

UTILIZACIÓN DE LAS TICS EN LA ENSEÑANZA DE CONTROL DE SISTEMAS EN LA UCM

José A. López Orozco
Univ. Complutense de Madrid
jalo@dacya.ucm.es

Bonifacio Andrés-Toro
Univ. Complutense de Madrid
deandres@dacya.ucm.es

Jesús M. de la Cruz
Univ. Complutense de Madrid
jmcruz@dacya.ucm.es

Resumen

En este trabajo se muestran los tipos de prácticas y ejercicios interactivos que se han incluido en una herramienta de e-learning como apoyo a la docencia presencial de la asignatura de Control de Sistemas en la UCM. Utilizando una metodología progresiva y muy práctica: problemas interactivos, prácticas guiadas, simulación de sistemas y cuestionarios se ha motivado al alumno y se le han proporcionado unas elementos que le han permitido asimilar mejor las clases presenciales y obtener un alto rendimiento en las clases de laboratorio.

Palabras Clave: Prácticas interactivas, herramientas e-learning, Matlab Web Server.

1 INTRODUCCIÓN

Con este trabajo se pretende mostrar los resultados obtenidos en la Universidad Complutense de Madrid al aplicar las nuevas tecnologías y una herramienta de e-learning en la enseñanza de Control de Sistemas en la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM.

Para el curso 2003-2004, la UCM, ha creado un campus virtual. Este nuevo servicio es ofrecido por la UATD (Unidad de Ayuda Tecnológica a la Docencia) de la UCM y se basa en la herramienta WebCT, aunque en un futuro podría utilizarse otra. La finalidad es construir un entorno denominado *campusvirtual* donde se le ofrezca al profesor un nuevo servicio para la mejor realización de su docencia. Es potestad del profesor hacer uso de ese entorno como mejor estime. Además de este sistema de e-learning, se ha utilizado otra herramienta para la enseñanza a través de Internet, desarrollada en el departamento de Arquitectura de Computadores y Automática, denominada SIMAC (Sistema Integrado para Mantenimiento Automático de Cursos)[5-7]. Es una herramienta orientada a la presentación de cursos a través de World Wide Web, que ofrece servicios semejantes a las herramientas comerciales como WebCT, pero queriendo llegar más allá, ofreciendo servicios más orientados a las enseñanzas

técnicas/prácticas como son un soporte más específico para la realización de prácticas, ejecución de applets de java, Matlab Web Server, ...

El desarrollar una docencia utilizando las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) no debe implicar la sustitución de las acciones “tradicionales”, sino un complemento. Utilizar las TIC para apoyo a la docencia no debe confundirse con “colgar” materiales en Internet. La formación de los alumnos no se conseguirá ofreciendo la información sin más, es necesario que ésta, además de estar estructurada y organizada de forma clara y comprensible, sea actual, atractiva y motivadora.

La tecnología por sí sola no es la solución, sino un medio que en manos del profesor la transforma en una herramienta útil para la enseñanza. El educador es el aspecto clave, las TIC no son una solución a las necesidades de la educación a menos que se incluya un componente creativo [3][8].

Al intentar aplicar estas premisas a un área tan práctica como es la enseñanza de las materias de la Automática hemos observado que herramientas comerciales de e-learning (como por ejemplo WebCT) están muy orientadas a la enseñanza a distancia y a la presentación de material docente de tipo estático y poco interactivo.

En el momento que un profesor necesita servicios específicos para crear herramientas y prácticas interactivas que puedan utilizar los alumnos, estos entornos se ven muy limitados. La mejor solución es que en un servidor propio se desarrollen los prácticas necesarias, por ello lo que hemos propuesto es añadir a ese servidor el entorno necesario para que se ofrezcan de una forma unificada las prácticas y materiales necesarios sin necesidad de utilizar varios servidores. Evidentemente, esto también tiene sus desventajas, puesto que en ese caso se deja de disponer del soporte y mantenimiento del servidor que tiene la herramienta comercial (y que normalmente ofrece la unidad correspondiente de la Universidad). En contrapartida, se dispone de un control absoluto sobre los materiales y prácticas que se ofrecen.

