

## RECURSOS DIDÁCTICOS BASADOS EN INTERNET PARA EL APOYO A LA ENSEÑANZA DE MATERIAS DEL ÁREA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA

Francisco A. Candelas Herías\*, José Sánchez Moreno\*\*

*\*Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante. Alicante, España. [Francisco.Candelas@ua.es](mailto:Francisco.Candelas@ua.es)*

*\*\*Departamento de Informática y Automática, Universidad Nacional de Educación a Distancia., Madrid, España. [jsanchez@dia.uned.es](mailto:jsanchez@dia.uned.es)*

Resumen: En la última década, profesores e investigadores han desarrollado gran cantidad de recursos basados en las nuevas tecnologías para el apoyo a la enseñanza, sobre todo para la docencia de ingenierías. Este artículo pretende ofrecer una compilación de recursos más destacados que actualmente se pueden encontrar en la Web y que guardan relación, en mayor o menor medida, con el área de Ingeniería de Sistemas y Automática. *Copyright © 2005 CEA-IFAC*

Palabras Clave: docencia, control, Internet, laboratorio, prácticas, remoto, robótica, simulación, virtual, visión.

### 1. INTRODUCCION

En la actualidad, son muchos los docentes de enseñanzas medias y superiores que, conscientes de la importancia que tiene potenciar la realización de prácticas en materias de corte científico-técnico dentro de la formación académica de los estudiantes, demandan nuevas formas de acceso a los recursos que brindan los laboratorios de experimentación. En la concepción tradicional que se tiene de los laboratorios de prácticas, su explotación y extensión están limitadas por factores económicos, espaciales y temporales. Económicos como consecuencia del elevado coste que representa la adquisición y mantenimiento de equipamiento lo que no permite a los centros educativos la renovación y/o ampliación de sus recursos. Espaciales puesto que en enseñanzas masificadas no es posible ofertar suficientes salas de laboratorio para ubicar a todos los estudiantes o contar con puestos de experimentación para todos ellos. Y temporales ya que el horario de acceso a los

laboratorios está restringido, normalmente, a la presencia del instructor, permaneciendo el laboratorio cerrado e infrautilizado la mayor parte del tiempo (Dormido, 2004), (Ko et al., 2005), (Poindexter y Heck, 1999), (Candelas et al. 2004b).

Obviamente, estos factores constituyen por sí mismos una formidable barrera a un uso más racional de los recursos ya existentes en los centros. Afortunadamente, durante los últimos cinco años diferentes grupos de investigación a nivel nacional e internacional, sensibles a sus necesidades académicas y a las demandas del alumnado, han avanzado notablemente en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación para derribar la barrera existente o, por lo menos, reducirla en la medida de lo posible. Fruto de este esfuerzo ha sido la aparición un nuevo abanico de conceptos relacionados con la realización de prácticas (teledlaboratorios, laboratorios remotos, laboratorios virtuales, interactividad en control, simulación basada en el

web, redes de laboratorios, servidores de prácticas, etc.), la proliferación de artículos en revistas sobre herramientas para el acceso y realización de diferentes tipos de prácticas a través de Internet y la organización de grupos de trabajo y conferencias nacionales e internacionales dedicadas específicamente a exponer y analizar los avances que experimenta la educación en el área de la Ingeniería de Sistemas y Automática con el uso de Internet y sus tecnologías afines (DocenWeb, 2002), (IBCE, 2004), (EIWISA, 2005). En este punto es necesario abrir un paréntesis y resaltar, para orgullo de todos nosotros, que el nivel que presenta la investigación española en este punto se encuentra muy por encima de la media tanto en la calidad como en la cantidad de las aportaciones, siendo referencia mundial en determinados aspectos concretos. Prueba fehaciente de ello es la profusión de presentaciones en congresos (Acebes et al., 2004), (Albino et al., 2003), (Aliane et al., 2004), (Azorín et al., 2004), (Berna et al., 2003) (Candelas et al., 2003a), (Candelas et al., 2003b), (Candelas et al., 2004a), (Domínguez et al., 2003a), (Domínguez et al., 2003b), (Dormido et al., 2003), (Fuente y Mena, 2004), (Gasa et al., 2003), (Gómez et al., 2003) (Gómez et al., 2004), (Guzmán et al., 2004a), (Laget et al., 2003), (López et al., 2001), (Martín et al., 2003), (Martín et al., 2004), (Minués y Morilla, 2003), (Morilla et al., 2002), (Pastor et al. 2003a), (Pastor et al. 2005b), (Puerto et al. 2002), (Puerto et al. 2004), (Reguera et al., 2004a), (Reguera et al., 2004b), (Salinas, 2004), (Salt et al., 2003), (Sánchez et al., 2004), (Valera et al., 2001), (Valera et al., 2004), (Zamarreño, 2004) y en revistas internacionales y nacionales de reconocido prestigio científico (Candelas et al., 2003), (Dormido et al., 2005), (Guzmán et al., 2004b), (Guzmán et al., 2005a), (Guzmán et al., 2005b), (Pastor et al., 2003b), (Pastor et al., 2005a), (Rodríguez et al., 2005), (Sánchez et al., 2002), (Sánchez et al. 2004), (Sánchez et al., 2005a), (Sánchez et al., 2005b), (Sebastián et al., 2003), (Valera et al., 2005).

