

## ÍNDICE

<i>Presentación</i> al segundo volumen de la convocatoria de Redes.....	11
---	----

### **INNOVACIÓN EN LAS ACCIONES DE ORIENTACIÓN Y APOYO A LA DIVERSIDAD FUNCIONAL**

El programa de mentoría para nuevos estudiantes de la UNED (2007-08) <i>Nuria Manzano Soto, Ana María Martín Cuadrado y Marifé Sánchez García</i> .....	17
Plan de orientación tutorial. C.A. Talavera de la Reina <i>Ana M<sup>a</sup> Martín Cuadrado</i>	

Accesibilidad y Diversidad Funcional en la Educación Superior: Requisitos de Usuario y Primeros Prototipos Centrados en la Personalización de Servicios TIC <i>Jesús G. Boticario, Elena del Campo, Mar Sainero, A. Rodríguez Ascaso y Cecile Finat</i> .....	57
--	----

### **EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN DOCENTE I: EVALUACIÓN Y RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES**

El uso de las TIC en la enseñanza a distancia: el camino hacia la evaluación continua en RED <i>Carmen Carreras Béjar (Coordinadora), Manuel Yuste Llandres y Juan Pedro Sánchez Fernández</i> .....	85
Resultados de la aplicación de nuevas metodologías en Matemáticas I y II de la Ingeniería Técnica Industrial durante el curso 2007/08 <i>Ana Díaz Hernández y Esther Gil Cid</i> .....	103

Aprendizaje activo a través de la autoevaluación en los cursos virtuales <i>Consuelo Escolástico León, Pilar Cabildo Miranda, R. M. Claramunt Valles- pí, J. Pérez Esteban, A. Almirall Malivern, C. Sanmartín Grijalba y M. A. Vázquez Segura</i> .....	121
Desarrollo de herramientas en entornos virtuales de aprendizaje para la eva- luación continua. Proyecto EBSQA (Fase II) <i>Fernández Hernando, P.; Jesús Senen Durand Alegría.; Rosa Mª Garcinuño Martínez, Alejandrina Gallego Picó; García Mayor, M.A.; Sánchez Muñoz, P.J.</i> .....	141
Aprendizaje Basado en Mapas Conceptuales: Rendimiento y relación con estilos de aprendizaje <i>Marcela Paz González-Brignardello y Ángeles Sánchez-Elvira Paniagua</i> .....	163
Nuevos elementos para la evaluación de los estudiantes: hacia la evaluación continua <i>Marta Muñoz Domínguez, Antonio Rovira de Antonio y Sergio Margenat Calvo</i> .....	185
Eficacia diferencial de la evaluación continua a través de la elaboración de mapas conceptuales y la realización de exámenes en línea, sobre el ren- dimiento académico de estudiantes a distancia <i>Ángeles Sánchez-Elvira Paniagua, Marcela Paz González-Brignardello, Pedro J. Amor Andrés y Margarita Olmedo Montes</i> .....	205
La actividad tutorial en el marco del EEES: actividades prácticas presencias- les en los centros asociados de la UNED <i>Ángel Caminero Gómez, Águeda del Abril Alonso, Emilio Ambrosio Flores, Mª Rosario de Blas Calleja, Carmen García Lecumberri y Juan M. de Pablo González</i> .....	223
La implicación tutorial en un modelo docente presencial-virtual de educa- ción universitaria <i>Rosana de Pablo Redondo (Coordinadora), Rodrigo Martín García, Julio Gon- zález Arias, Raquel Arguedas Sanz, Azahara Muñoz Martínez, Alberto Bil- bao Garzóned</i> .....	257

**EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN DOCENTE II:  
DESARROLLOS TECNOLÓGICOS, METODOLÓGICOS Y VALORACIONES**