Un aspecto más que se debería tener en cuenta es que la información se debería presentar en diferentes niveles de complejidad, lo que junto con las características anteriores permitirá que el abandono por parte del alumno sea el menor posible.

Es muy importante que el alumno no sea un simple receptor de información, sino que participe activamente en el curso y que sienta la utilidad de su participación. Para ello es interesante crear un espacio de actividades donde el alumno interactúe con el sistema y le permita poner en práctica lo aprendido o ejercitarse en los temas que está estudiando.

A continuación se señala que características tienen las herramientas de e-learning que se han utilizado, la metodología seguida para conseguir que la enseñanza a través del World Wide Web sea un complemento ideal a la docencia presencial: el alumno interactúe con el sistema, aproveche la tecnología para reforzar todos aquellos aspectos que no le queden claros y no abandone en el uso de la herramienta. Por último, se muestran los resultados de una serie de encuestas para recoger la opinión de los alumnos al respecto y las conclusiones que se pueden extraer de los resultados obtenidos.

2 HERRAMIENTAS E-LEARNING

Se han utilizado dos herramientas de e-learning para la enseñanza a través de Internet, estas son: la herramienta comercial WebCT y una herramienta, desarrollada en el Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática de la UCM, denominada SIMAC[5-7].

2.1 WebCT (campus virtual)

En este curso 2003-2004, la UCM ha puesto a disposición de los profesores un nuevo servicio como complemento a la docencia, *el campus virtual* (<http://www.ucm.es/campusvirtual>). Este campus virtual se está llevando a cabo con la herramienta WebCT, aunque podría cambiarse por otra en un futuro. La intención es dar servicio a los profesores para que utilicen las TICs en la enseñanza. El objetivo final es que en cuando los alumnos se matriculen tengan acceso a las asignaturas virtuales. Será potestad del profesor si hace uso de ese espacio o no.

WebCT (*Web Course Tools*) es una herramienta de formación a distancia integrada por subgrupos de herramientas diseñadas para desarrollar cursos en línea. Dispone de herramientas para la creación de

páginas personales, foros de discusión, exámenes, calendario de eventos, e-mail, chat, ...

La utilización de las herramientas disponibles dependerá del profesor, pudiendo utilizarlo de diversas formas. Por ejemplo, únicamente como medio para obtener la ficha de los alumnos (datos, foto, ...) que serán introducidos desde el sistema de matriculación; como lugar donde crear un foro de consulta entre los alumnos de su curso, para dejar apuntes y otros materiales; o para crear cursos, exámenes, trabajos en grupo, etc.

Estas herramientas de e-learning están muy orientadas a la docencia a distancia, potenciando en gran medida las herramientas de comunicación (chat, e-mail, foros, ...); de evaluación y actividades (preguntas de diversos tipos, trabajos, creación de grupos, ...); o gestión de contenidos (módulos de contenidos, glosarios, ...) entre otros. Pero los contenidos son de modo estático y la única interacción prevista entre el sistema y el alumno es a través de cuestionarios, el foro o con los trabajos. Esto limita seriamente su utilización efectiva en asignaturas técnicas como son todas las del área de Ingeniería de Sistemas y Automática. La única forma de integrar ejercicios y prácticas interactivas es mediante la inclusión de enlaces, dentro del esquema del curso, a otros servidores donde hayamos desarrollado esas prácticas.

2.2 SIMAC

SIMAC (*Sistema Integrado para Mantenimiento Automático de Cursos*) [5-7], permite especificar el curso deseado de forma muy sencilla en una base de datos. Está diseñado e implementado utilizando páginas HTML y ASP, código Javascript. El sistema puede utilizarse en cualquier servidor Web estándar y permite incorporar de forma sencilla el servicio Matlab Web Server, véase la figura 1. Esto posibilita, por un lado, el control del contenido del curso mediante bases de datos, para lo que se usan páginas ASP y código script; y por otro, la simulación de sistemas dinámicos mediante applets de Java y la construcción de un laboratorio virtual mediante el servidor web de Matlab.