Las páginas que conforman este trabajo constituyen una compilación de recursos existentes en el web para la realización de prácticas en materias presentes, en mayor menor medida, en el área de la Ingeniería de Sistemas y Automática. El denominador común de todos ellos es que son el resultado de la aplicación de lo que se ha dado en llamar nuevas tecnologías en la enseñanza (elevada interactividad, acceso remoto a los recursos a través de Internet, simulación basada en el web). Evidentemente, no son todos los recursos existentes en el mundo, ya que eso constituye una tarea imposible de acometer, pero sí creemos que son algunos de los más destacados y que por ello son referencias de indudable valor tanto para su uso inmediato como para proporcionar ideas y gestar nuevas líneas de investigación en pro de una mejor enseñanza para la sociedad actual y la del mañana.

La categorización de recursos se ha realizado en un primer nivel atendiendo a la materia docente en la que mejor se encuadran. Así, se han creado categorías para la realización de actividades prácticas en asignaturas de automática e instrumentación industrial, arquitectura y redes de computadores, control, robótica y visión artificial, y simulación y dinámica de sistemas. También se han incluido categorías que no se asocian a una materia concreta pero que son recursos y referencias de indudable valor para la construcción a su vez de nuevos recursos para la docencia (artículos, herramientas software, hardware, etc.) Ya dentro de cada categoría, y para garantizar cierta sencillez y claridad, la reseña de cada ítem consta de unas pocas líneas, compuestas por el nombre dado por sus autores, uno o varios descriptores, un breve comentario y el URL para su acceso. Los descriptores utilizados permiten indicar si se trata de un laboratorio remoto o algunas de las variantes de laboratorios virtuales existentes. Esto da lugar al siguiente juego de etiquetas:

- **RE:** Laboratorio virtual remoto. Se accede a través de Internet a un sistema físico real para su manipulación directa. El software utilizado para el control remoto puede ser un navegador Web o una aplicación que necesita ser descargada del servidor del laboratorio. En algunas ocasiones puede que sea posible su visualización e incluso audición en tiempo real.
- **VM:** Laboratorio virtual monolítico. Utilizando un navegador se descarga un applet, un ActiveX o una aplicación que opera localmente con un recurso simulado. Es decir, la interfaz y el núcleo de simulación constituyen un único objeto. No se necesita la instalación de ningún entorno de simulación, salvo los correspondiente plug-ins o run-time de Java, Labview o SysQuake. También se incluyen las aplicaciones ejecutables independientes.
- **VD:** Laboratorio virtual distribuido. El cliente utiliza una página HTML, un applet, un ActiveX o una aplicación para conectarse con un servidor en el que se encuentra todo el software de simulación. El cliente ejecuta exclusivamente la interfaz en su ordenador, estableciéndose un diálogo a través de la red entre la interfaz y el servidor de simulaciones.
- **VH:** Laboratorio virtual híbrido. Es análogo al monolítico pero necesita obligatoriamente que el cliente tenga instalado en su ordenador el entorno de modelado y simulación como, por ejemplo, podría ser Matlab/Simulink.

Ya que somos conscientes de que la recopilación realizada aquí es incompleta y que surgirán nuevos trabajos en un futuro muy próximo, toda la lista de recursos se encuentra accesible en las páginas Web del grupo de educación en Automática de CEA-IFAC

[<http://www.cea-ifac.es/wwwgrupos/educontrol/index.html>].

En beneficio de toda la comunidad de docentes sería de agradecer que todo recurso que no se encuentre ya incluido se añada; para ello se debe enviar un correo electrónico al profesor Francisco Candelas describiendo las características del recurso siguiendo las pautas que se han utilizado en este trabajo.

## 2. RECURSOS DIDÁCTICO BASADOS EN INTERNET

### 2.1. Automatización e instrumentación industrial

- **Heat Exchanger Project** (RE). Laboratorio remoto de ingeniería química con diferentes experimentos sobre un intercambiador de calor. [<http://heatex.mit.edu>]
- **TriLOGI** (VM). Simulador Java de PLC para programación con diagrama de contactos, de la empresa Tri-PLC. Adecuado para la iniciación en la programación de PLCs. Hay una versión gratuita para profesores y estudiantes. [<http://www.tri-plc.com/trilogi.htm>]
- **WebPLC** (VM+RE). Portal en el que se presenta un applet Java de PLC para crear, compilar y simular programas, y para operar con un PLC real a través de Internet. [<http://www.iit.upco.es/~neira/pagina/pfc/presentacion.html>]

### 2.2. Arquitectura y redes de computadoras

- **Kiva** (VM). API e Interfaz gráfico en Java para análisis y simulación del encaminamiento de paquetes con IP en redes de datos. [<http://disclab.ua.es/robolab/labvir.htm>]
- **Remote Experiment Lab** (RE). Prácticas remotas sobre microcontroladores reales 8051 y PIC. [<http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/labvir.htm>]
- **Tarjeta de adquisición de datos** (VM). Simulador configurable basado en Java que muestra paso a paso el funcionamiento de los bloques de una tarjeta de adquisición de datos. [[http://www.eui.upv.es/ineit-mucon/Applets/tad\\_simulator/default.htm](http://www.eui.upv.es/ineit-mucon/Applets/tad_simulator/default.htm)]
- **TCP Simulator** (VM). Simulador del funcionamiento de conexiones TCP/IP con interfaz gráfica, muy completo, escrito en Java y desarrollado dentro del marco de una tesis doctoral, que también esta disponible en el web junto a otra documentación. [<http://www.csse.monash.edu.au/hons/projects/2002/Siuwing.Szeto/index.html>]

