [7] Y. Piguet. *SysQuake 5: User manual*. Calerga Sarl, Laussane, Switzerland, 2009.

Resum

En aquest curs, els estudiants: a) desenvolupen la seva capacitat de **treballar en equip**, analitzar i sintetitzar la **informació**, i millorar les habilitats de **comunicació escrita** i **oral** dels **informes tècnics**; b) dissenyaren un **cicle termodinàmic** d'una planta d'energia durant certes condicions de contorn mitjançant l'**optimització** de diversos paràmetres. Els alumnes hauran de cercar, **consultar** i **gestionar** la informació obtinguda de diferents **bases de dades**. Per al càlcul **termodinàmic** s'utilitzaran paquets de **software**: un per obtenir les propietats de l'aigua i un altre per analitzar la combustió; c) **planificaran** i **organitzaran** el **treball d'equip** i valoraran els treballs d'altres estudiants; d) decidiran quina és la **tècnica** més adequada per obtenir **electricitat** per mitjà de la **combustió** de **carbó**, i e) valoraran l'extrapolació d'aquestes tècniques a altres **fonts d'energia**.

Esquema d'una planta

Figura. 1. Central tèrmica de Sant Adrià del Besós (ENDESA)

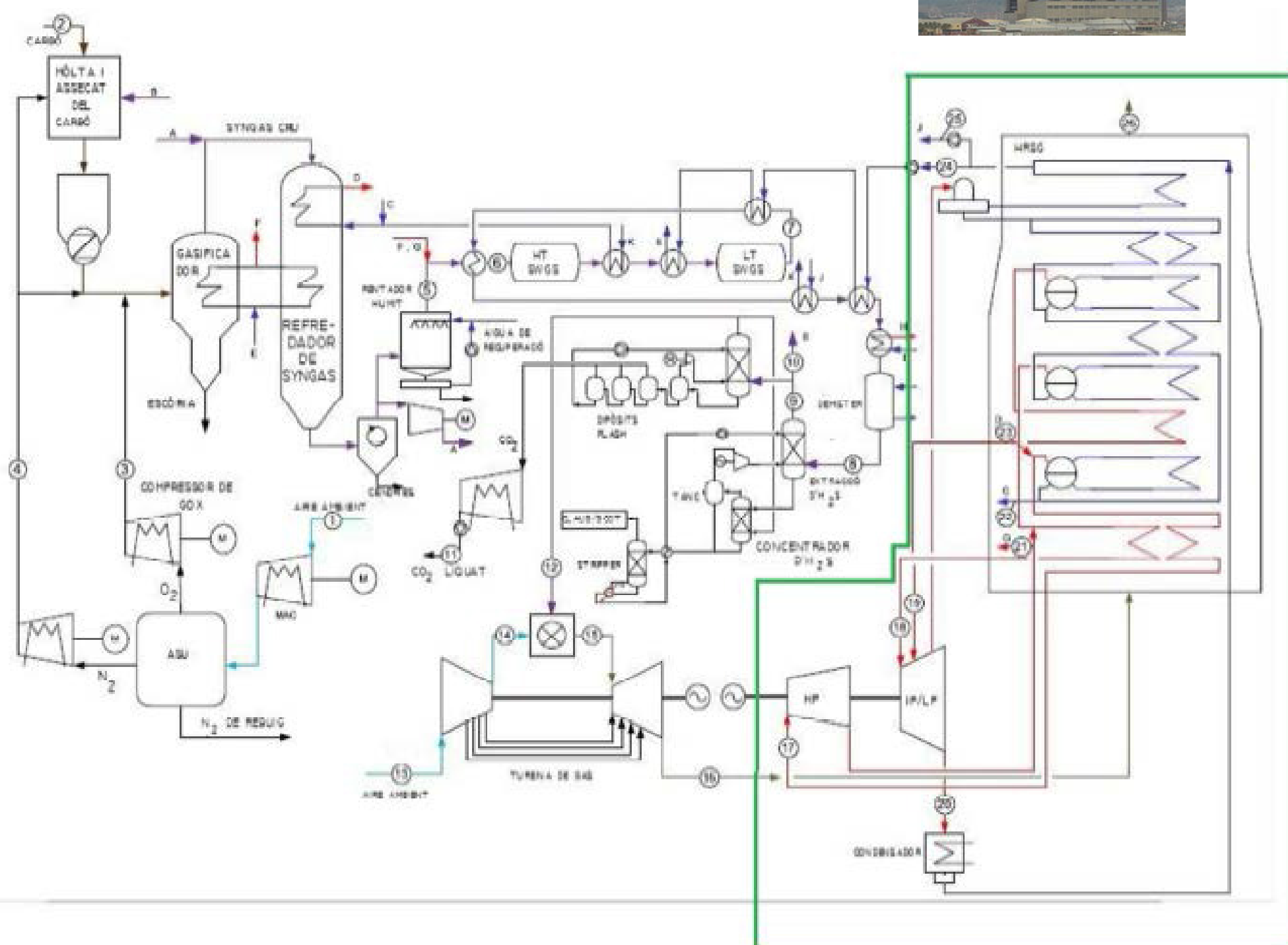
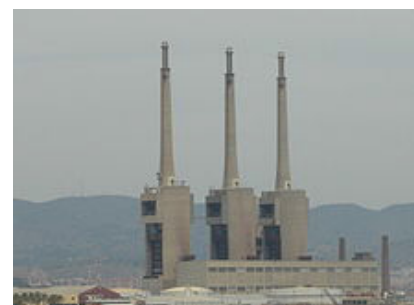


Figura. 2. Esquema de una central tèrmica de gasificació de carbó

SOFTWARE

ESTAT	T (°C)	P (bar)	m (kg/s)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg·K)
1	15,00	1,010	150,00	-14,8272	6,8231
2	236,21	3,500	150,00	209,5495	7,4055
3	15,00	1,010	44,31	-13,7086	6,3503
4	125,80	53,000	39,74	93,7094	6,6781
5	10,00	5,000	10,68	-15,6029	6,7732
6	98,40	80,000	10,68	76,3654	7,0508
7	276,70	40,480	177,69	3428,3497	10,2690
8	25,00	36,710	120,62	-3812,2090	0,0000
9	12,40	36,210	119,13		
10	12,40	36,210	2,00		
11	35,80	150,000	63,19	318,3600	1,1500
11'	-46,21	60,000	63,19	96,6100	0,8420
11''			63,19	-126,9200	0,5784
12	30,00	36,710	23,30	-3804,4490	0,0047
13	15,00	1,010	683,01	-14,8282	6,8220
14	419,80	19,020	683,01	402,1356	7,7296
15	1331,00	19,020	706,52	-644,8032	8,4998
16	363,30	1,080	706,52	1463,2963	7,6838
26	104,80	1,040	706,52	-2010,9608	7,0616
1v	34,58	0,055	70,00	144,9006	0,4998
2v	34,84	5,000	70,00	146,3299	0,5028
2v'			70,00	145,4755	0,4998
3v			7,00		
4v	235,00	5,000	7,00	2629,8727	7,2119
5v	235,00	5,000	7,00	2629,8727	7,2119
6v	274,37	5,000	70,00	3011,6353	7,3669
7v	34,58	0,055	70,00	2333,5600	7,6117
7v'				2258,2176	7,3669
7v''					
8v			63,00		
9v			10,50		
10v			10,50		
10v'	325,00	36,000	10,50	3040,4490	6,5425
11v	545,00	36,000	63,00	3552,6034	7,2735
12v	278,76	5,000	63,00	3020,7240	7,3834
13v			52,50	2991,6263	7,2735
14v			52,50		
15v	545,00	104,000	52,50	3485,3231	6,7212
16v	384,34	36,000	52,50	3184,6700	6,7725
16v'				3151,2617	6,7212

1c	20	1,013		84,0130348	0,266482652
2c	22	1,013		92,3812871	0,324931695

Aigua refrigeració condensador
Aigua refrigeració condensador

Taula 5-Propietats de les substàncies.