Red de Laboratorios de Control Automático a través de Internet <i>Sebastián Dormido Bencomo, Héctor Vargas Oyarzún, José Sánchez Moreno, Natividad Duro Carralero, Raquel Dormido Canto, Fernando Morilla García, María Antonia Canto Díez, Sebastián Dormido Canto, Gonzalo Farías Castro</i> .....	277
Java-XML Innova: Generación de Objetos Educativos en asignaturas de Programación en Java <i>Covadonga Rodrigo San Juan y José Luis Delgado Leal</i> .....	305
La experiencia de trabajo en la red de «Métodos de investigación en Educa- ción Social» <i>Belén Ballesteros, Inés Gil Jaurena, Enriqueta de Lara, Ana M<sup>a</sup> Martín, José Luis Ramos, Magdalena Suárez</i> .....	319
Las TIC como recurso educativo para aprender de forma colaborativa. El segundo año de experiencia <i>Domingo Gallego Gil (Coordinador), Catalina Alonso García, Ana Martín Cuadrado y M<sup>a</sup> Luz Cacheiro González</i> .....	339
Cuadernillos prácticos en Didáctica General de Educación Social: Balance de Experiencias <i>Ramón Gonzalo Fernández, Félix Sepúlveda Barrios y Tiberio Feliz Murias</i> .....	365
Desarrollo de competencias de los estudiantes ante el EEES <i>Antonio Medina Rivilla, M<sup>a</sup> Concepción Domínguez Garrido y Cristina Sán- chez Romero</i> .....	383
Metodologías de aprendizaje compatibles con el espacio europeo de educa- ción superior <i>Ramón Pérez Juste, Arturo Galán González, Jose Luis García Llamas, M.<sup>a</sup> Ángeles González Galán, Enriqueta De Lara Guijarro, Catalina Martínez Mediano, Unria Riopérez Losada</i> .....	405

Competencias en Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales y su Evaluación Inteligente <i>Eduardo Ramos, Ricardo Vélez, Víctor Hernández, Javier Navarro, Emilia Carmena y José Antonio Carrillo</i> .....	423
Incidencia de la virtualización en el rendimiento y motivación del alumnado de Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación en Educación Social <i>M<sup>a</sup> Luisa Sevillano García, Sonia M<sup>a</sup> Santoveña Casal, Javier Sempere Rodrigo, Carmen Madrigal Collazo, Isabel Ortega Sánchez</i> .....	451
Proyecto de Innovación Docente IRMA: Información de Retorno y Mejora de la Acción Educativa <i>M<sup>a</sup> José Soberano Sobejano, Marisa Senra Varela y Tiberio Feliz Murias</i> .....	487
Análisis dimensional para la configuración de asignaturas de acuerdo con los créditos ECTS <i>Quintina Martín-Moreno Cerrillo (Coordinadora), José Carpio Ibáñez, M<sup>a</sup> Dolores Fernández Pérez, Mario García-Page Sánchez, Juan Antonio Gil Pascual, Aurora Marquina Espinosa y Remedios Morán Martín</i> .....	505
Evaluación del tiempo y el esfuerzo en asignaturas de los primeros cursos de Ingeniería mecánica <i>Mariano Artés Gómez, María Lourdes del Castillo Zas, Jesús López López ..</i>	541
Red de innovación docente: Proyecto red VYPS (virtualización y prácticum en educación social) <i>Tiberio Feliz Murias, María Senra Varela, María José Sobejano Sobejano</i> .....	559
El profesional colaborador en los centros de prácticas de la carrera de Educación Social. Un espacio de cooperación entre la Universidad y el ámbito profesional <i>Miguel Melendro Estefanía (Coordinador), M<sup>a</sup> José Bautista-Cerro Ruiz y M<sup>a</sup> del Pilar Quicios García</i> .....	571