### 2.3. Control

- **Automatic Control Telelab** (RE). Interesante servidor con experimentos remotos sobre diferentes plantas (motor, levitador magnético, helicóptero, robot LEGO, tanques). Posibilita la introducción de código de control desarrollado por el usuario e incluso contempla la realización de prácticas de identificación de sistemas así como competiciones entre los estudiantes. [<http://www.dii.unisi.it/~control/act/>]
- **Chemical Engineering I-Lab Heat Exchanger project** (RE). Laboratorio remoto para la realización de prácticas de sintonía de controladores PID ante diversas situaciones utilizando como planta un intercambiador de calor. [<http://heatex.mit.edu/default.htm>]
- **CHERIC Process Control Aplet Series** (VM). Experimentos con applets sobre aspectos básicos de control de procesos (introducción, bucle cerrado, polos y ceros, PID, etc.) [<http://www.cheric.org/education/control/>]
- **Control System Design** (VM). Sencillas simulaciones que abarcan problemas del mundo real (columnas de destilación, molinos, control de pH, etc.) [<http://csd.newcastle.edu.au/control/>]
- **ControlWeb** (VM). Herramienta que permite analizar y simular sistemas lineales de control con una variable de entrada y una de salida (SISO). [<http://controlweb.cyc.ull.es>]
- **Control Tutorials for Matlab** (VH). Interesante colección de tutoriales sobre diferentes aspectos del análisis y diseño de sistemas de control automático. Cubre aspectos tanto de la teoría de control clásica (PID, lugar de las raíces, respuesta en frecuencia) como de la moderna (variables de estado). [<http://www.engin.umich.edu/group/ctm/index.html>]
- **CSSDemo** (VH) Colección de macros de Matlab que sirven para ilustrar los aspectos teóricos de del texto de Åstrom y Wittenmark "Computer-Controlled Systems. Theory and Design". [<http://www.control.lth.se/~kursdr/tools.html>]
- **eMersion: A New Learning Technologies Project** (RE+VD). Esfuerzo multidisciplinar enfocado a proporcionar escenarios pedagógicos innovadores así como recursos para un aprendizaje flexible basados en el empleo de laboratorios remotos y virtuales. [<http://emersion.epfl.ch/mechatronics/index.html>]
- **Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB** (VM). Applets diseñados como ayuda al estudio de determinados aspectos de la teoría de los sistemas y señales continuos y discretos (transformada de Fourier, convolución, filtrado, muestreo, fenómeno de aliasing, etc.). [<http://users.ece.gatech.edu/~bonnie/book/applets.html>]
- **Fuzzy control of a pendulum problem** (VM). Simulador de un problema tipo péndulo