La instalación y sistema de gestión ha sido cuidada en extremo, lo que permite que cualquier profesor con poca experiencia en el uso de las nuevas tecnologías pueda disponer de un servidor para su docencia. El diseño de la estructura y soporte de SIMAC ha sido realizado para permitir la fácil creación de "nuevos cursos" por parte del profesor y su mantenimiento de forma simple y sencilla [7].

La base de datos contiene todos los índices que forman los distintos apartados del curso, así como las

ubicaciones de los documentos que forman las unidades teóricas. Así se permite un fácil diseño, adaptación y modificación de los contenidos mostrados, donde se pueden incluir referencias a problemas, prácticas, demostraciones o cualquier otra información de interés que se encuentre en Internet dentro de la estructura lógica del curso.

La creación de plantillas para el uso de prácticas de Matlab Web Server dentro del curso, dotan al sistema de una gran potencia, siendo muy sencillo por parte del profesor el poder crear prácticas nuevas a partir de su material disponible.

Como se puede ver, para la creación de nuevos cursos, no es necesario tener conocimientos de HTML ni de otras herramientas relacionadas con la creación de páginas Web. Incluso se pueden incluir dentro del curso otras direcciones de sitios Web que el profesor considere interesante en el desarrollo de un tema determinado, como por ejemplo explicaciones alternativas, laboratorios virtuales, ejemplos, etc.

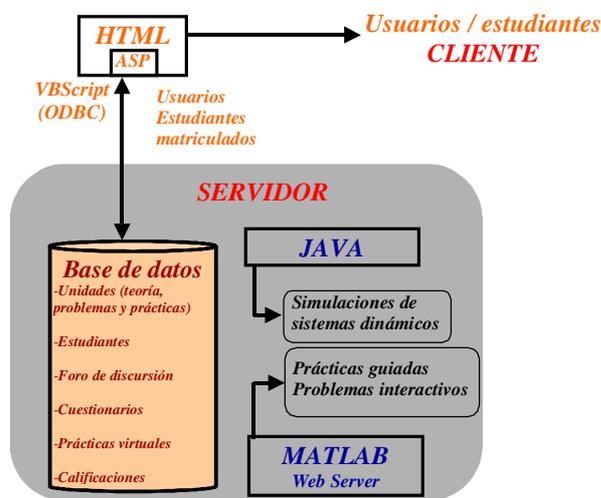


Figura 1. Esquema de SIMAC

El curso está dirigido al apoyo a la docencia presencial y se ha diseñado para que sea lo más interactivo posible, sin descuidar el contenido teórico y de estudio. Permitiendo el uso de cualquier tipo de práctica y entorno de experimentación: simulaciones locales en el usuario, simulaciones remotas en el servidor o accesos remotos a prácticas reales [4].

3 METODOLOGÍA SEGUIDA

Existen numerosas referencias sobre metodología y futuras direcciones en la enseñanza del Control de Sistemas [1-2][8]. En ellas se tratan numerosos aspectos como su carácter multidisciplinar, la selección de ejemplos prácticos, el modo de realizar experiencias sobre distintas aplicaciones y

aproximaciones concretas para rejuvenecer y revigorizar la enseñanza de este área.

Para que el servicio ofrecido a los alumnos no quede en un mero sistema de obtención de apuntes y libro en formato electrónico es necesario ofrecer al alumno la posibilidad de acceder a herramientas interactivas que le permitan analizar, diseñar y modificar los sistemas de control disponibles para así reforzar y asimilar mejor los conceptos a estudiar.

Dentro del curso, además de material de estudio como son, transparencias de clase, enlace a otras explicaciones en el World Wide Web, problemas propuestos y resueltos; se han incluido una serie de herramientas interactivas que motivan al alumno y le ayudan a similar mejor los conceptos estudiados.

Como ejemplo de la interacción de los alumnos dentro el sistema y el uso de las TIC indicaremos brevemente de qué herramientas disponen los alumnos, véase en la figura 2 aquellas que se encuentran sombreadas, y cómo complementan la docencia presencial:

- *Problemas interactivos*: problemas configurables por el alumno que le permiten crear distintos supuestos y el servidor le ofrece la solución correcta. Se han realizado en Matlab Web Server, lo que permite que el profesor utilice todo el material y herramientas que tiene disponible para el estudio de Control de Sistemas. Así puede crear funciones prototipo de Matlab que sean configurables dependiendo de distintas opciones y/o parámetros y obtener distintos problemas.

