

DOCENCIA EN CONTROL EN LAS TITULACIONES DE INFORMATICA DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

F. Candelas, P. Gil, F.G. Ortiz, J. Pomares

Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal.
Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial (AUROVA). Universidad de Alicante UA,
Campus de Sant Vicent del Raspeig, 03080-Alicante, España.
Tel. (+34) 965 903 682 Fax. (+34) 965 909 750

Resumen

En este artículo se presenta el enfoque seguido para la enseñanza de control continuo y discreto en las asignaturas de “Ingeniería de Control” y “Control por computador”, impartidas por el área de Ingeniería de Sistemas y Automática en las titulaciones de Informática en la Universidad de Alicante. En primer lugar, se enmarcan estas dos disciplinas dentro del contexto de los estudios y titulaciones en las que se imparten, para posteriormente comentar los objetivos, contenidos, medios y materiales de los que se dispone, así como el desarrollo de experimentos prácticos de laboratorio que se plantea a los alumnos.

Palabras Clave: Control automático, Ingeniería de Control, Control por computador, Control continuo, control discreto, control clásico.

1 MARCO CONTEXTUAL DE LAS ASIGNATURAS DE CONTROL

Cuando se trata de abordar aspectos específicos de la docencia en materias de control y de regulación automática conviene tener presente el contexto en el que se desenvuelven y a quienes van dirigidas. En este artículo, se comenta la docencia de estas materias en las titulaciones de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión, Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas e Ingeniería en Informática, impartidas como asignaturas optativas enmarcadas en el plan de estudios de 2001 [1][2][3] en la Universidad de Alicante [4]. Es precisamente este carácter de optatividad, el primer elemento a considerar al plantear la forma de enfocar la docencia teórica y práctica de los contenidos.

El contenido descrito en el BOE para *Ingeniería de Control* es “Introducción al control de procesos. Análisis y diseño de sistemas de control analógico:

temporal y frecuencial”. Así, esta asignatura proporciona la base y la primera toma de contacto con los conceptos, métodos y teorías de control abordadas desde un punto de vista de sistemas continuos, y con las técnicas de control clásico.

En el caso de *Control por Computador*, el contenido descrito en el BOE es “El computador en control. Sistemas de datos muestreados. Análisis y diseño de sistemas de control discreto”. Esta asignatura aborda principalmente la problemática del uso del computador como elemento de control dentro de un sistema de control digital directo, también con técnicas de control clásico, aunque también se introduce el control en sistemas digitales secuenciales.

Estas asignaturas no son novedad en el plan de estudios de 2001, y en el plan anterior, de 1993 [5][6][7], existían asignaturas equivalentes que trataban las mismas materias.

Es importante destacar que, ambas asignaturas, por su carácter optativo no suponen prerrequisito una de la otra, y que es necesario plantear su docencia de modo que el alumno obtenga una visión clara y correcta de los contenidos. Pero, además, el alumno que cursa ambas asignaturas debe poder ver las relaciones en algunos conceptos.

A parte de estas consideraciones que inciden en la propia concepción de estas dos asignaturas, existen otras externas a la propia esencia de la materia, como son los aspectos relacionados con el tiempo que los distintos planes de estudio dedican a la docencia de las asignaturas y a su distribución. En el plan de estudios de 2001, las dos asignaturas se organizan como 3 créditos teóricos y 3 créditos prácticos.

También hay que considerar que las características del alumnado, en especial sus actitudes hacia las asignaturas, los conocimientos previos que poseen al empezar el curso y el número de alumnos por curso (Tabla 1), también, influyen de una manera

determinante en el enfoque y metodología empleada en el aula y en el laboratorio [8][9]. Así, se hace importantísimo el factor motivador para competir con otras asignaturas optativas en unas titulaciones donde se parte de un gran desconocimiento del control automático y donde además se tiende a potenciar la programación y las tecnologías de diseño software.