- consistente en una bola sobre un balancín, con control borroso. Existe una versión accesible a través del WWW, y otra como una aplicación instalable. El sitio aporta muchos tutoriales. [http://www.erudit.de/erudit/demos/cartball/index.htm]
- **Globelab** (VD+RE). Web que integra unidades multimedia, software de simulación para realizar prácticas, laboratorios virtuales y laboratorios remotos sobre control de procesos y automatización. [http://globelab.isa.upv.es/pfc\_site/pfc/Globelab.htm]
  - **Hyper Document en Automatique** (VM+VD). Curso sobre sistemas continuos y muestreados en el que se plantean ejercicios recurriendo a la utilización del software Matlab Web Server. Cuenta con un interesante applet de un sistema ball&beam que con la posibilidad de selección del controlador o el diseño de uno propio. [http://www-hadoc.ensieg.inpg.fr/index\_US.html]
  - **IC\_Tools-Interactive learning tools for control** (VH). Colección de herramientas interactivas para la enseñanza de un amplio rango de aspectos prácticos y teóricos (sistemas dinámicos, modelado, linealización, representación de sistemas lineales, limitaciones de los sistemas realimentados, controladores PID, técnicas de loop-shaping). [http://www.control.lth.se/~ictools]
  - **Interactive Digital Filter Design** (VD). Páginas web interactivas para el diseño de filtros digitales. Tras proporcionar los datos de diseño, el servidor devuelve una página con información como las gráficas de respuesta del filtro, sus ceros y polos, y el código C del filtro digital. [http://www-users.cs.york.ac.uk/~fisher/mkfilter/]
  - **Java Applets for PID Tunning** (VD). Experimentos sencillos con applets Java sobre diferentes métodos de ajuste de controladores PID. [http://ae.tut.fi/~juke/java/pidtuning/index.html]
  - **Laboratorio Remoto de Automática** (RE). Laboratorio remoto con acceso a equipos industriales, como una planta piloto para la realización de experiencias de control de operación y supervisión remota, maquetas de procesos de control sobre variables de nivel, caudal, temperatura... y otros equipos de automatización industrial. [http://LRA.unileon.es]
  - **Laboratorio Remoto de una Maqueta de Invernadero** (RE). Laboratorio remoto de una maqueta de invernadero para la enseñanza de técnicas de control climático en invernaderos. [http://invernadero.ual.es]
  - **Laboratorio Virtual de Servomecanismos** (VM). Applet creado con Easy Java Simulations que simula el funcionamiento de servomecanismos de posición y permite utilizar distintos tipos de controladores. [http://www.esi2.us.es/~limon/LabVirServo.html]
  - **LSLNR-Linear Systems Learner** (VH). Herramienta interactiva creada para el estudio de conceptos básicos de sistemas lineales. [http://www.ece.gatech.edu/users/192/education/LSLNR]
  - **Mechatronics Remote-Access Laboratory** (RE). Diseño de controladores PID para un sistema de tercer orden construido con circuitos RC. Permite introducir el código de control diseñado por el usuario. Se basa en LabView. [http://mechanical.poly.edu/research/control/RemoteLab.htm]
  - **NUS Internet Remote Experimentation** (RE). Posibilidad de interactuar con diferentes plantas (tanques acoplados, doble rotor, robots colaborativos) e incluso con instrumentación real (osciloscopios). [http://vlab.ee.nus.edu.sg/vlab/]
  - **PID controller laboratory** (VM). Applet para diseño de controladores PID de dos grados de libertad utilizando un método basado en el "Nyquist plot shaping". [http://www.pidlab.com]
  - **Process Control Virtual Lab** (VD). Proporciona un conjunto de experimentos básicos sobre diseño y sintonía utilizando controladores PID. [http://www.che.utexas.edu/~Econtrol/sim/]
  - **PWM DC Motor Control Laboratory** (RE). Laboratorio remoto creado con tecnología LabView para demostrar los principios básicos del empleo de la modulación por ancho de pulso (PWM, Pulse Width Modulation) para usar en el control de velocidad de un motor de corriente continua. [http://sleepy.sfsu.edu/projects/rpwmlab/index.html]
  - **RECOLAB** (RE). Sistema que proporciona una arquitectura general para la simulación de esquemas de control, y su ejecución remota en tiempo real sobre maquetas físicas (como un servomotor) por medio de Matlab/Simulink. [http://recolab.umh.es/]
  - **Remote Dynamical Systems Laboratory** (RE). Laboratorio remoto que proporciona acceso a experimentos con sistemas de primer y segundo orden. [http://dynamics.soe.stevens-tech.edu/]
  - **Remote and Virtual Lab Web Site** (RE+VD+VM). Colección de recursos para la realización de experiencias prácticas sobre diferentes tipos de sistemas, tanto simulados como reales. [http://lab-virtual.dia.uned.es]
  - **Resource Center for Engineering Laboratories on the Web** (RE). Magnífico servidor que permite acceder a una elevada cantidad de experimentos remotos tanto sobre sistemas de control como sobre dinámica de procesos. [http://chem.engr.utc.edu]
  - **Signals, Systems and Control** (VM). Magnífica colección de applets interactivos enfocados como ayuda visual para la comprensión de diferentes aspectos teóricos presentes en la teoría de los sistemas lineales y control. [http://www.jhu.edu/~signals/index.html]
  - **SYSLAB- Dynamic Systems Virtual Lab** (VH). SYSLAB es un conjunto de laboratorios virtuales

que cubren algunos aspectos de los sistemas dinámicos y sistemas de control.

[[http://www.techteach.no/syslab/index\\_eng.htm](http://www.techteach.no/syslab/index_eng.htm)]

- **Virtual Control Lab** (RE+VH). Interesante servidor en el que se puede acceder a simulaciones y experiencias reales con diversos tipos de plantas utilizando interfaces gráficas 3D desarrolladas con VRML. Para el uso de las simulaciones es necesario tener instalado previamente Matlab/Simulink y algunos plug-ins adicionales. [<http://www.esr.ruhr-uni-bochum.de/VCLab/>]

#### 2.4. Robotica y visión por computador

- **Augmented Reality Interface for Teleoperation via Internet** (VR). Sistema que permite la visualización, con realidad aumentada, y el control de un robot de 4 DGF a través de Internet. [<http://lsc.cemif.univ-evry.fr:8080/Projets/ARITI/index.html>]
- **Interactive Model Railroad** (RE). Control remoto de una maqueta de una red ferroviaria con trenes eléctricos. El sistema está pensado para la enseñanza de técnicas de planificación de rutas y prevención de colisiones. [<http://rr.informatik.tu-freiberg.de/>]
- **Internet Robotics** (VM). Simulaciones desarrolladas en Java 3D para el control de diferentes tipos de robots: PUMA 560, CRS A465 y Nomadic XR400. [<http://www.keldysh.ru/pages/i-robotics/home.html>]
- **MOBS - Mobile Robot Simulator** (VM). MOBS es un entorno de simulación de entornos 3D y robots móviles para UNIX/Linux con el mismo comportamiento que el robot "RobuterII". [<http://www.ee.uwa.edu.au/~braunl/mobs/>]
- **Red Rover** (RE). El usuario puede teleoperar un robot móvil en un escenario "marciano" con el objetivo de realizar las tareas propuestas en el web, y contestar a los formularios propuestos. [<http://www.redrover.reading.ac.uk/RedRover/index.html>]
- **Robolab** (VM-RE). Laboratorio virtual para la simulación de brazos robots industriales, que permite experimentar con conceptos básicos de robótica. También permite la operación remota de robots reales. [<http://disclab.ua.es/robolab/labvir.htm>]
- **Robot@ANU** (RE). Control remoto de un robot móvil Nomadics XR4000 utilizando applets. [<http://robot.anu.edu.au>]
- **Robotoy** (RE). Teleoperación de un pequeño brazo robot, el cual se puede mover para tratar de agarrar objetos, viendo lo que ocurre gracias a un stream de vídeo. [<http://robotoy.elec.uow.edu.au/>]
- **Telebased Control of Merlin Rover Robot** (RE). Control remoto de varios aspectos de un robot móvil (cinemática, control de los motores o planificación de caminos).

