

HERRAMIENTAS WEB DE AYUDA PARA LA GESTIÓN AUTOMÁTICA DE LABORATORIOS MASIVOS

Javier Macías Guarasa, Juan Manuel Montero, José David Romeral, Javier Ferreiros y Ricardo de Córdoba

Departamento de Ingeniería Electrónica. ETSI Telecomunicación. UPM

macias@die.upm.es

1. RESUMEN

En este artículo describimos una experiencia sobre la aplicación de herramientas web que sirven de soporte a la gestión administrativa y docente de laboratorios en los que dichas tareas implican una fuerte carga de trabajo para su organización y planificación, dado el alto número de alumnos que los cursan. Debido al entorno académico en el que nos encontramos, son los profesores de dichos laboratorios los encargados de hacer frente a esos trabajos, reduciendo por tanto la implicación máxima que deberían tener en actividades puramente docentes.

Así, las herramientas desarrolladas han permitido liberar al personal docente de tareas administrativas, incrementando por tanto su dedicación a aspectos exclusivamente formativos, y han ayudado también a solucionar importantes deficiencias de la estructura original en la relación con los alumnos, ofreciéndoles así mismo servicios de sumo interés para los mismos.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Entorno académico

La experiencia que describimos en este artículo se está desarrollando en el [Departamento de Ingeniería Electrónica](#) de la [Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación](#) (ETSIT) de la [Universidad Politécnica de Madrid](#) (UPM), que imparte la titulación de Ingeniería de Telecomunicación.

El Departamento de Ingeniería Electrónica cuenta en la actualidad con una plantilla de 28 profesores, 5 técnicos y 3 administrativos, además de unos 50 colaboradores y becarios en programas oficiales y asociados a proyectos.

Los profesores imparten docencia tanto de grado como de doctorado y la inmensa mayoría de las materias poseen un marcado carácter electrónico y van desde circuitos y sistemas electrónicos tanto analógicos como digitales (lógica cableada y programada) hasta especificación y diseño de sistemas electrónicos incluyendo diseño microelectrónico. En todos los casos, se imparten tanto asignaturas teóricas, como de laboratorio, y es en este último caso donde centramos las herramientas que describimos.

En el entorno académico descrito, se imparten dos laboratorios obligatorios de primer ciclo, en el tercer curso de la titulación [1]: Laboratorio de Circuitos Electrónicos (electrónica digital y analógica, LCEL a partir de ahora) [2] y Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales (microprocesadores y sistemas digitales, LSED a partir de ahora) [3].

Dichos laboratorios se enfrentan a duras condiciones en lo que respecta al número de alumnos (entre 350 y 400 por año) y, debido a ello, la sobrecarga administrativa que genera es sumamente elevada: gestión de inscripciones, selección y asignación de turnos, generación de listas, difusión de información, planificación de exámenes, gestión y publicación de calificaciones, descarga de documentación, etc.

El funcionamiento de los procesos de matriculación en nuestra Escuela hacen que, en el momento de empezar las clases (y sobre todo en las del primer cuatrimestre) no se disponga de toda la información administrativa en cuanto al número de alumnos y su asignación a grupos de teoría. Ello hace imposible una gestión eficiente de la asignación de los mismos a los limitados recursos físicos del laboratorio, que cuenta con un máximo de 40 puestos convenientemente equipados. Al margen de esto, el resto de tareas mencionadas también son costosas en tiempo, dado el alto volumen de alumnos implicados.

En la literatura sobre innovación educativa es posible encontrar múltiples iniciativas orientadas al desarrollo de sistemas soportados por tecnologías web para dar soporte a la docencia en carreras técnicas [4][5][6], pero se hace poco énfasis en herramientas de soporte a la parte administrativa, de gestión y organización, con lo que un grupo de profesores de nuestro Departamento optó por el diseño, implementación e implantación de las mismas.

En esta ponencia describiremos en detalle la experiencia llevada a cabo sobre la puesta en marcha, implantación y mantenimiento de una herramienta web para la gestión automática de laboratorios masivos, con un alto grado de configurabilidad. Dicha herramienta ha venido utilizándose a lo largo de los últimos dos cursos 2001/2002 y 2002/2003, tanto en el LCEL [2][3] como en el LSED [3][7].

2.2. Características de los laboratorios

Los laboratorios mejorados con las herramientas descritas en esta ponencia tienen las siguientes características generales¹:

- Son laboratorios obligatorios de primer ciclo, masivos por tanto, con un número de matriculados que oscila entre los 350 y los 400.
- Los alumnos se organizan en grupos de trabajo de dos personas, agrupados voluntariamente o asignados automáticamente si no han conseguido encontrar pareja.
- Las prácticas son de diseño libre a partir de una descripción exhaustiva de las especificaciones, detalladas en un enunciado diferente cada año.
- Los alumnos tienen una sesión semanal de laboratorio reservada para ellos, durante un número de semanas que depende de la carga docente de la asignatura.

¹ El lector puede encontrar información adicional acerca de la filosofía de trabajo en los laboratorios masivos de nuestro Departamento en otra ponencia de este Congreso, cuyo título es "Enseñanza en Laboratorios de Electrónica: Una filosofía basada en diseños no guiados del mundo real" [17].