Ingeniería de Control				
Curso	I.I.	I.T.I.S.	I.T.I.G.	Total
2002/2003	12	7	5	24
2003/2004	11	3	2	16
Control por Computador				
Curso	I.I.	I.T.I.S.	I.T.I.G.	Total
2002/2003	23	10	9	42
2003/2004	10	4	3	17

Tabla 1: Evolución de alumnos matriculados.

Finalmente, cabe decir que la diversidad de alumnos que cursan las asignaturas, que proceden de tres titulaciones de informática (dos técnicas de 3 años y una superior de 5 años), hace que los conocimientos previos que disponen no sean totalmente homogéneos, aunque si se garantiza una base matemática, física y en algunos casos de tratamiento de señal ya que la optatividad se presenta principalmente a partir del tercer curso de titulación, como muestra la Tabla 2.

Título	1º	2º	3º	4º	5º
I.T.I.S.	0	18	24	-	-
I.T.I.G.	0	18	18	-	-
I.I.	0	6	18	6	42

Tabla 2. Distribución de créditos optativos por titulaciones.

Mientras que en la Titulación de Informática, las asignaturas se ofertan en el segundo ciclo, y son habitualmente cursadas por alumnos de 4º y 5º curso, en las Ingenierías técnicas, los alumnos son de 3º curso.

2 ESTRUCTURAS Y CONTENIDOS

2.1 PLANIFICACIÓN TEMPORAL

Ingeniería de Control y el Control por Computador se imparten en el primer y segundo cuatrimestre respectivamente, lo que da lugar a 30 horas de clases teóricas, y 30 de clases prácticas en cada una. Las clases prácticas se distribuyen en sesiones de laboratorio, en las que, en el caso de Ingeniería de Control, se trabaja con alguna maqueta, se lleva a cabo la simulación y resolución de problemas con MATLAB y SIMULINK, y se resuelven problemas

en pizarra. En Control por Computador, además del uso de maquetas y herramientas de simulación, también se propone al alumno algún ejercicio de programación de modelos de sistemas y de algoritmos de controladores o filtros digitales.

2.2 ESTRUCTURA DEL TEMARIO

2.2.1 La asignatura de Ingeniería de Control

A continuación se describe el contenido global de cada uno de los bloques en que ha sido dividido el programa de teoría de la asignatura de Ingeniería de Control.

La asignatura ha sido dividida en cuatro grandes bloques. El primero de ellos, titulado “*Descripción y Representación de los Sistemas de Control*”, se dedica a ofrecer una panorámica global de los problemas que se presentan en las técnicas del control automático. Para obtener tal propósito se introducen los primeros conceptos básicos (bucle abierto, bucle cerrado, clasificación de los sistemas de control, etc.). El bloque continua con un repaso de las herramientas matemáticas empleadas en las técnicas de control analógico (Transformada de Fourier, Laplace, teoremas y propiedades, etc.). En este bloque inicial también se abordan los métodos más usuales de modelado, descripción analítica y representación de los sistemas de regulación (función de transferencia, principio de superposición, etc.). El bloque continua con un tema dedicado a la representación gráfica de los sistemas de control (álgebra de bloques, propiedades, etc.). Finalmente, el bloque concluye con el estudio de funciones de transferencia de dispositivos reales de uso más habitual en las técnicas de control automático (Sistemas eléctricos, mecánicos, electromecánicos, etc.).

La docencia de la asignatura continua con el segundo bloque, titulado “*Análisis de los Sistemas de Control en el Dominio del Tiempo*”. Tras haberse expuesto en el primer tema del bloque los conceptos teóricos asociados a la respuesta temporal (transitoria y permanente) tales como respuesta impulsional, respuesta ante señales de entrada normalizadas, ganancia estática, etc. se estudia en los dos siguientes las características específicas de la respuesta temporal de los sistemas de primer y segundo orden, respectivamente. Posteriormente, en el siguiente tema se estudia la influencia en la respuesta cuando se introducen polos y ceros adicionales. Uno de los objetivos fundamentales de los sistemas de control, el estudio de la estabilidad absoluta del sistema, se aborda en este bloque con el siguiente tema de forma directa en el dominio del tiempo. El estudio del problema de la estabilidad se realiza mediante el

criterio de Routh-Hurwitz. Posteriormente, se profundiza en el estudio del régimen permanente de los sistemas realimentados. Para concluir el bloque con el análisis dinámico en bucle cerrado a través de la técnica del Lugar de las Raíces.