[<http://www.merlin.informatik.uni-wuerzburg.de/>]

- **The Tele-labs Project** (RE). Sistema para la operación remota de un brazo robot industrial real, que puede manipular objetos básicos sobre un tablero. Utiliza un software cliente propio muy completo. [<http://telerobot.mech.uwa.edu.au/>]
- **The UJI Online Robot** (RE). Sistema que permite controlar un robot vía web, que incluye técnicas de reconocimiento y realidad aumentada para realizar experimentos didácticos sobre localización y agarre de objetos. [<http://ciclop.act.uji.es/rmarin/research/index.html>]
- **Títère** (RE). Sistema para prácticas de laboratorio sobre visión artificial desde puestos de trabajo remotos que permite capturar imágenes de un entorno de trabajo real configurable y después realizar su procesamiento y análisis. Las prácticas incluyen auto-evaluación. [<http://titere.umh.es>] [<http://titere.disam.etsii.upm.es>]
- **Visual** (VM). Programa ejecutable que ofrece un entorno gráfico de alto nivel para el diseño y simulación de algoritmos de visión artificial. [<http://disclab.ua.es/robolab/labvir.htm>]
- **Web Robot Arm** (RE). Control remoto de un brazo robot neumático con el objetivo de agarrar una bola y cambiarla de sitio. [<http://www.ati.sl.on.ca/robot/>]

#### 2.5. Simulación y dinámica de sistemas

- **AIM-Lab: Automated Internet Measurement Laboratory** (RE). Proporciona experimentos para la caracterización de componentes electrónicos como diodos, BJTs y Si MOSFETs. [<http://nina.ecse.rpi.edu/shur/remote>]
- **Curso Interactivo de Física en Internet** (VM). Curso de Física general en web, desde conceptos simples a otros más complejos, mediante un gran número de applets Java sobre simulaciones de sistemas, prácticas, problemas, juegos, etc. Muy bien documentado. [<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>]
- **Electronics laboratory** (RE). Laboratorio de electrónica a través de Internet con experimentos sobre equipos reales. También ofrece experimentos para usuarios no registrados. [<http://distanslabserver.its.bth.se/websystem2/websystem/index.php>]
- **EngApplets, Java Applets for Engineering Education** (VM). Conjunto de applets con ejemplos de dinámica de fluidos, dinámica de sistemas y vectores. [<http://www.engapplets.vt.edu/>]
- **Laboratorio Remoto de Electrónica** (RE). Obtención de las características I/V de varios dispositivos eléctricos (dos diodos y dos resistencias) y la obtención de las características de carga y descarga de un condensador.

- [<http://colossvr.fcu.um.es/r/lab/>]
- **Linear Cascade Remote Lab (VM+RE).** Simulador de una turbina para el estudio de conceptos de aerodinámica del flujo de un fluido. También se puede solicitar el acceso remoto al equipo real.  
[[http://www.energy.kth.se/proj/projects/Remote\\_labs/LinearCascade\\_Lab.asp](http://www.energy.kth.se/proj/projects/Remote_labs/LinearCascade_Lab.asp)]
  - **NTNU Virtual Physics Laboratory (VM).** Lista con muchos experimentos sobre diferentes temas de Física basados en applets Java.  
[<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html>]
  - **Physics Applets (VM).** Experimentos basados en applets Java sobre Astrofísica, Energía, Mecánica y Termodinámica. para cursos de Física. Este web también ofrece applets-herramienta para realizar gráficas, hojas de cálculo.  
[<http://jersey.uoregon.edu/vlab/>]
  - **Physlets (VM).** Portal para educación de Física con simulaciones y animaciones de sistemas muy didácticas basadas en applets Java, que dispone de buenos tutoriales, y además plantea ejercicios para resolver.  
[<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>]
  - **PNS, S/T Petri-Net Simulation System (VM).** Sencillo simulador de redes de Petri extendidas. Hay disponible una versión para UNIX/Linux, y otra como applet Java.  
[<http://www.ee.uwa.edu.au/~braunl/pns/>]
  - **The Circuit Builder (VM).** Applet Java que permite construir y analizar circuitos DC y AC con componentes electrónicos básicos y diferentes elementos de medida, a través de un sencillo interfaz gráfico.  
[<http://cripe03.rug.ac.be/Circuit/circuitbuilder.html>]
  - **Webshaker (RE).** Experimento sobre una mesa agitadora que simula terremotos, que puede ser controlado a través de Internet con el objetivo de diseñar el movimiento y evaluar sus efectos.  
[<http://webshaker.ucsd.edu/>]
  - **What is engineering? (VM).** Página con diversos laboratorios virtuales sobre temas variados (circuitos lógicos, brazo robot, propagación de sonido, etc.) para estudiantes de primer curso de ingeniería y/o física.  
[<http://www.jhu.edu/~virtlab/>]