Reactants				Products			
Species	No. Moles	Mol/Frac	K	Species	No. Moles	Mol/Frac	K
N2	4,91150	0,88133		CO	6,383e-05	9,57e-06	
O2	1,23150	0,18863		C2	0,68804	0,10225	
CO	0,67200	0,09399		H2	7,535e-06	1,13e-06	
O2	0,01700	2,38e-03		H2O	0,28747	0,04459	
H2	0,28300	0,03958		N2O	4,86184	0,72861	
H2O	0,01500	2,18e-03		N2	3,425e-08	5,15e-09	
				N2O	4,143e-06	6,21e-07	
				N2	0,01916	2,87e-03	
				N2	1,615e-04	2,42e-05	
				N2	5,425e-10	8,14e-11	
				O2	0,08403	0,12650	
				OH	0,00105	1,58e-04	

ANÀLISI DE LA COMBUSTIÓ

Software: gasek

PROPIETATS de l'aigua: full excel X-Steam v. 3.2

Resultats

Un **full de càlcul** permet la realització d'un **balanç energètic** i d'un **balanç exergètic** de la planta considerada. Obtenint els **rendiments energètic** i exergètic i veure com afecten al seu càlcul els diferents tipus de carbó. També en funció d'alguns paràmetres de disseny del cicle com la pressió del condensador. Un altre tipus d'anàlisi és considerar que una part de l'energia subministrada a la planta per produir **energia elèctrica**, procedeix del Sol (**central híbrida**).

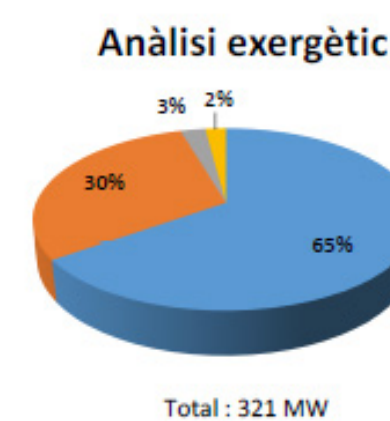


Figura. 3. Anàlisi exergètica d'una planta de carbó

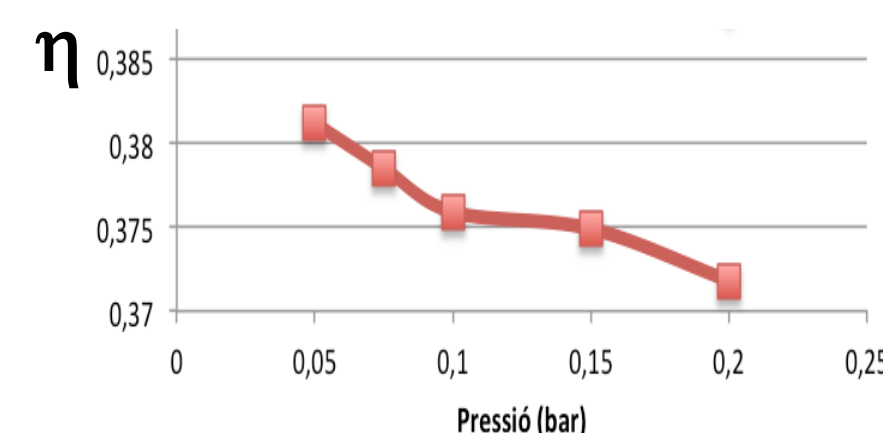


Figura. 4. Diagrama de SANKEY d'una planta de carbó

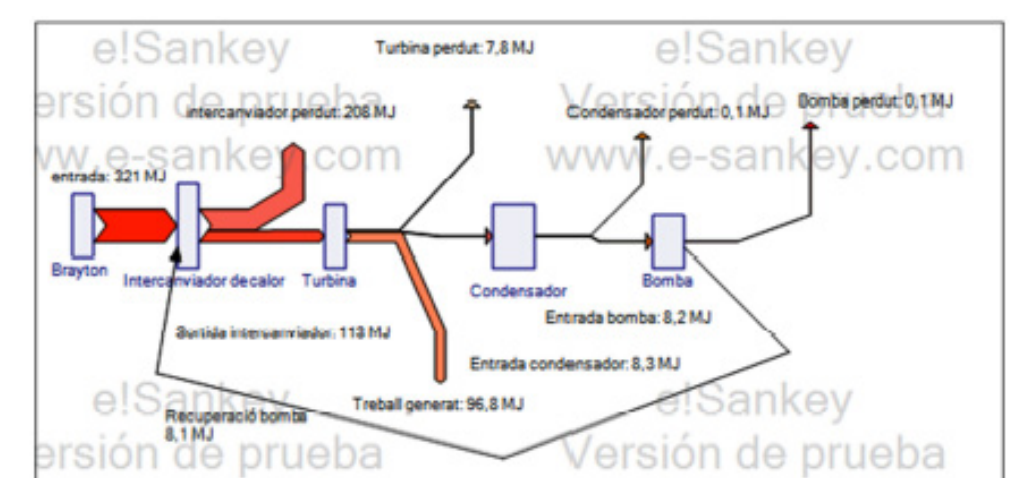


Figura. 5. Rendiment tèrmic en funció de la pressió de treball del condensador

Conclusions

En finalitzar el projecte l'estudiant és capaç de:

- Trobar i obtenir **bibliografia** per desenvolupar el projecte.
- Valorar la importància del **carbó** en la producció d'**energia elèctrica** i els efectes mediambientals de la utilització del carbó: **carbó net?**
- Identificar els elements de què consta una **central tèrmica de carbó** i una de **gasificació**. **Centrals híbrides**.
- Analitzar i quantificar tant l'energia alliberada com els productes generats en la **combustió del carbó**, mitjançant les lleis de la **termodinàmica**. Analitzar la influència dels paràmetres ambientals en el funcionament de les centrals.
- Comparar els resultats propis amb els de la bibliografia.
- Analitzar els diferents **cicles termodinàmics** (**Rankine supercrític**, **cicle combinat** i **cicles híbrids**) i avaluar els seus rendiments.
- **Planificar** i controlar la **gestió d'un projecte** a nivell d'iniciació així com la seva exposició en públic.

Referències

1. "Power Generation of Coal". Agència internacional de l'energia.
2. "Recursos energètics i crisis. La fi de 200 anys irrepitibles". Carles Riba i Romeva. IS.UPC.

INTRODUCCIÓ I METODOLOGIA

El projecte consisteix en realitzar un **estudi termo-energètic** i mediambiental d'una **central de gasificació de carbó** (IGCC: **integrated gasification combined cycle**) i comparació amb una **central tèrmica convencional de carbó**. Es considerarà també les **centrals híbrides** on una part de l'energia necessària per produir vapor d'aigua procedeix del Sol, **estalviant** així **combustible** i **reduint** les **emissions**.

Un dels objectius principals és estudiar les **bases termodinàmiques** de les **plantes de generació tèrmica**, ja que és bàsic per entendre els conceptes associats a l'enginyeria i disseny de les mateixes.

Els alumnes hauran de dissenyar un **cicle termodinàmic** d'una **central tèrmica** per a unes condicions de contorn determinades optimitzant diversos paràmetres. Per això hauran d'aplicar les **lleis de la Termodinàmica** per quantificar i optimitzar l'**energia** dels diferents elements d'una central tèrmica.

L'experiència de dos projectes interdisciplinars:

Estem mesurant bé les peces que fabriquem?

És capaç la nostra màquina eina de fabricar les peces amb la precisió necessària?