El tercer bloque en que se ha dividido el temario de la asignatura es “*Análisis de los Sistemas de Control en el Dominio de la Frecuencia*”. El primer tema se dedica, a modo de introducción, a ofrecer al alumno las herramientas que se van a emplear en este análisis (Diagrama polar, diagrama de Bode, etc.), estableciendo el paralelismo adecuado entre el dominio temporal y frecuencial. A continuación, se estudian las especificaciones en el dominio frecuencial, y el efecto que sobre la respuesta en frecuencia tiene la adición de polos y ceros adicionales. La parte correspondiente al análisis concluye con el estudio de la estabilidad en frecuencia (Criterio de Nyquist, diagrama de Bode, etc.), lo que permite afianzar el concepto de estabilidad relativa. Todo ello estableciendo igualmente la comparativa entre tiempo y frecuencia.

El bloque IV, “*Diseño de los Sistemas de Control*”, presenta dos enfoques. El primero desde el punto de vista temporal, y el segundo, de forma introductorio sin entrar en detalle, desde el frecuencial. Inicialmente se plantea el problema de la compensación y las metodologías más utilizadas independientemente del enfoque utilizado, así como un análisis de las condiciones básicas exigibles a un sistema de control (estabilidad, precisión, etc.). A continuación se estudian las acciones básicas de control (P, I, PD, PI, PID), así como su interpretación. Posteriormente se aborda el problema de la compensación y diseño de los sistemas lineales de control en el dominio del tiempo, con el dimensionado de los dispositivos de compensación empleando como herramienta el método del lugar de las raíces. El bloque continúa con el diseño a partir de la respuesta en frecuencia, y su dimensionado a partir de la respuesta frecuencial. Se diseñan redes de compensación de avance o retraso de fase efectuando la interpretación de cada caso. Finalmente, se concluye con un tema cuyo propósito no es otro que servir de repaso global a través del empleo de las técnicas desarrolladas en los bloques previos en una aplicación real concreta. Con ello se busca incentivar al alumno en la continuación del estudio en la Ingeniería de Control, al ver plasmados de forma práctica y real, los conocimientos teóricos adquiridos previamente. De esta forma, el alumno encuentra una justificación lógica a los desarrollos teóricos previos, al necesitarlos para poder obtener una solución ingenieril y coherente a los problemas reales que se le pueden presentar en el campo del control automático.

El porcentaje temporal asignado a cada bloque de la asignatura está representado en la siguiente Figura 1.

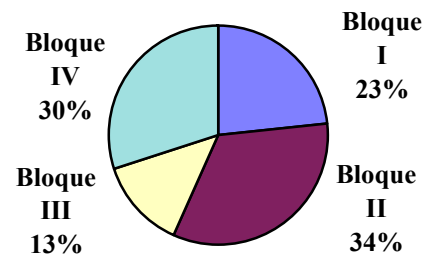


Figura 1. Distribución Temporal de los Bloques de contenidos en la asignatura de Ingeniería de Control.

2.2.2 La asignatura de Control por Computador

El contenido de teoría de esta asignatura se estructura en cuatro grandes bloques temáticos, como se describen a continuación.