Estos problemas refuerzan los aspectos más interesantes de cada tema y permite que se disponga de un número ilimitado de problemas (y su solución) de ese tipo para que el alumno intente resolverlos y compruebe si obtiene los mismos resultados.



Figura 2. Estructura de un curso en SIMAC

- *Prácticas guiadas*: son prácticas de diseño de controladores semejantes a las que se les pide a los alumnos que realicen en casa o como las que se realizarán en el laboratorio. El alumno puede

modificar unos parámetros y obtener con Matlab Web Server una solución junto con una explicación de los pasos que se han seguido.

Permiten comprender mejor el guión de las prácticas que realizarán en el laboratorio y preparar previamente el material y conceptos que necesitarán en el laboratorio. De este modo, al realizar la práctica en el laboratorio pueden aprovechar más el escaso tiempo disponible y centrarse en la realización de la práctica y en sus resultados, y no en cómo hacerla.

- *Prácticas simuladas*: son ejemplos realizados mediante Applets de Java, donde el alumno puede controlar un sistema simulado, analizar su respuesta y visualizar su comportamiento.

Tienen la finalidad de que el alumno se ejercite en el diseño de un controlador, lo aplique sobre un sistema y observe su comportamiento, en lugar de sólo una representación gráfica de la salida.

También se está preparando un servidor de prácticas que permitirá realizar prácticas reales de forma remota, donde el alumno podrá controlar las plantas que después utilizará en el laboratorio.

- *Cuestionarios de autoevaluación*: la herramienta ofrece test de autoevaluación para cada tema de estudio.

Con ellos el alumno puede comprobar su grado de asimilación de los conceptos de ese tema. Y le ayuda a reforzar el estudio de los conceptos teóricos.

3 RESULTADOS OBTENIDOS

El grado de participación y utilización del curso virtual ha sido muy alto, siendo del 90% de los alumnos matriculados. De estos, la participación ha sido bastante dispar: apuntes (90%), cuestionarios (80%), problemas y prácticas interactivas (40%) y foro (10%) por poner un ejemplo.

Como se puede ver, no sólo los profesores nos debemos poner al día y adaptar al uso de las TIC en la enseñanza actual, sino que también los alumnos se deben ir acostumbrando a hacer uso de las herramientas que la tecnología pone a su disposición (foro, prácticas interactivas, ...).

Se ha realizado una encuesta a los alumnos para saber qué opinión les merece el uso de las TIC en su aprendizaje. Esta encuesta se realizó al finalizar el curso (antes de los exámenes) y de forma voluntaria y anónima, respondiendo el test un 60% de los alumnos que han utilizado el curso.

En la encuesta se les pregunta por tres aspectos generales: sobre el aprendizaje con la herramienta virtual, sobre la herramienta y sobre el apoyo institucional. Un pequeño ejemplo de las preguntas presentadas a los alumnos y sus respuestas son:

Sobre el aprendizaje con la herramienta SIMAC:

(a.1) Grado de satisfacción en el uso de una plataforma de enseñanza basada en la Web para su aprendizaje de la asignatura. (7 muy satisfecho)

(a.2) ¿Facilita la preparación de la asignatura disponer de una herramienta Web? (7 máxima ayuda)

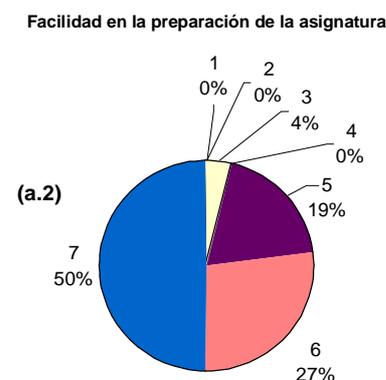
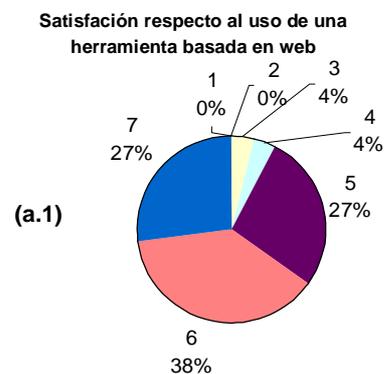


Figura 3: Respuestas sobre el aprendizaje con la herramienta.