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament d'Enginyeria Mecànica

Irene Buj

Lourdes Roderó
Lluís Marco



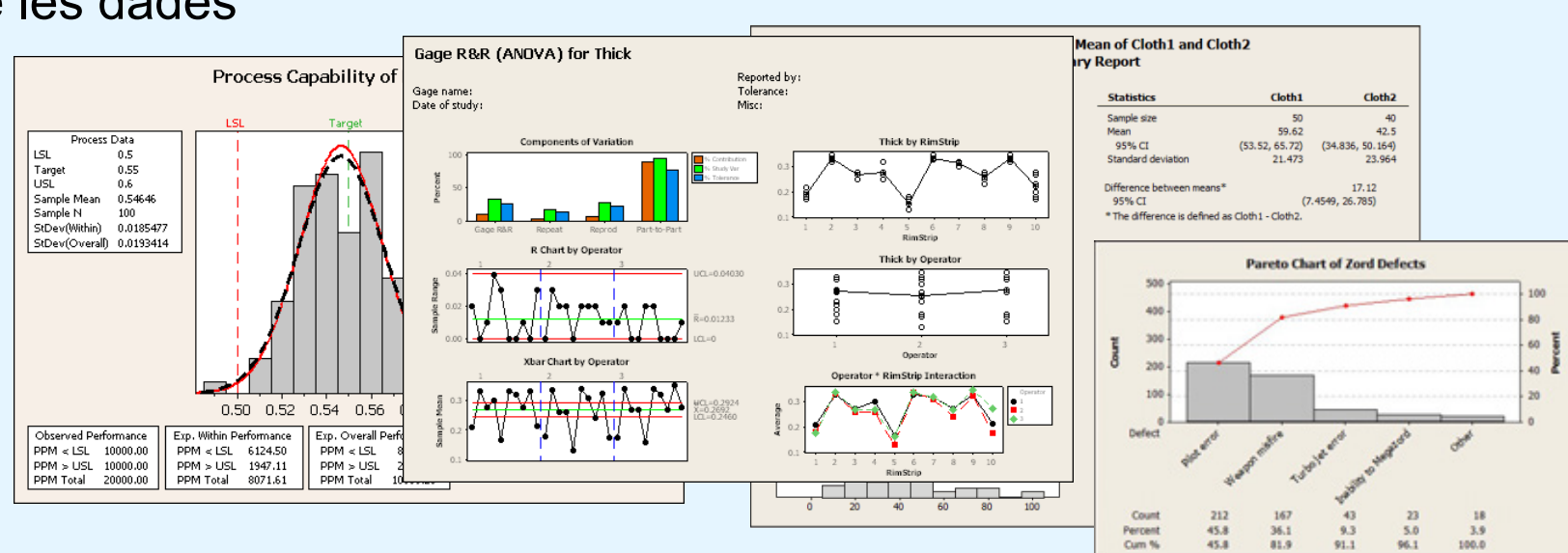
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament d'Estadística
i Investigació Operativa

L'assignatura té 13 sessions, 2 hores per setmana. En el curs 2014-2015, 3 sessions les va fer el departament de mecànica, 4 sessions el departament d'estadística i 6 sessions van ser compartides entre els dos departaments (3 d'aquestes 6 sessions són les dedicades a les presentacions). A mesura que han anat avançant els cursos, s'han anat incrementant el nombre de sessions compartides entre els dos departaments.

Com funcionen les classes?

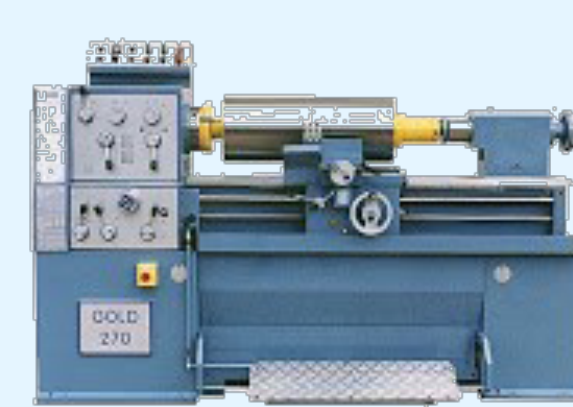
1

S'aprenen les eines estadístiques necessàries per l'anàlisi posterior de les dades



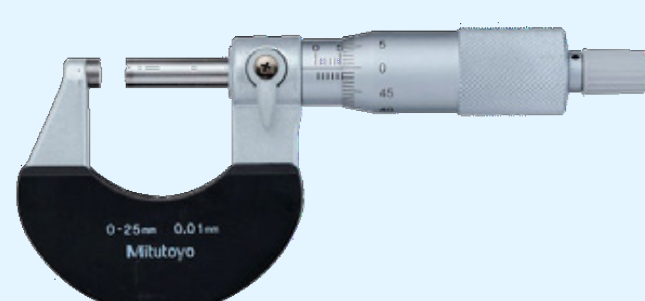
2

S'aprèn el funcionament de les màquines-eina amb què es fabricaran les peces.



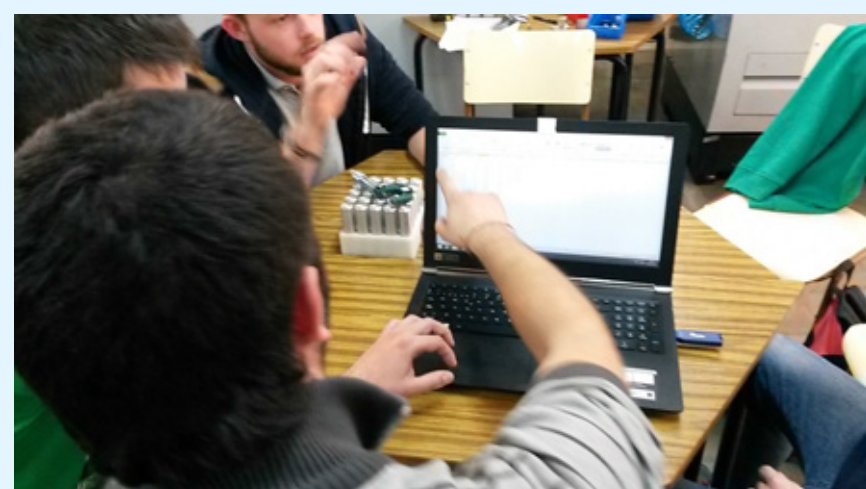
3

S'estudia el funcionament dels instruments de mesura



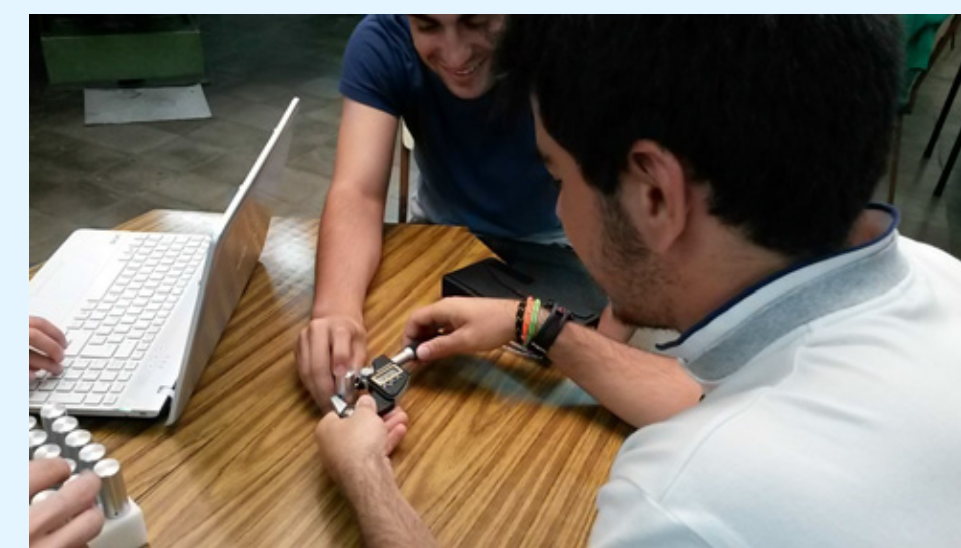
5

S'analitzen les dades recollides per cadascun dels grups, mirant si hi ha diferències entre torns.