En el bloque I, “*Introducción al control por computador*” se expone al alumno el contexto del control por computador y las herramientas matemáticas que se utilizarán. En primer lugar, se repasan los conceptos básicos del control automático, su interés en los procesos industriales, el control con realimentación y su robustez ante las perturbaciones frente al control en bucle abierto. También se presenta el control por computador, sus ventajas e inconvenientes frente al continuo, la distinción entre el control digital directo y el secuencial, y los tipos de señales involucradas en estos sistemas. Seguidamente se repasa, con un ejemplo, el modelado matemático de una planta sencilla, su representación con Transformada de Laplace, y los conceptos de diagramas de bloques y de función transferencia. Con relación a las herramientas matemáticas, se estudian primero los sistemas discretos (secuencias, ecuaciones en diferencias, concepto de estabilidad...), y después se introduce la transformada Z , a partir del concepto de transformada de Fourier aplicado a sistemas discretos. También se estudian las propiedades más relevantes de la transformada Z , su convergencia, y el concepto de función transferencia de un sistema discreto.

El bloque II, “*Sistemas de datos muestreados*” tiene como objetivo mostrar los aspectos más importantes de los procesos de muestreo y reconstrucción de señales. Así, se estudian tanto el teorema de muestreo, el proceso de conversión analógico-digital, y efecto de aliasing, haciendo hincapié a los diferentes tipos de señales implicados en este proceso (analógicas, analógicas muestreadas, y secuencias de valores), como el proceso de reconstrucción y

conversión digital-analógica. En este aspecto, se estudia principalmente el bloqueador de orden cero. Posteriormente se presenta la estructura típica de un sistema de control muestreado completo con bucle cerrado, su representación mediante diagramas de bloques, y el concepto de función transferencia de pulsos. Finalmente se trata el problema de la elección de un valor adecuado para el periodo de muestreo, conforme al teorema del muestreo y a las constantes de tiempo de la planta.

En el bloque III, “*Análisis de sistemas discretos*” se realiza un estudio del comportamiento de estos sistemas en régimen transitorio y estacionario. Para ello, primero se estudia el “plano Z”, la localización de ceros y polos, y el concepto de estabilidad en relación con el plano z. Seguidamente se presentan las entradas estándar de impulso, escalón y rampa. Después se analizan los sistemas discretos de primer y segundo orden, sus ecuaciones en diferencias y funciones de transferencia características, y su respuesta transitoria a las entradas estándar. Finalmente se presentan los conceptos de tipo de sistema y error en régimen estacionario para sistemas discretos, y se realiza un estudio de la respuesta estacionaria de estos sistemas.

En el último bloque (el IV), “*Diseño de sistemas de control por computador*” se estudia, en primer lugar, el diseño de algoritmos de control para sistemas de control digital directo, así como algunos aspectos importantes de su implementación. En este sentido, se repasan primero las acciones básicas de control (P, PD, PID), y como se pueden implementar de forma digital los reguladores analógicos básicos con métodos de integración y diferenciación discretos. Después se estudia el diseño directo de reguladores utilizando el plano z, y la implementación de los reguladores como algoritmos software. Finalmente se estudian aspectos de implementación como la representación de datos en coma fija frente a la flotante, el error de cuantificación o los desbordamientos. También se introduce el uso de sensores y actuadores digitales, como codificadores y regulación PWM. En segundo lugar, al final de este bloque también se introduce el control secuencial mediante PLCs, sus ventajas y casos de aplicación, y aspectos sobre su programación mediante diagramas de contactos o de bloques. Se presenta, también, la estructura básica de un PLC, y los módulos característicos de E/S.

La Figura 2 representa el porcentaje de tiempo dedicado a cada uno de los bloques.

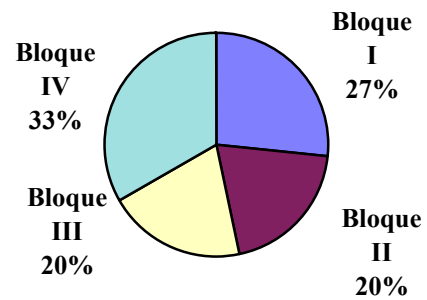


Figura 2. Distribución Temporal de los Bloques de teoría de Control por Computador.