## 2.6. Plantas

- **A Spherical Pendulum System to Teach Key Concepts in Kinematics, Dynamics, Control & Simulation.** Artículo electrónico sobre el Rice Spherical Pendulum Laboratory Apparatus (SPENDULAP), una maqueta real suficientemente compleja para la enseñanza de cinemática, dinámica, control y simulación.  
[<http://www.ewh.ieee.org/soc/es/Nov1999/05/index.html>]

- **The Hybrid Systems Project.** Presentación de un sistema de tres tanques del Automatic Control Laboratory del Institut für Automatik de Zurich. Se puede descargar el la documentación y software para simulación y puesta en marcha del sistema con Matlab.  
[<http://control.ee.ethz.ch/~hybrid/tts/>]
- **A LEGO-Based Control Experiment.** Página sobre la construcción de un experimento de control utilizando LEGO.  
[<http://www.mech.gla.ac.uk/~peterg/Lego/>]
- **Embedded Controls Using Legos.** Información genérica sobre la construcción de experimentos para un laboratorio de control utilizando LEGO  
[<http://users.ece.gatech.edu/~bonnie/Legos/>]

## 2.7. Software y otros recursos

- **Control Station.** Software comercial para análisis, ajuste y enseñanza de control de procesos. Es posible descargar una versión de evaluación. [<http://www.controlstation.com>]
- **Cyberlab.** Portal de la red de laboratorios Cyberlab, que ofrece herramientas y servicios para la gestión y acceso a laboratorios remotos, y mecanismos para compartir experiencias y resultados. Actualmente incluye varios laboratorios sobre Control, Automatización u Óptica. [<http://www.cyberlab.org/>]
- **DynCAD.** Entorno gráfico con editor de objetos que permite representar la estructura física de un sistema dinámico y simularlo. Utiliza la herramienta DYNAST instalada en un servidor remoto para analizar el modelo.  
[<http://virtual.cvut.cz/cacsd/msa/onlinetools.shtml>]
- **Easy Java Simulations.** Herramienta gratuita que facilita la creación de applets Java independientes para simulaciones discretas de sistemas. Se caracteriza por la facilidad de uso de su interfaz, que no requiere conocimientos avanzados de programación. [<http://fem.um.es/Ejs/>]
- **Octave.** Lenguaje de alto nivel para cálculo numérico, muy compatible con Matlab, pero con licencia pública GPL de GNU.  
[<http://www.octave.org>]
- **Scilab.** Herramienta gratuita orientada a aplicaciones científicas e ingenieriles que mantiene cierta compatibilidad con Matlab. Dispone de una toolbox, Scicos, con una filosofía análoga a la de Simulink.  
[<http://www.scilab.org/>]
- **SysQuake.** Software comercial para simulación científica y visualización con una interfaz muy interactiva. Es posible su utilización de forma remota a través del web. Dispone de un versión gratuita aunque limitada en sus funciones.  
[<http://www.calerga.com>]

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifestamos nuestro agradecimiento a los editores de este número especial de la revista, Sebastián Dormido y Fernando Torres, por brindarnos esta magnífica oportunidad. También damos las gracias a todos los profesores y amigos que de manera muy directa han intervenido en la elaboración de este trabajo proporcionado enlaces y comentarios a sus recursos.