# RED DE LABORATORIOS DE CONTROL AUTOMÁTICO A TRAVÉS DE INTERNET

NOMBRE DE LA RED: AUTOMATL@BS II: RED DE INVESTIGACIÓN  
PARA LA INNOVACIÓN DOCENTE EN AUTOMÁTICA MEDIANTE  
LABORATORIOS VIRTUALES Y REMOTOS

SEBASTIÁN DORMIDO BENCOMO, HÉCTOR VARGAS OYARZÚN,  
JOSÉ SÁNCHEZ MORENO, NATIVIDAD DURO CARRALERO,  
RAQUEL DORMIDO CANTO, FERNANDO MORILLA GARCÍA,  
MARÍA ANTONIA CANTO DIEZ, SEBASTIÁN DORMIDO CANTO,  
GONZALO FARÍAS CASTRO\*

## Resumen

El artículo presenta un proyecto innovador en el contexto de la experimentación remota aplicada a la educación en ingeniería. En particular, se describe la experiencia de los autores en el análisis, diseño, desarrollo y explotación de tecnologías basadas en Web en el ámbito del control automático. Este trabajo es parte de un proyecto interuniversitario llamado «AutomatL@bs» en el cual siete universidades españolas han unido esfuerzos para compartir, a través de Internet, sus recursos de experimentación. En primer lugar, el documento ofrece algunos antecedentes respecto a como se debería abordar el desarrollo de laboratorios virtuales y remotos desde un punto de vista pedagógico. Específicamente, presentamos algunos ejemplos de laboratorios remotos desarrollados por dos de los grupos de universidades que participan en el proyecto. Luego, se presenta el diseño e implementación sistema automático de reservas utilizado para gestionar el acceso de los estudiantes a los recursos físicos del laboratorio. Finalmente, el trabajo muestra el proceso de integración de todas las componentes del sistema haciendo uso de una herramienta LMS (Sistema de Gestión del Aprendizaje) y realiza una evaluación del sistema global desde el punto de vista de la percepción de los estudiantes con el fin de analizar la calidad del entorno de experimentación como herramienta de enseñanza.

**Palabras claves:** Internet, control automático, aprendizaje a distancia.

---

\* E.T.S. de Ingeniería Informática – UNED

## Abstract

This article presents an innovative project in the context of remote experimentation applied to the engineering education. Specifically, the experience of the authors regarding the analysis, design, development and exploitation of Web-based technologies in the scope of the automatic control is described. This work is part of an inter-university project, named «AutomatL@bs», where seven Spanish universities have joined efforts to share across Internet their experimentation resources. The paper starts providing a brief background about how the development of virtual and remote control labs with pedagogical perspectives should be addressed. In particular, we present some examples of remote-labs developed by two of the university groups taking part into this project. Afterwards, the automatic bookings system used to manage the access of users to the physical resources of the laboratory is presented. Thirdly, the integration process of every component into a LMS tool is shown and, finally, an overall system assessment of the students' perception about the quality of the experimentation environment as teaching tool is analyzed.

**Key words:** Internet, automatic control, distance learning.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Desde hace más de una década, la mayor parte de las instituciones académicas alrededor del mundo están haciendo frente al desafío de adaptar sus mecanismos tradicionales de enseñanza y aprendizaje a los actuales hábitos de la sociedad moderna, donde el uso de Internet en la educación se está convirtiendo en el principal paradigma para transmitir y suministrar información de cualquier tipo, naturaleza y/o origen. Por ejemplo, en el contexto europeo, la necesidad de dar una respuesta conveniente a este desafío es introducir más presión a la comunidad educativa debido al inminente inicio del nuevo espacio europeo de educación superior EEES (declaración de Bolonia), donde Internet adquiere un rol fundamental en los estudios universitarios [1].