3 LABORATORIO Y EXPERIMENTACION

La docencia de cualquier asignatura de corte tecnológico, y en especial de las asignaturas de Ingeniería de Control y Control por Computador, sería incompleta si no se proporcionase al alumno unas sesiones prácticas de tipo experimental. Así, las sesiones de laboratorio buscan plasmar de forma práctica los conceptos adquiridos en las sesiones de teoría mediante el manejo de una maqueta de un servomecanismo de posición-velocidad (Figura 3) de la casa Feedback Instruments [10]. Además, se realizan experimentos de simulación haciendo uso de las herramientas software como MATLAB y SIMULINK, de Mathworks, que permiten especificar y simular sistemas, o diseñar y evaluar controladores digitales. También se plantean otros experimentos más específicos cuya finalidad es la programación y simulación de PLCs.

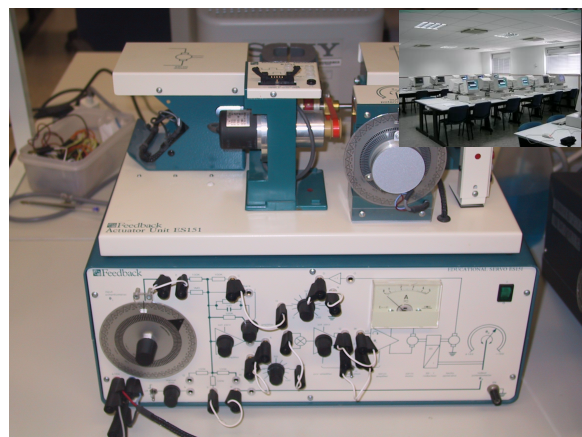


Figura 3. Maqueta Feedback Educational Servo ES151 disponible en el laboratorio.

3.1 LABORATORIO EN INGENIERIA DE CONTROL

Teniendo en cuenta los conocimientos que paulatinamente van incorporando los alumnos a través de las clases teóricas, se proponen cinco prácticas, cada una de las cuales se divide en una serie de experimentos, cada uno de los cuales comenzará cuando hayan concluido la totalidad de temas teóricos asociados o relacionados con el. De cada uno de los experimentos el alumno debe entregar al finalizarlo una memoria explicativa de los resultados y conclusiones obtenidos. A continuación se presentan estos experimentos:

Práctica 1. Fundamentos y funciones básicas del software de simulación para el estudio y análisis de sistemas de control: MATLAB y SIMULINK.

- Experimento 1.1. Representación de sistemas lineales.

Práctica 2. Análisis y simulación del comportamiento de filtros electrónicos analógicos.

- Experimento 2.1. Análisis de funciones de transferencia.
- Experimento 2.2. Simulación y comprobación.

Práctica 3. Análisis de Funciones de transferencia de sistemas físicos.

- Experimento 3.1. Sensores de posición y velocidad.
- Experimento 3.2. Motor de corriente continua.

Práctica 4. Sistemas en lazo abierto y cerrado. Respuestas Temporales. Lugar de las raíces.

- Experimento 4.1. Influencia de la realimentación en un sistema real.
- Experimento 4.2. Respuestas temporales y Lugar de las raíces.

Práctica 5. Diseño de compensadores analógicos por métodos clásicos.

- Experimento 5.1. Diseño temporal.
- Experimento 5.2. Diseño frecuencial.

Al finalizar todos los experimentos prácticos, se pretende que el alumno con ayuda de programas como MATLAB y SIMULINK sea capaz de realizar los cálculos necesarios para efectuar la compensación de un determinado sistema, bajo ciertas especificaciones haciendo uso de las técnicas de compensación en el dominio del tiempo, como es el lugar de las raíces, y haciendo uso de las técnicas en el dominio frecuencial, como pueden ser los diagramas de Bode. Es importante que el alumno no sólo sea capaz de realizar el diseño que consigue satisfacer unas especificaciones, sino que también aprenda a realizar estudios comparativos de los distintos compensadores diseñados.