Respecto a la herramienta:

(h.1) Grado de dificultad de la utilización de la herramienta virtual (7 mucha dificultad)

(h.2) ¿Cómo valorarías tu actividad en el campus virtual? (7 mucha actividad)

Respecto al apoyo institucional:

(i.1) Grado de satisfacción respecto a los medios técnicos (equipos informáticos) para el acceso al campus virtual? (7 muy satisfecho)

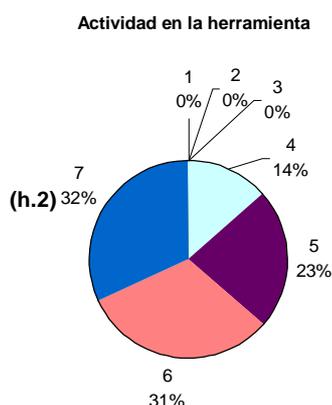
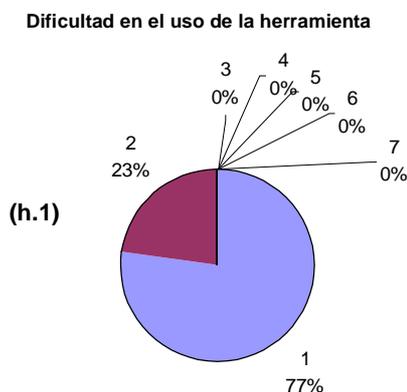


Figura 4: Respuestas sobre la herramienta.

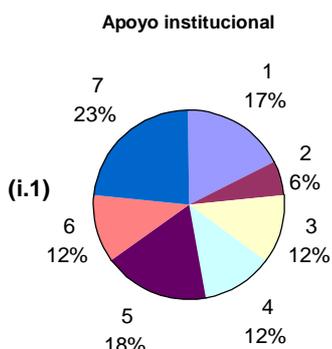


Figura 5: Respuestas sobre el apoyo institucional.

3.1 COMENTARIOS A LOS RESULTADOS

Los resultados presentados corresponden a los alumnos que han utilizado SIMAC.

La primera conclusión que se puede extraer de los resultados de las encuestas a los alumnos, en su gran mayoría, es que les ha resultado de gran ayuda el disponer de una herramienta Web, tanto en la preparación de la asignatura como en el estudio y práctica, figura 1.

Además, en contra de lo que se podía esperar, no les ha resultado excesivamente complejo el utilizar la

herramienta Web, ni las prácticas presentadas, adaptándose rápidamente al sistema y a la metodología propuesta. Además la actividad en la herramienta ha sido bastante alta, figura 4. Es conveniente hacer aquí una puntualización, se ha observado que la participación activa se ha realizado siempre que era necesario para realizar una práctica de laboratorio, antes de un examen, etc. Muy pocos alumnos han utilizado el sistema y las herramientas interactivas ofrecidas si no eran necesarias, es decir, si sólo las necesitaban para practicar. Aun así, a los alumnos les ha parecido que han utilizado profusamente la herramienta.

Como aspecto negativo, véase la figura 5, señalar que los alumnos consideran que es escaso el número de ordenadores disponibles en el aula de informática y que el acceso al servidor (la red disponible) no siempre es tan rápido como se desearía. Indicar aquí que según datos del campus virtual de la UCM el 70% de los accesos se han realizado desde fuera de la UCM. Esto indica que cada vez más alumnos tienen acceso a Internet desde casa o trabajo con lo que el uso de las TIC se hace más indicado.

Destacar también, que con esta metodología, clase presencial y apoyo de herramientas interactivas, se han obtenido resultados muy satisfactorios.

Por un lado en cuanto a asimilación de contenidos teóricos, los cuestionarios han ayudado a que los alumnos estudien la teoría, aspecto que normalmente no cuidan todo lo que deberían.