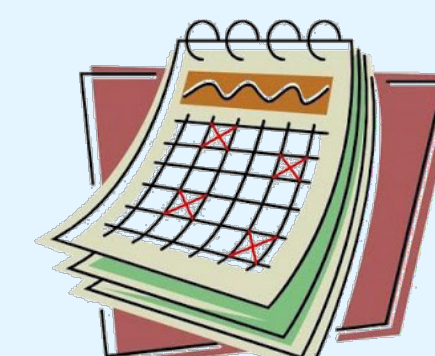
4

Es mesuren les peces. En funció del projecte, el procediment de mesura és un o un altre.



6

El grup de dilluns analitza les dades del grup de divendres; el grup de divendres analitza les dades del grup de dilluns.



Projectes conduïts per professors de dos departaments diferents.



Es transmet la importància de la multidisciplinarietat en un projecte a partir de l'exemple. Això requereix un alt grau de coordinació, d'entendre i compartir maneres diferents de fer i també aprendre continguts tècnics "de l'altra part".

Classes impartides al laboratori.



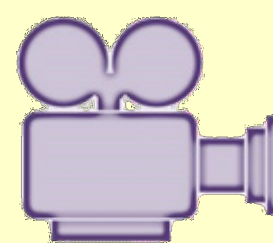
Les classes s'imparteixen allà on "té lloc l'acció", de manera que els estudiants tenen accés fàcil a les màquines-eina, peces fabricades, instruments de mesura, etc. Per a realitzar les anàlisis estadístiques els estudiants porten un portàtil.

Traspàs de dades i documentació entre grups



En la fase final del curs les dades recollides pels dos grups són intercanviades, de manera que cada grup enriqueix el seu treball amb la feina d'altres estudiants. El fet de saber que la feina realitzada serà utilitzada per altres estudiants crea un esperit de treball cooperatiu molt interessant.

Gravació en vídeo d'una presentació



Per ajudar els estudiants a assolir la competència de presentacions orals, es grava en vídeo una de les seves presentacions. Després, els estudiants la visionen i s'analitzen els punts forts i les àrees de millora de cadascun.

Els estudiants valoren positivament els projectes. En especial, l'aprenentatge que s'assoleix amb els presentacions orals, el coneixement d'un procés de fabricació, l'aplicació d'eines estadístiques en un cas real, el treball al laboratori aplicant coneixements teòrics de forma pràctica i el fet de treballar en un projecte interdisciplinari.

SUR
VEY
says

- Més fluïdesa parlant en públic i més seguretat.
- Nocions més clares de com gestionar un informe.
- S'aprèn a treballar en equip.
- S'adquireixen coneixements generals de mecànica i estadística que es desconeixien.

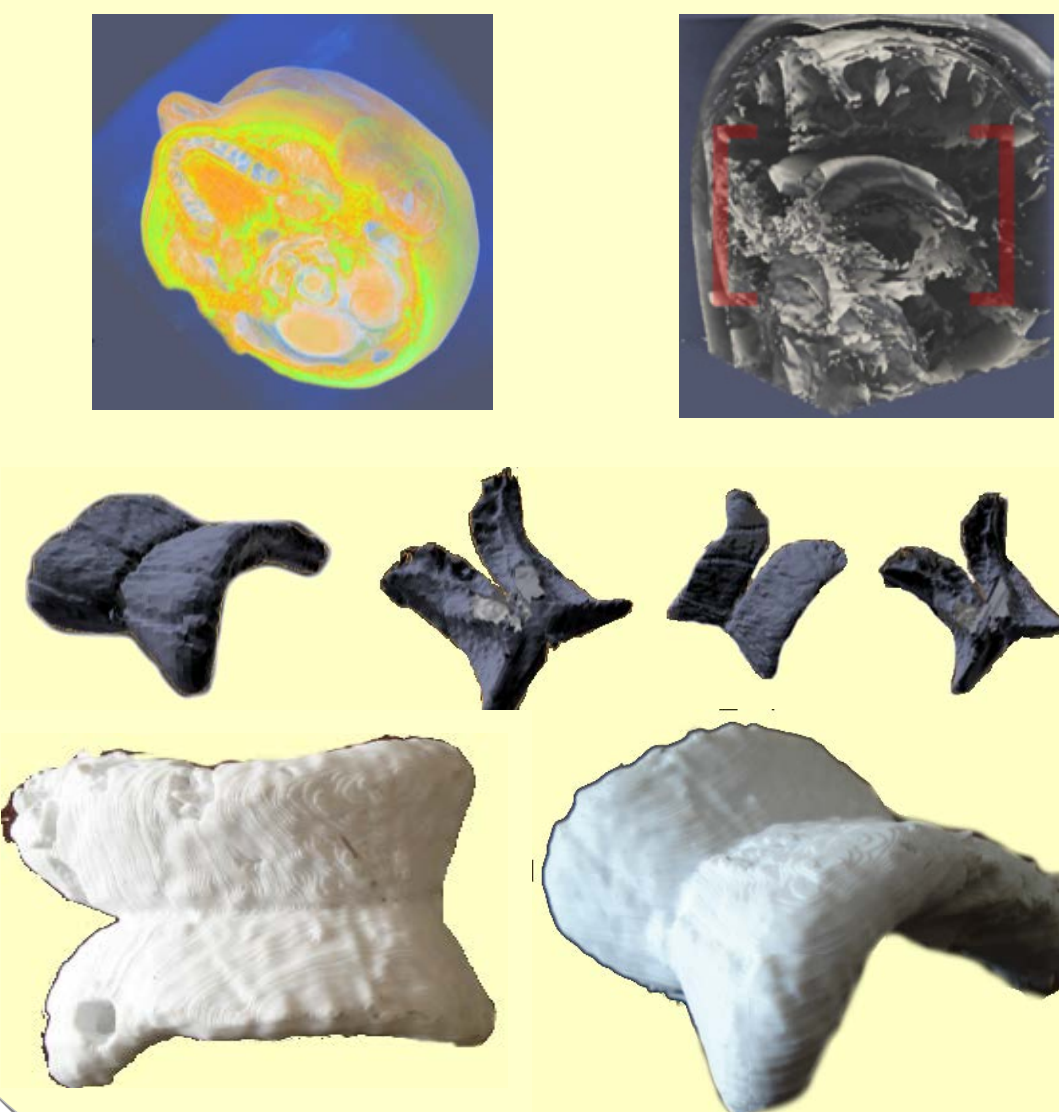
- Utilització de les diapositives com a guia i no fulls replets de lletra.
- Presentació de l'informe escrit i aspectes a considerar i tenir en compte (índex, numeració, imatges...).
- Interacció i explicació d'imatges i gràfics de diapositives.
- Elaboració de powerpoints: com fer-los i estratègies per encarar-los.