## REFERENCIAS

- Acebes, L., Alves, R., Merino, A., y De Prada, C. (2004). Un Entorno de Modelado Inteligente y Simulación Distribuida de Plantas de Proceso. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 1(2), pp. 42-48.
- Albino, J., Lorenzo, C., Acosta, L., Torres, S., Hamilton, A. y Rebozo, H. (2003). ControlWeb: Una Herramienta para el Análisis y Simulación de Sistemas de Control en Internet. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Aliane, N., Gachet, D., Martínez, A., Fraile, A. y Ortiz, J. (2004). Labnet: Una Herramienta para el Control de Procesos a través de Internet. *XXV Jornadas de Automática*, Ciudad Real, España.
- Azorín, J.M., Paya, L., Jiménez, L.M., García, N.M. y Sabater, J.M. (2004). Remote Laboratory for Automation Education. *Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04)*, Grenoble, Francia.
- Berná, J.A., Crespo, L.M., Pérez, M. y Gil, F.J. (2003). Laboratorio Virtual para la Docencia de Redes de Computadores. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Candelas, F.A., Gil, P., Torres, F., Ortiz, F.G., Puente, S.T. y Pomares, J. (2004a). Virtual Remote Laboratories for Teaching of Computer Vision and Robotics in the University of Alicante. *Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04)*, Grenoble, Francia.
- Candelas, F.A., Puente, S.T., Torres, F., Ortiz, F.G., Gil, P., y Pomares, J. (2003a). A Virtual Laboratory for Teaching Robotics. *International Journal of Engineering Education*, vol. 19(3), pp. 363-370.
- Candelas, F.A., Torres, F., Gil, P., Ortiz, F.G., Puente, S.T. y Pomares, J. (2003b). Evaluación del Impacto de un Laboratorio Virtual en el Aprendizaje de Prácticas de Estudios de Ingeniería. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Candelas, F.A., Torres, F., Gil, P., Ortiz, F.G., Puente, S.T., y Pomares, J. (2004b). Laboratorio Virtual Remoto para Robótica y Evaluación de su Impacto en la Docencia. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 1(2), pp. 49-57.
- DocenWeb. Red Temática de Docencia en Control mediante Web. Acción especial del MCYT (DPI2002-11505-E) coordinada por la Universidad de Alicante. [<http://www.dfists.ua.es/docenweb/>]
- Domínguez, M., Fuertes, J.J., Reguera, P., González, J.J. y Ramón, J.M. (2003a). Maqueta Industrial para Control de 4 Variables con Fines Docentes y de Investigación. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Domínguez, M., Fuertes, J.J., Reguera, P., González J.J., y Ramón, J.M. (2003b). Maqueta Industrial para Docencia e Investigación. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 1(2), pp. 58-63.
- Dormido, S. (2004). Control Learning: Present and Future. *Annual Reviews in Control*, vol. 28(1), pp. 115-136.
- Dormido, S., Berenguel, M., Dormido-Canto, S. y Rodríguez, F. (2003). Interactive learning of introductory constrained generalized predictive control. *15th IFAC Symposium on Advances in Control Education*.
- Dormido, S., Dormido-Canto, S., Dormido, R. y Sánchez, J. (2005). The Role Of Interactivity In Control Learning. *International Journal of Engineering Education*. Aceptado y pendiente de publicación.
- EIWISA'05. IV Jornadas de Enseñanza vía Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática [[http://cedi2005.ugr.es/simposio\\_s23\\_EIWISA.shtml](http://cedi2005.ugr.es/simposio_s23_EIWISA.shtml)]
- Fuente, M.J. y Mena, D. (2004). Interactive Tool for Control Learning. *Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04)*, Grenoble, Francia.
- Gasa, D., Garrido, I., Costa, R. y Basañez, L. (2003). Laboratorio Remoto de Automática: Plantas de Variable Discreta. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Gómez, E., López, J.A., Aranda, J. y Andrés-Toro, B. (2004). GenMatWeb: Generador de Prácticas para Matlab Web Server. *XXV Jornadas de Automática*, Ciudad Real, España.
- Gómez, J.A., Méndez, F.D., Sánchez, J.M. y Vega, M.Á. (2003). Sistema de Computación Remoto para la Optimización del Modelado de Series Temporales. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Guzmán, J.L., Berenguel, M., Rodríguez F., y Dormido, S. (2003). Herramienta Interactiva para Robótica Móvil. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Guzmán, J.L., Rodríguez, F., Berenguel, M. y Dormido, S. (2004a). Laboratorio Virtual para la Enseñanza de Control Climático de Invernaderos. *XXV Jornadas de Automática*, Ciudad Real, España.
- Guzmán, J.L., Berenguel, M. y Dormido, S. (2004b). MIMO-GPCIT. Herramienta interactiva de