Por otro lado, en cuanto al desarrollo de las prácticas en el laboratorio, las prácticas interactivas han sido de gran utilidad porque les ha permitido comprender y preparar la práctica antes de las sesiones. Esto ha conseguido que sean mucho más aprovechadas y se hayan podido centrar en aspectos que no se tendrían en cuenta si no se supiese lo que se espera obtener. Por ejemplo, se han podido detener y observar con más detalle la medida sensorial y toma de datos o aspectos no lineales que aparecen en la ejecución de la práctica y que de otro modo se suelen pasar más deprisa.

Por último, a un reducido grupo de alumnos se les pidió que utilizaran las dos herramientas (SIMAC y WebCT). Como se puede ver en la figura 6, a los alumnos no les ha parecido una mejora sustancial el uso de una herramienta de e-learning comercial frente a la desarrollada. Más aún, su valoración de SIMAC ha sido mejor puesto que al estar más orientada a las enseñanzas técnicas y a las prácticas virtuales les ha parecido más fácil de manejar. Además, como es una herramienta diseñada como complemento a la docencia presencial, no tiene ni multitud de herramientas de enseñanza a distancia

(iconos, chat, pizarra, ...) que prácticamente no se utilizan, ni tantas opciones y posibilidades que complican su uso. Así, al centrarse en secciones de teoría, problemas y prácticas y en los ejercicios y las prácticas interactivas necesarias en cada momento (aspectos más interesantes para el refuerzo del aprendizaje) su uso se simplifica y se hace más natural y sencillo.

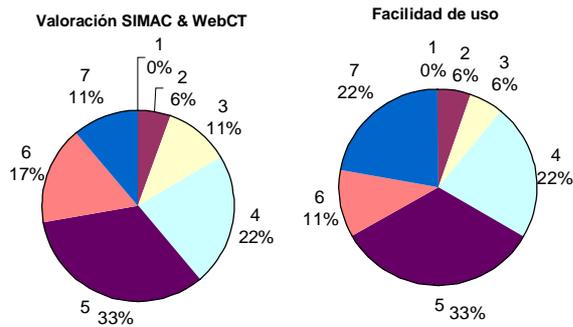


Figura 6: Comparación de las herramientas de e-learning SIMAC y WebCT.

Agradecimientos

Quisiera agradecer la financiación de la Universidad Complutense de Madrid con los Proyectos de Innovación Educativa PIE 1999/4, PIE 2000/4 y PIE 2002/7, al desarrollo de las herramientas que han permitido la puesta en marcha de esta metodología de enseñanza.

Referencias

- [1] Berstein, D.S. (1999). "Enhancing Undergraduate Control Education". *IEEE Control System*. Octubre, vol. 19 n° 5.
- [2] Bissell, C.C. (1999). "Control Education Time for Radical Change?". *IEEE Control System*. Octubre, vol. 19 n° 5.
- [3] Copinga G.J., Verhaegen M.H, van de Ven M.J. (2000). "Toward a web-based study support enviroment for teaching automatic control" *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 20 n° 4 pp. 8-19.
- [4] Dormido Bencomo S. (2002) "Control Learning: Present and Future". 15th Triennial World Congress (IFAC). Barcelona.
- [5] López-Orozco J.A., B. Andrés-Toro, J. L. Risco, J. M. de la Cruz (2001). "A versatile and

interactive courseware for System Control learning". *Workshop on Internet Based Control Education (IBCE 01)*. Madrid 12-14 de diciembre.

- [6] López-Orozco J.A., Estrella Gómez, J.L. Risco, B. de Andrés-Toro, J.M. de la Cruz. (2002). "Sistema automático de evaluación de conocimientos". *III Jornadas de Trabajo "Enseñanza vía Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática" EIWISA 2002*. Alicante 18-19 de abril.
- [7] López-Orozco JA., Risco JL., Andrés-Toro B., de la Cruz J.M. (2002). "Courseware management tool for engineering education". *6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. Orlando, USA 14-18 julio
- [8] Poindexter S.E. y Heck B.S. (1999). "Using the Web in Your Courses: What Can You Do?. What Should You Do?" *IEEE Control Systems*. February 2000, pp. 83-91.