Projecte II: Visualització d'estructures anatòmiques a partir d'imatges mèdiques

OBJECTIUS

- Creació d'un model 3D d'una estructura anatòmica a partir d'imatges mèdiques
- Tractament del model per la seva impressió a l'aula RepRap de l'ETSEIB
- Disseny i implementació d'una aplicació de visualització de models biomèdics amb PyQt i VTK
- Disseny d'un software d'aprenentatge per a estudiants de medicina

Ventricle lateral del cervell extret d'una ressonància magnètica



SOFTWARE



MeshLab



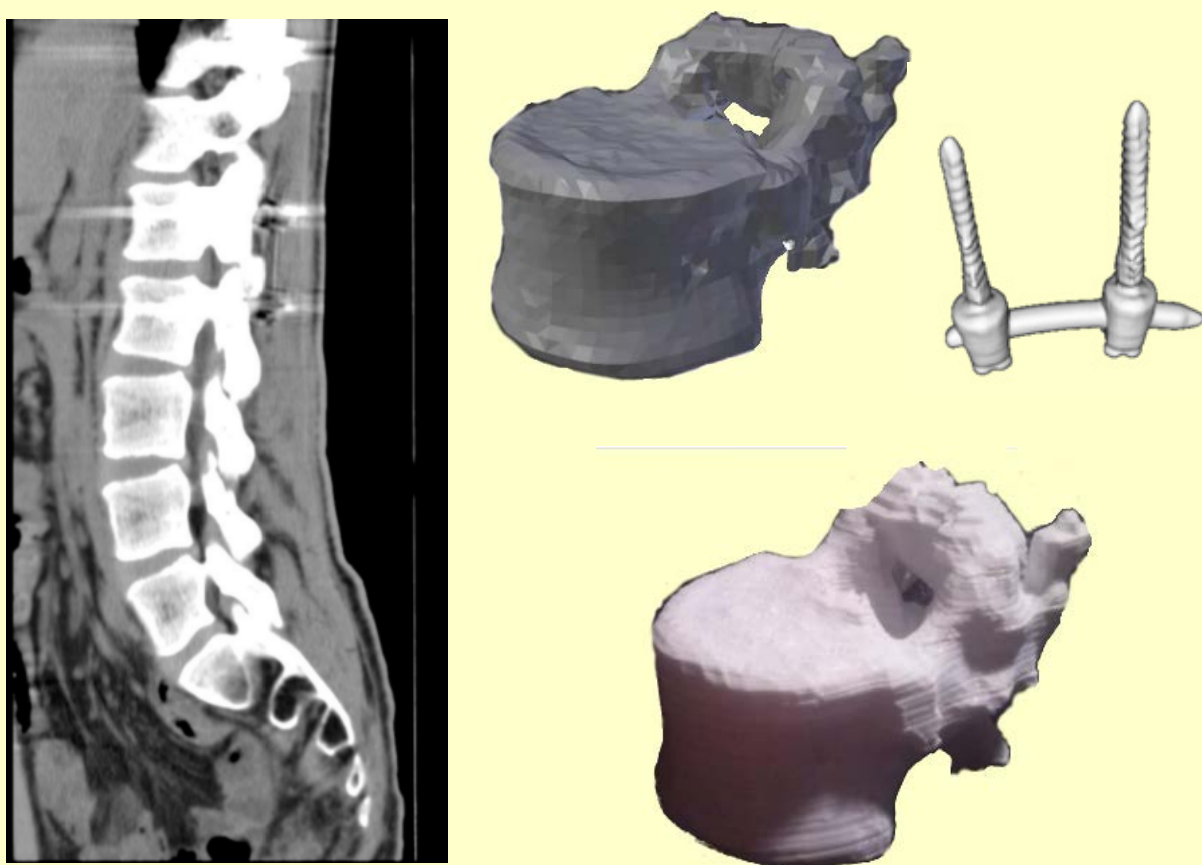
ITK-Snap

DADES

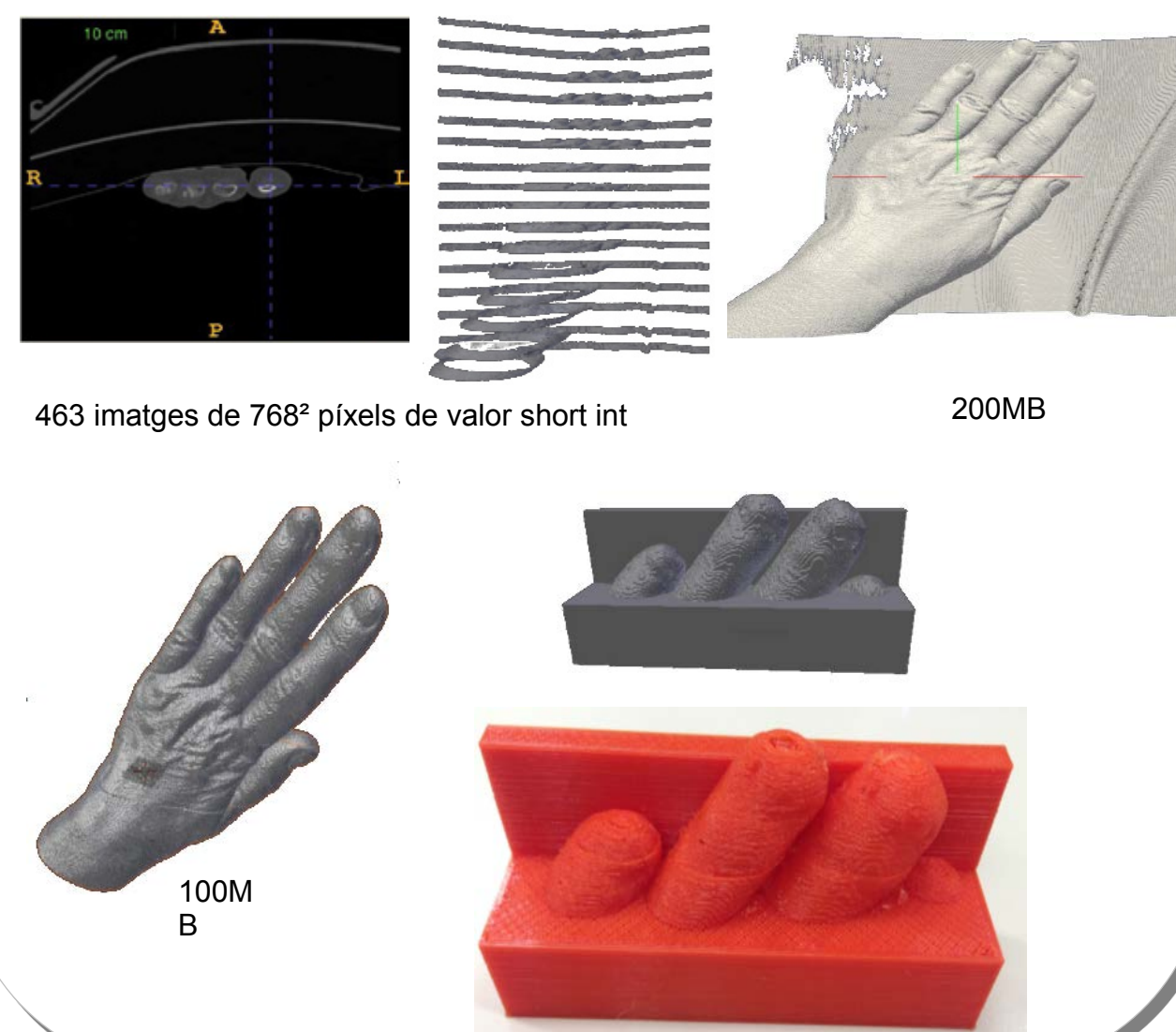


... i dades pròpies !!