La implementación de este nuevo paradigma de educación basado en Internet no es un problema cuando el objetivo de aplicación son las ciencias sociales y humanistas, donde los recursos actuales de texto y multimedia en Internet son suficientes para cumplir con las metas establecidas. Por el contrario, este desafío no es una tarea simple cuando el ámbito de aplicación son los estudios en ciencias físicas y de ingeniería [2]. En este caso, además de los recursos de texto, multimedia y otros recursos que se requieren para proporcionar los aspectos teóricos de un curso a través de Internet, se deberían incluir los llamados *laboratorios de*

*práctica*. Esto es particularmente cierto en la enseñanza de la ingeniería de control, un campo inherentemente interdisciplinario, donde las matemáticas juegan un rol fundamental y donde los avances se llevan a cabo mediante una mezcla de matemáticas, modelado, computación, y experimentación [3], [4] y [5].

A pesar de las dificultades anteriormente mencionadas, ahora es posible encontrar un gran número de universidades que, en sus ramas de ingeniería, ya disponen de estas herramientas de enseñanza en sus actuales planes de estudio. A continuación se analizan dos ejemplos de este proceso de adaptación.

El Departamento de Ingeniería de la Información de la Universidad de Siena (Italia) ofrece un conjunto de laboratorios remotos para el aprendizaje del control [6], [7]. Los experimentos tienen interfaces de usuario bien definidas que permiten visualizar la evolución de las variables principales del sistema y observar el comportamiento del proceso mediante cámaras de video. Sin embargo, estos laboratorios trabajan solamente en **modo batch** [8], es decir, las acciones de usuario se llevan a cabo al comienzo del experimento, el cual, una vez iniciado se ejecuta hasta su terminación. Mientras el experimento se ejecuta el usuario no puede interactuar con el sistema. Una vez que la simulación ha finalizado, los resultados son mostrados en pantalla y se habilita la posibilidad de configurar un nuevo experimento con la definición de nuevas acciones de usuario. Otro ejemplo está en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Singapur [9]. Las interfaces gráficas de usuario de este grupo de investigación son más atractivas a los usuarios finales, debido a que es posible interactuar directamente (y en tiempo real) sobre los elementos gráficos de la interfaz durante el experimento. Esta agradable sensación de interacción, que es conocida como **interactividad en tiempo de ejecución** [8], es una ventaja con respecto a la propuesta previa.

Hoy en día, la mayoría de las características descritas en los dos ejemplos anteriores se encuentran en los entornos de experimentación actuales, incluyendo además versiones simuladas y remotas de los sistemas. Sin embargo, todavía estos desarrollos están centrados solamente en las cuestiones técnicas que tienen que ver con el diseño y construcción de las aplicaciones Web que permiten realizar las actividades prácticas a través de Internet, es decir, el laboratorio virtual y remoto en sí mismo. En general, ellos no consideran el contexto social de interacción y colaboración existente entre estudiantes en los laboratorios de prácticas tradicionales [10].

La Web 2.0 pone de manifiesto estas ideas al intentar emular las relaciones existentes entre usuarios en un contexto social específico. Este trabajo va un paso

más adelante en esta dirección al plantearse como uno de sus objetivos el incluir el uso de un Sistema de Gestión del Aprendizaje basado en Web (LMS) que sea capaz de satisfacer las demandas que surgen en una sesión de experimentación tradicional. El entorno que se describe en este trabajo es una abstracción de un laboratorio presencial convencional donde los estudiantes pueden interactuar y colaborar con otros compañeros de clase y con sus profesores tutores usando Internet como plataforma de comunicación.

Por otra parte, este trabajo ofrece otra interesante innovación en relación a otros desarrollos existentes en la literatura. En particular, el segundo objetivo es la creación de una red de laboratorios de control automático a través de Internet en el marco de trabajo del proyecto AutomatL@bs. En este contexto, varias universidades españolas se han beneficiado de esta iniciativa al compartir sus recursos de experimentación e incrementar el número y tipos de laboratorios disponibles para sus alumnos.