3.2 LABORATORIO EN CONTROL POR COMPUTADOR

Con las prácticas propuestas para Control por Computador se pretende que el alumno experimente con los conceptos más destacables de los contenidos teóricos de la asignatura, a la vez que aborda cuestiones que puedan resultar atractivas para los estudiantes de informática, como son la programación de algoritmos de reguladores (o filtros) digitales, la conversión D/A o A/D, o la programación de PLCs. Para ello, se plantean las cinco siguientes prácticas que engloban diversos experimentos.

Práctica 1. Implementación digital de reguladores analógicos.

- Experimento 1.1. Introducción al software MATLAB. Uso en sistemas de control por computador.
- Experimento 1.2. Programación de un regulador PID analógico como un filtro digital software con Java.

Práctica 2. Sensores digitales.

- Experimento 2.2. Funcionamiento de un codificador digital de posición.
- Experimento 2.2. Relación entre la salida y las señales de pulsos.

Práctica 3. Procesos de conversión de señales.

- Experimento 3.1. Conversión D/A y bloqueador de orden cero.
- Experimento 3.1. Conversión A/D. Efectos del periodo de muestreo y del formato de representación de datos.

Práctica 4. Diseño directo de controladores discretos.

- Experimento 4.1. Representación y análisis de sistemas discretos mediante el Lugar de las Raíces con MATLAB.
- Experimento 4.2. Diseño de un controlador con el Lugar de las Raíces.

Práctica 5. Sistemas secuenciales y PLCs.

- Experimento 5.1. Programación mediante diagramas de contactos.

Hay que considerar que las prácticas 2 y 3 se realizan principalmente sobre una única maqueta ES151 de Feedback, con los módulos para control digital (Quadrature Decoder, Digital Servo Controller y Analog Output), como muestra la Figura 4. En contraste, en las otras prácticas se utiliza principalmente software de simulación disponible en todos los PCs del aula de prácticas: MATLAB y SIMULINK para las prácticas 1 y 4, y un software para programación y simulación de PLCs.

Por esos motivos comentados, los grupos de alumnos realizan las prácticas 2 y 3 paralelamente en el tiempo con las otras, a lo largo del cuatrimestre, de

forma que se van alternando los grupos que utilizan la maqueta, mientras los otros trabajan con los PCs y el software.

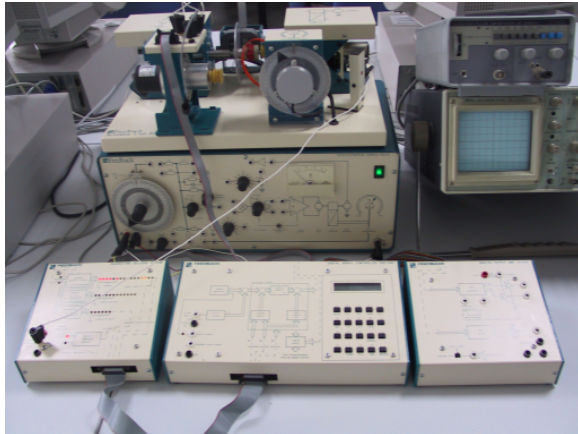


Figura 4. Maqueta Feedback ES151 con los módulos para control por computador.

3.3 TRABAJOS FUTUROS: LABORATORIOS VIRTUALES

Actualmente, se está en vías de la construcción de maquetas sencillas de simulación que permitan ser controladas mediante la implementación de un laboratorio virtual, que haciendo uso de Internet vía web permita a los alumnos acceder a ellas y manipularlas al tiempo que reciben información visual de la tarea que se está llevando a cabo. De este modo, por un lado se consigue mayor flexibilidad de horarios y mayor versatilidad en el proceso de aprendizaje-educación, al tiempo que supone una mayor motivación para estudiantes de titulaciones de informática.

4 BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

La bibliografía que aquí se expone se emplea tanto en el estudio teórico como experimental de las asignaturas de Ingeniería de Control y Control por Computador. Dentro de la bibliografía se propone la siguiente, indicando en todo momento en que asignatura se recomienda.