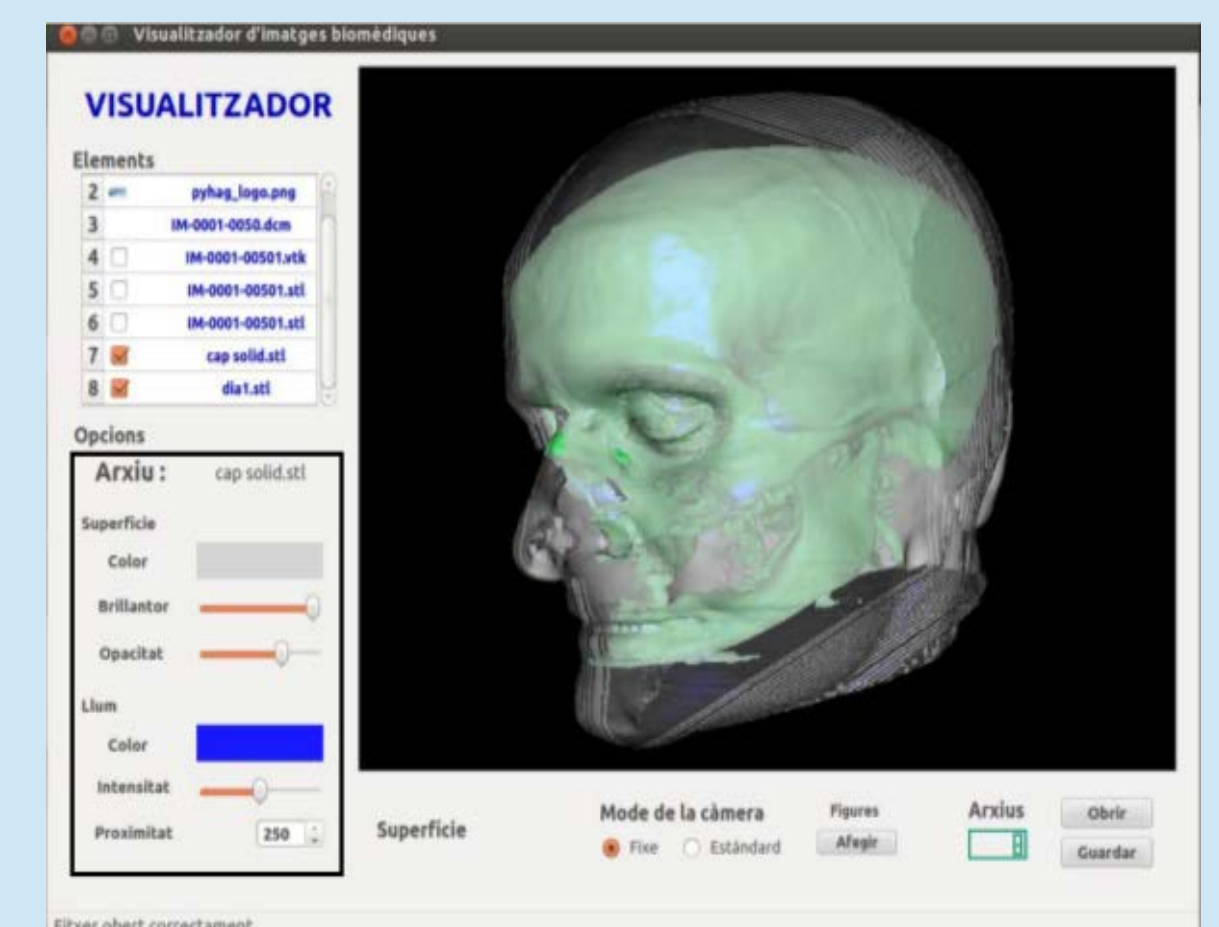
Columna, vertebres i claus a partir d'una tomografia de l'esquena



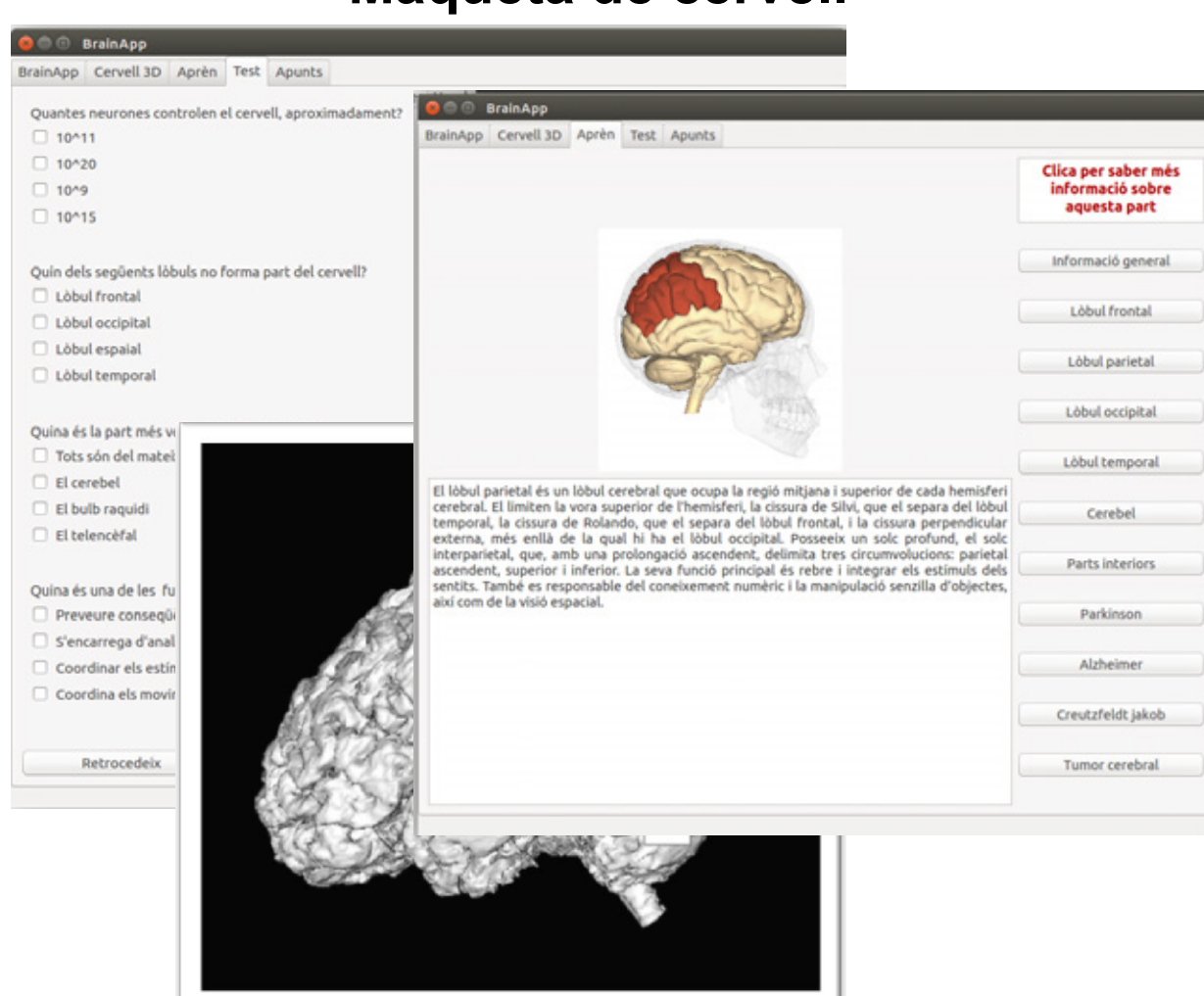
Grans volums de dades Reconstrucció d'un model de mà



Aplicació de visualització d'imatges, models volumètrics i superfícies



Software d'aprenentatge mèdic Maqueta de cervell



Cranis i pells persona adulta I infant amb deformacions estructurals



Dificultat de la segmentació Model de peu a partir de Tomografia versus model de cor de ressonància magnètica



GRAU EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS
ASSIGNATURA PROJECTES II
CURSOS 2013/2014 i 2014-2015

PROFESSORA: D. TOST

Projecte II: Estudi de la viabilitat d'una instal·lació de cogeneració amb motor Stirling per a una llar



J.M. Morancho

Laboratori de Termodinàmica, Departament de Màquines i Motors Tèrmics, Universitat Politècnica de Catalunya
Diagonal 647, 08028 Barcelona, e-mail: morancho@mmt.upc.edu



INTRODUCCIÓ

Els sistemes de cogeneració consisteixen en la generació simultània d'energia elèctrica i calor. En aquest projecte els estudiants han estudiat la viabilitat, des dels punts de vista termodinàmica i econòmic, d'una instal·lació de cogeneració amb motor Stirling per a una llar, utilitzant com a font d'energia la combustió de gas natural. L'energia elèctrica produïda es consumeix al mateix lloc on es produeix, reduint-se les pèrdues d'energia per transport.