## **2. DISEÑO DEL TRABAJO REALIZADO**

El trabajo se organiza de la siguiente manera: La subsección 2.1 ofrece algunos antecedentes respecto al diseño y desarrollo de laboratorios de control basados en Web. Dos subsecciones están destinadas a mostrar algunos ejemplos de laboratorios remotos utilizados en la enseñanza de conceptos de control clásico y robótica. Las subsecciones 2.2 y 2.3 describen la arquitectura funcional del sistema LMS utilizado para apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y el sistema de reserva de recursos físicos, respectivamente. Ya la subsección 2.4 presenta el proyecto AutomatL@bs y muestra una vista unificada del entorno de experimentación global. Con el fin de conocer la percepción de los estudiantes respecto a la red de laboratorios, la sección 3 describe los resultados del proceso de evaluación llevado a cabo en el marco del proyecto AutomatL@bs. Para finalizar, se entregan algunas conclusiones del trabajo y posibles líneas futuras de investigación que extiendan sus posibilidades.

### **2.1. Desarrollo de laboratorios virtuales y remotos de control**

La Figura 1 muestra la estructura genérica de un laboratorio virtual y remoto de control donde un cliente remoto manipula un proceso real localizado en el



laboratorio de la universidad a través de un servidor que trabaja como capa intermedia de comunicación. Adicionalmente, se debería incluir la posibilidad de retroalimentar visualmente al usuario mediante una cámara Web que señale al equipamiento real localizado en el laboratorio.

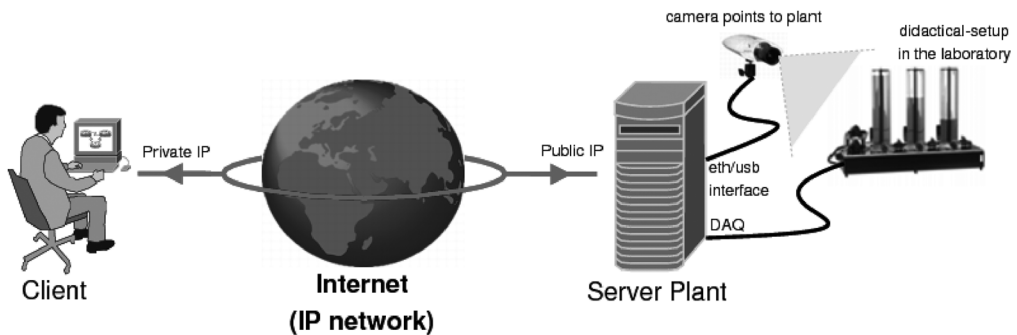


Figura 1. Esquema de control remoto de un dispositivo físico.

En general, se utilizan enlaces TCP/UDP para el intercambio de datos y comandos entre ambos extremos basándose en un patrón de diseño conocido como *arquitectura basada en comandos* [11]. Por el lado del servidor, se ejecutan comúnmente tres tareas concurrentes: **Analizador de Comandos**, **Transmisor** y la **Adquisición y Control de Lazo Cerrado**. El analizador recibe comandos desde el cliente, los interpreta, y ejecuta la acción solicitada. Cuando no se recibe ningún comando desde el cliente, el analizador de comandos duerme liberando capacidad del procesador para otras tareas. En paralelo, el transmisor envía al cliente las medidas adquiridas por el lazo de control cuando lo solicita un comando y finalmente, la tarea adquisición y control de lazo cerrado realiza, como su nombre lo indica, la adquisición de datos y el control de lazo cerrado del proceso. Por otra parte, la aplicación del cliente también debe implementar esta capa de transmisión para intercambiar datos con el servidor mediante la creación de dos tareas: **Transmisor** y **Receptor**. Una tercera tarea lleva a cabo el despliegue de la información a los usuarios finales. La interfaz gráfica de usuario puede ser típicamente una aplicación pura de HTML/Javascript o puede requerir de algún plugin dedicado tales como Flash, Java, Active X, etc., ejecutándose en un navegador Web [12], [13].