- control predictivo generalizado para sistemas multivariable. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 1(1), pp. 57-69.
- Guzmán, J.L., Berenguel, M., Rodríguez, F. y Dormido, S. (2005a). Web-based Remote Control Laboratory using a Greenhouse Scale Model. *Computer Applications in Engineering Education*. Aceptado y pendiente de publicación.
- Guzmán, J.L., Berenguel, M. y Dormido, S. (2005b). Interactive teaching of constrained generalized predictive control. *IEEE Control System Magazine*. Aceptado y pendiente de publicación.
- Ko, C.C., Chen, B.M. y Chen, J. (2005). Creating Web-based Laboratories. London. Ed. Springer-Verlag.
- Laget, H., Valle, F. y Tadeo, F. (2003). Web-Based Remote Control of an Electro-Pneumatic Process. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- López, J.A., Andrés, B., Risco, J.L. y De la Cruz, J.M. (2001). Curso y prácticas virtuales como complemento en la enseñanza de Sistemas Lineales. *XXII Jornadas de Automática*, Barcelona, España.
- Martín, C., Urquía, A., Sánchez, J., Dormido, S., Esquembre, F., Guzman, J.L. y Berenguer, M. (2004). Interactive Simulation of Object-Oriented Hybrid Models by Combined Use of Ejs, Matlab/Simulink and Modelica/Dymola. *18th European Simulation Multiconference*, Magdeburgo, Alemania, pp. 210-215.
- Martín, C., Dormido, S., Pastor, R., Sánchez, J. y Esquembre, F. (2003). Sistema de Levitación Magnética: Un Laboratorio Virtual en Easy Java Simulations. *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Minués, M. y Morilla, F. (2003). Sistema de Supervisión Remota de Sistemas y Procesos (SSRSP). *XXIV Jornadas de Automática*, León, España.
- Morilla, F., Isabel, A. y Sánchez, J. (2002). Entorno de Experimentación sobre Control de Nivel y Control de Caudal. *XXIII Jornadas de Automática*, La Laguna, España.
- Pastor, P., Sánchez, J., Salzman, C., Gillet, D. y Dormido, S. (2003a). Integrating a Web-based Laboratory into Related. *6th. IFAC Symposium on Advances in Control Education (ACE 2003)*, Oulu, Finlandia. Ed. Elsevier, pp. 107-112.
- Pastor, R., Sánchez, J. y Dormido, S. (2003b). A XML-based Framework for the Development of Web-based Laboratories focused on Control Systems Education. *International Journal of Engineering Education*, col. 19(3), pp. 445-454.
- Pastor, R., Martín, C., Sánchez, J. y Dormido, S. (2005a). Development of a XML-based Lab for Remote Control Experiments on a Servo Motor. *International Journal of Electrical Engineering Education*. Aceptado y pendiente de publicación.
- Pastor, R., Sánchez, J. y Dormido, S. (2005b). Web-based virtual lab and remote experimentation using Easy Java Simulations. *16th IFAC World Congress*.
- Poindexter, S.E. y Heck, B.S. (1999). Using the web in your courses. What can you do? What should you do? *IEEE Control System Magazine*, vol. 19(1), pp. 83-92.
- Pomares, J., Gil, P., Puente, S.T. y Torres, F. (2004). Learning environment for teaching robotics and sensorial systems: Application to the robots guidance. *World Automation Congress (WAC'04)*, Sevilla, España.
- Puerto, R., Jiménez, L.M., Fernández, C., Neco, R.P. y García, N. (2002). Recolab: Prácticas de Control sobre Procesos Reales Vía Internet utilizando Matlab. *XXIII Jornadas de Automática*, La Laguna, España.
- Puerto, R., Jiménez, L.M., Reinoso, O., Fernández, C. y Neco, R. (2004). Remote Control Laboratory Using Matlab and Simulink: Application to a DC Motor Model. Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04), Grenoble, Francia.
- Reguera, P., Fuertes, J.J. y Domínguez, M. (2004a). Operating Systems Resources for Web-based Training in Engineering Education. Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04), Grenoble, Francia.
- Reguera, P., Fuertes, J.J., Domínguez, M. y Alonso, Á. (2004b). Control Remoto de Posición con Java. *XXV Jornadas de Automática*, Ciudad Real, España.
- Rodríguez, F., Berenguel, M., Guzmán, J.L. y Dormido, S. (2005). A virtual course on automation of agricultural systems. *International Journal of Engineering Education: Special issue on agricultural/biosystem/biological engineering education*. Aceptado y pendiente de publicación.
- Salinas, J.A. (2004). Herramienta de TeleEnseñanza de Robotica: Simulador PUMA560. *XXV Jornadas de Automática*, Ciudad Real, España.
- Salt, J., Albertos, P., Dormido, S. y Cuenca, A. (2003). An interactive simulation tool for the study of multirate sampled data systems. *15th IFAC Symposium on Advances in Control Education*. Ed. Elsevier.
- Sánchez J., Dormido, S., Morilla, F. y Pastor, R. (2004). A Java/Matlab-Based Environment for Remote Control System Laboratories: Illustrated With an Inverted Pendulum. *IEEE Transactions on Education*, vol. 47(3), pp. 321-329.
- Sánchez, J., Morilla, F., Dormido, S., Aranda, J. y Ruipérez, P. (2002). Virtual control lab using Java and Matlab: A qualitative approach. *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 22(2), pp. 8-20.
- Sánchez, J., Dormido, S., Pastor, R. y Esquembre, F. (2004). Interactive learning of control concepts using Easy Java Simulations (Conferencia plenaria). Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04), Grenoble, Francia.
- Sánchez, J., Esquembre, F., Martín, C., Dormido, S., Dormido-Canto, S., Canto, R. D. y Pastor, R.

- (2005a). Easy Java Simulations: An Open-Source Tool to Develop Interactive Virtual Laboratories Using Matlab/Simulink. *International Journal of Engineering Education: Special issue on Matlab and Simulink*. Aceptado y pendiente de publicación.
- Sánchez, J., Dormido, S. y Esquembre, F. (2005b). The Learning of Control Concepts Using Interactive Tools. *Computer Applications in Engineering Education*. Aceptado y pendiente de publicación.
- Sebastián, J.M., García, D. y Sánchez, F.M. (2003). Remote-access Education Based on Image Acquisition and Processing through the Internet. *IEEE Transactions on Education*, vol. 46(1), pp. 142- 148.
- Valera, A., Díez, J.L., Vallés, M. y Navarro, J.L. (2001). Control remoto de procesos industriales con Matlab WebServer. *XXII Jornadas de Automática*, Barcelona, España.
- Valera, A., Díez, J.L. y Vallés, M. (2004). Real Process Suitability for Remote Control. Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04), Grenoble, Francia.
- Valera, A., Díez, J.L., Vallés, M. y Albertos, P. (2005). Virtual and Remote Control Laboratory Development. *IEEE Control System Magazine*, vol. 25(1), pp. 35-39.
- Zamarreño, J.M. (2004). Remote Control System for Laboratories: JAVAREGULA. Second IFAC Workshop Internet Based Control Education (IBCE'04), Grenoble, Francia.