CICLE STIRLING IDEAL

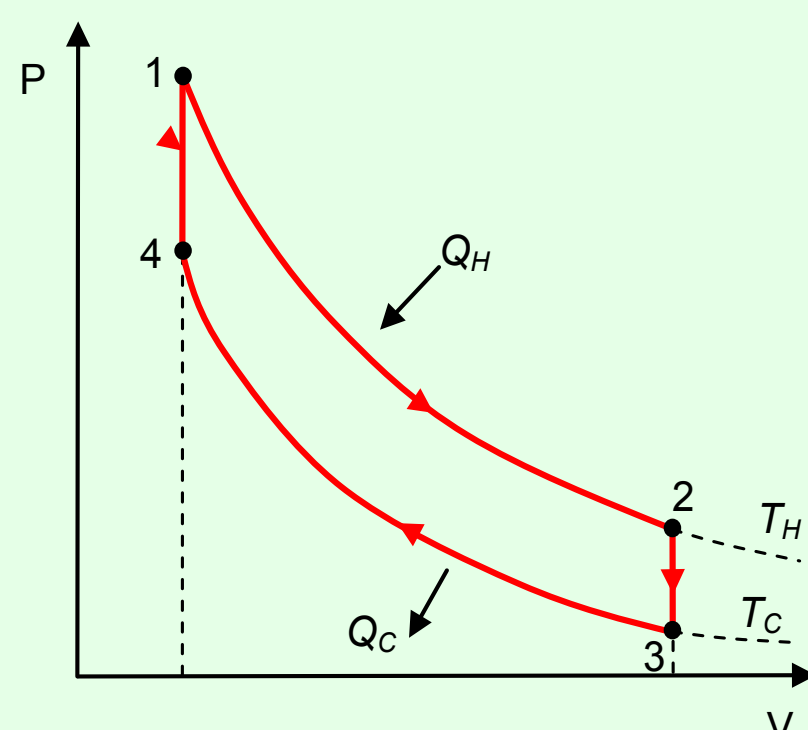


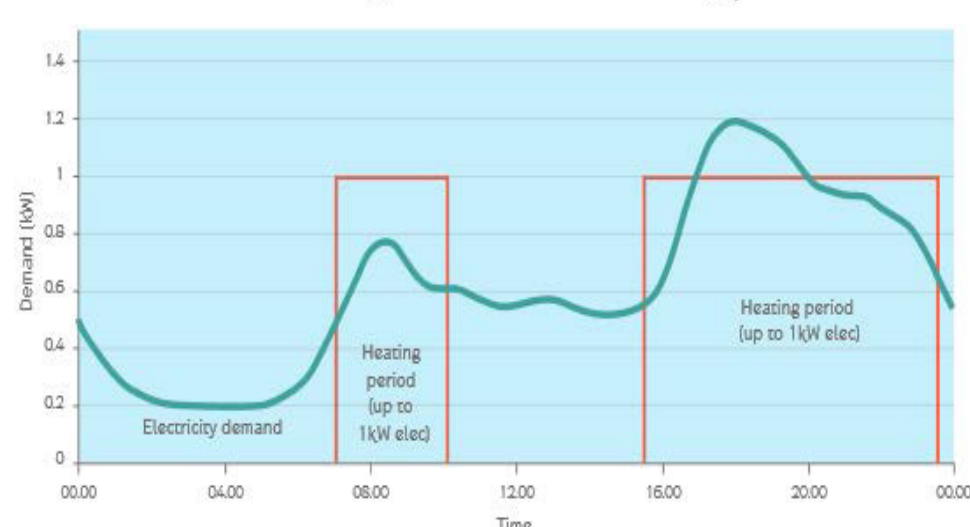
Diagrama pressió-volum del cicle Stirling ideal

A l'etapa 1-2 s'absorbeix calor a temperatura constant T_H (calor provinent de la combustió de gas natural). A l'etapa 2-3, en què baixa la temperatura, se cedeix calor a una part del dispositiu anomenada regenerador. A l'etapa 3-4 se cedeix calor a temperatura constant T_C (calor que es fa servir per a escalfar). A l'etapa 4-1, en què augmenta la temperatura, s'absorbeix calor del regenerador. L'àrea interna del cicle correspon al treball net produït.

MÈTODE DE TREBALL

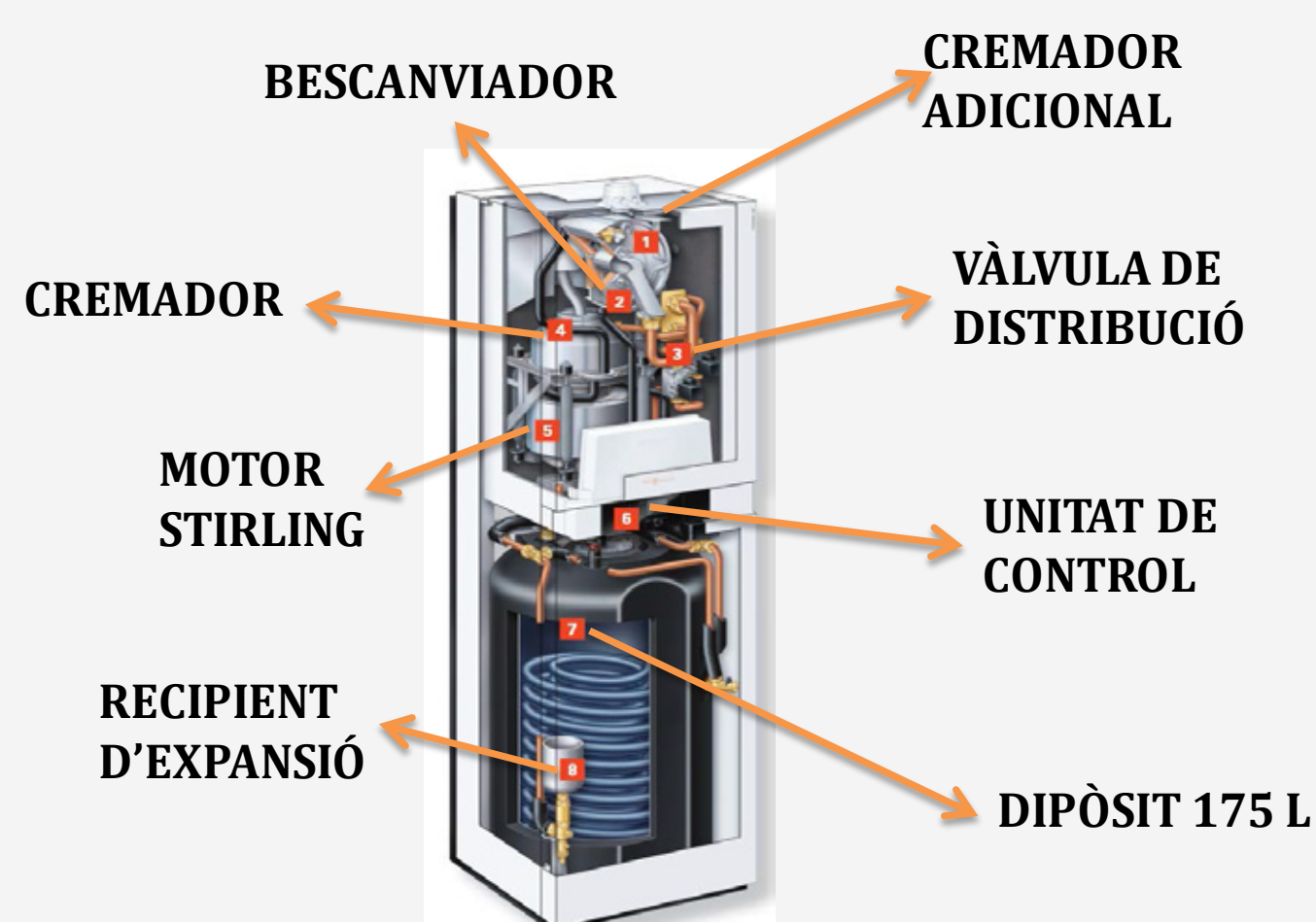
- Selecció de l'habitatge on fer l'estudi (pis, casa unifamiliar o casa rural)
- Anàlisi de la climatologia del lloc on es troba l'habitatge
- Anàlisi del consum d'energia elèctrica i calor (per escalfar l'habitatge, per aigua sanitària) que té actualment l'habitatge
- Recerca d'un motor Stirling que pugui cobrir les necessitats energètiques de l'habitatge
- Anàlisi de la legislació sobre cogeneració
- Comparació dels costos econòmics de la utilització del motor Stirling i dels sistemes actualment emprats a l'habitatge