R. Aracil Santonja, A. Jiménez Avello. "Sistemas Discretos de Control". Publicaciones ETSII de la Universidad Politécnica de Madrid. 1987. (Control por computador).

Rafael Aracil, Pedro Albertos. "Problemas de Regulación Automática". Publicaciones E.T.S.I.I.M. 1993. (Ingeniería de Control).

Katsuhiko Ogata. "Ingeniería de Control Moderna". 4ª Edición. Prentice-Hall. 2003. (Ingeniería de Control- Control por Computador).

Katsuhiko Ogata. "Ingeniería de Control utilizando MATLAB". 1ª Edición. Prentice-Hall. 1999. (Ingeniería de Control).

Benjamin C. Kuo. "Sistemas de Control Automático". 7ª Edición. Prentice-Hall. 1996. (Ingeniería de Control y Control por Computador).

W. Bolton. "Ingeniería de Control". 2ª Edición. Marcombo. 2001. (Ingeniería de Control y Control por Computador).

Paul H. Lewis, Chang Yang. "Sistemas de Control en Ingeniería". Prentice-Hall. 1999. (Ingeniería de Control y Control por Computador).

Barrientos, Sanz, R.; Matía, F.; Gambao, E. "Control de Sistemas Continuos. Problemas Resueltos". McGraw-Hill. 1996. (Ingeniería de Control).

Referencias

- [1] Plan de estudios conducente a la obtención del título de Ingeniero en Informática. Resolución de 5 de septiembre de 2001, de la Universidad de Alicante. B.O.E. nº 320, del 25 de Septiembre de 2001, pag. 35672- 35686.
- [2] Plan de estudios conducente a la obtención del título de Ingeniero Técnico en Informática de Gestión. Resolución de 5 de septiembre de 2001, de la Universidad de Alicante. B.O.E. nº 320, del 25 de Septiembre de 2001, pag. 35687-35697.
- [3] Plan de estudios conducente a la obtención del título de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas. Resolución de 5 de septiembre de 2001, de la Universidad de Alicante. B.O.E. nº 320, del 25 de Septiembre de 2001, pag. 35698.
- [4] Portal Web de la Universidad de Alicante: <http://www.ua.es>.
- [5] Plan de Estudios conducente al título de Ingeniero en Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante. Resolución de 18 de septiembre de 1992 de la Universidad de Alicante. B.O.E. nº 37, de 12 de Febrero de 1993, pag. 4467-4478.
- [6] Plan de Estudios conducente al título de Ingeniero Técnico en Informática de Gestión de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante. Resolución de 18 de

septiembre de 1992 de la Universidad de Alicante. B.O.E. nº 18, de 21 de Enero de 1993, pag. 1565-1578.

- [7] Plan de Estudios conducente al título de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante. Resolución de 18 de septiembre de 1992 de la Universidad de Alicante. B.O.E. nº 37, de 12 de Febrero de 1993, pag. 4478- 4489.
- [8] Proyecto docente. Pablo Gil Vázquez, Universidad de Alicante, Enero 2003.
- [9] Proyecto docente. Francisco A. Candelas, Universidad de Alicante, Diciembre 2002.
- [10] Portal Web de Feedback Instruments: <http://www.fbk.com/>
- [11] F. Torres, L. M. Jiménez, F. A. Candelas. Ingeniería de Sistemas y Automática en los Nuevos Planes de Estudio de Ciclo Largo. XVIII Jornadas de Automática CEA-IFAC. Girona, septiembre 1997.
- [12] Autores: F. A. Candelas, S. T. Puente, F. G. Ortiz, P. Gil, F. Torres. Ingeniería de Sistemas y Automática en las asignaturas obligatorias de los Nuevos Planes de Estudio de Ciclo Largo y segundo Ciclo. XXI Jornadas de Automática CEA-IFAC. Sevilla, septiembre 2000.