Typical household electricity demand and heating periods



Consum elèctric diari típic d'un habitatge, obtingut de Baxi Group Company

MOTOR STIRLING COMERCIAL

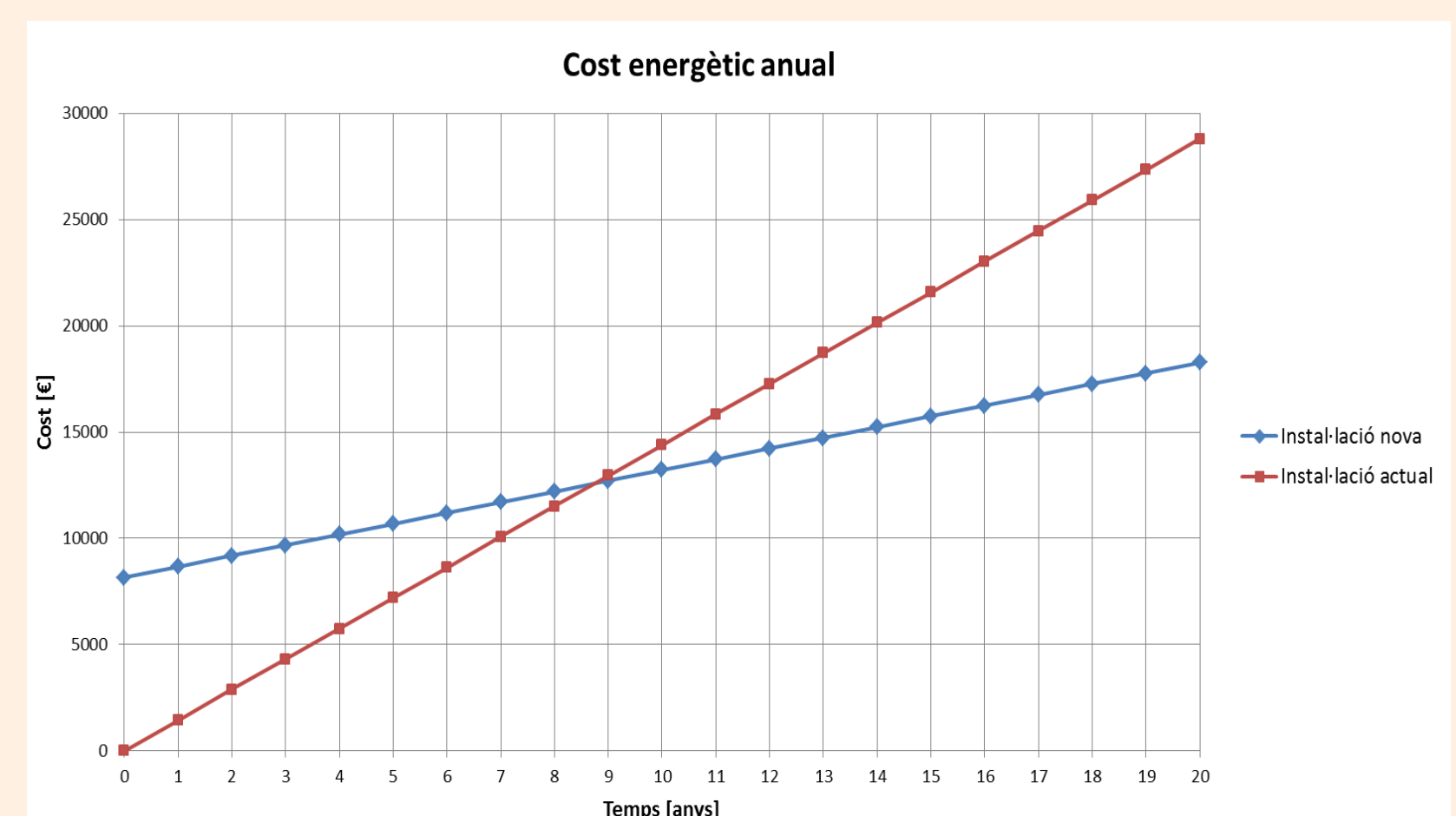


Esquema del motor Stirling de la marca Viessmann, model Vitotwin 350-F, analitzat per un grup d'estudiants

ANÀLISI VIABILITAT ECONÒMICA

A l'anàlisi de la viabilitat econòmica s'han de tenir en compte els costos de les diferents alternatives estudiades. En el cas de la instal·lació utilitzada actualment a l'habitatge, el cost de la compra (si s'ha d'instal·lar de nou) i els costos energètics (electricitat, gas natural o gas-oil, depenent de la font d'energia calorífica emprada).

En el cas del motor Stirling, també s'han de tenir en compte el cost de la seva compra i el costos energètics (electricitat, gas natural). Ara bé, com el motor produeix energia elèctrica s'ha de fer un balanç entre l'electricitat produïda i la consumida. Si se'n produeix més de la que es consumeix, l'electricitat sobrant es pot vendre a la companyia elèctrica, però si es consumeix més de la que es produeix, llavors s'ha de comprar la diferència a aquesta companyia.



Gràfic realitzat per un grup d'estudiants en què es comparen els costos de la instal·lació d'un motor Stirling model Ecogen de la marca Baxi (instal·lació nova) amb els de la instal·lació utilitzada actualment a l'habitatge (tota l'energia elèctrica consumida es compra a una companyia elèctrica, la calor subministrada és per una caldera elèctrica). S'observa que als 9 anys la instal·lació del motor Stirling és viable econòmicament.

CONCLUSIONS

A l'anàlisi de la viabilitat econòmica del motor Stirling els estudiants han obtingut diferents resultats. Si a l'habitatge es feia servir per a escalfar gas-oil o electricitat la viabilitat del motor Stirling podia ser inferior a deu anys. En canvi si es feia servir la combustió de gas natural com a font de calor, la viabilitat del motor Stirling necessitava un temps molt superior, amb la qual cosa es podia superar la vida útil d'un motor d'aquest tipus.

Un aspecte que influeix molt en la viabilitat és la climatologia. El motor Stirling és molt car i per poder-lo amortitzar s'ha d'utilitzar força. Per tant, la seva utilització és viable en climes freds. En llocs, com la ciutat de Barcelona, en què no fa massa fred, no surt viable econòmicament.

També s'ha tingut en compte la legislació. Actualment a Espanya la producció d'energia elèctrica per autoconsum no està gens afavorida, perquè la venda de l'electricitat sobrant quan aquesta producció és petita (1 kW en el cas del motor Stirling) no està retribuïda. Ara bé, a diversos països europeus sí que es paga (encara que a un preu menor a la que es compra a la companyia elèctrica) i això fa que la utilització del motor Stirling sigui rendible en un curt termini (un grup d'estudiants va analitzar el seu ús en un pis situat a Suècia).

AGRAÏMENT

Agraeixo a tots els estudiants que han fet aquest projecte durant els tres darrers cursos el seu interès i la feina realitzada. Són molts, 48, per la qual cosa aquí no hi podrien cabre tots els seus noms. Els seus mètodes de treball i les preguntes realitzades m'han servit per a comprendre millor el funcionament d'aquest tipus de dispositius i tots els paràmetres a tenir en compte. Les idees aquí exposades a anàlisi viabilitat econòmica i conclusions són fruit del seu treball.