- Además de su sesión semanal, los alumnos pueden solicitar sesiones adicionales en aquellos turnos en los que haya puestos libres.
- A principio del curso hay una serie de clases teóricas de introducción a la práctica, en las que los alumnos reciben información sobre el diseño propuesto en el enunciado correspondiente y se describe el entorno de trabajo en el laboratorio.
- Los profesores tienen asignadas horas de tutoría que se realizan en el mismo laboratorio.
- De cara a orientar a los alumnos en el desarrollo de sus prácticas, los profesores cuentan además con la ayuda de alumnos que ejercen la función de “*instructores de laboratorio*”, y que reciben una formación especial previa al periodo de prácticas. Su labor está regulada y reconocida en la actualidad a través de una asignatura de Libre Elección por la que reciben 4 créditos adicionales.
- Cada alumno es evaluado a partir de tres elementos:
 - La realización de una memoria sobre el montaje realizado.
 - El proceso de diseño, montaje y medida del diseño propuesto.
 - Sus conocimientos sobre el diseño, a través de un examen oral cuya duración oscila entre los 20 y los 30 minutos.
- Los exámenes orales (y, por tanto, las memorias) se asignan a cada profesor de acuerdo con la carga docente que le asigna la planificación del Departamento y, dentro de ella, con su disponibilidad horaria.
- Las calificaciones se publican en las fechas previstas y hay un proceso de revisión como en cualquier otra asignatura.

2.3. Problemas fundamentales en la situación original

Los problemas fundamentales referidos a la gestión de los laboratorios indicados más arriba se refieren a la gestión de inscripciones y asignación de puestos, generación de listas, difusión de información, planificación de exámenes, y gestión y publicación de calificaciones, que describiremos en detalle a continuación.

2.3.1 Inscripción de alumnos y asignación de turnos y puestos

Al principio de cada cuatrimestre, hay que asignar turnos y puestos de laboratorio a cada uno de los alumnos matriculados, agrupados en parejas. En dicha asignación hay que tener en cuenta las limitaciones de los alumnos, que tienen que compaginar varios laboratorios, asignaturas y actividades extra curriculares, con lo que deberían poder elegir el turno que mejor les conviniera.

Dado que inicialmente no se dispone de la información completa acerca de la asignación de alumnos a grupos y a que los servicios de la Secretaría de la ETSIT-UPM no cuentan por el momento con aplicaciones específicas para realizar los procesos particulares que demandaría cada asignatura con problemática parecida, es responsabilidad del Departamento la realización de esas asignaciones.

En los primeros años de la implantación del plan 94 en la ETSIT de la UPM, los laboratorios masivos utilizaban un mecanismo de inscripción manual,

rellenando un impreso que entregaban en la Secretaría del Departamento. A continuación, y dado que el personal administrativo no podía encargarse de dicho proceso, eran los profesores los encargados de introducir los datos personales de los alumnos en algún soporte informático (típicamente hojas de cálculo) y de generar manualmente los cuadrantes de asignación de turnos para su posterior publicación.

Además de la asignación de un turno fijo semanal, como ya se ha comentado, los alumnos pueden solicitar puestos adicionales de entre los que quedan libres en cada turno. En la situación original, los puestos adicionales se solicitaban al comienzo de cada turno, apuntándose manualmente en una lista oficial. En ocasiones, y especialmente en la etapa final de cada cuatrimestre, se producían largas colas de espera en la puerta de los laboratorios (con varias horas de antelación), con las consiguientes situaciones de tensión entre los alumnos y los problemas derivados de las mismas.

2.3.2 Generación de listas

A lo largo del curso es necesario generar listas de distinto tipo sobre calificaciones parciales, resultados de entregas intermedias, etc., incluyendo las publicaciones finales de calificaciones.

En la situación original, los procesos de generación de listas estaban sólo parcialmente automatizados, a partir de la recopilación de datos hecha inicialmente en algún soporte informático.

2.3.3 Planificación de exámenes

El reparto de exámenes se hace de forma proporcional a la carga docente de los profesores y tiene que tener en cuenta las restricciones horarias de los mismos y sus compromisos de calendario (reuniones, congresos, etc.). Además, los exámenes de cada pareja de alumnos se deben realizar en el mismo turno semanal que se les asignó, para evitar problemas de incompatibilidad con otras actividades simultáneas y, preferentemente, deben ser realizados por el profesor asignado a su turno.

En la situación original la planificación se hacía manualmente, iterando sobre un cuadrante de exámenes previstos, de nuevo una tarea tediosa y sujeta a frecuentes errores.

2.3.4 Gestión y publicación de calificaciones

En cada examen, el profesor rellena un formulario de evaluación y es necesario introducir la nota en el soporte informático definitivo, para su publicación. De cara a tener la información centralizada, típicamente este proceso era tarea del coordinador de la asignatura en la situación original, contribuyendo de nuevo a una considerable pérdida de eficiencia en su labor.

2.3.5 Difusión de información

Al contrario que en una asignatura teórica en la que la comunicación de información a cada grupo de alumnos puede hacerse en la misma clase teórica, los avisos en una estructura tan heterogénea como la agrupación en 10 turnos de laboratorio semanal es sumamente difícil. Esta situación se agrava especialmente cuando entre los alumnos circulan *falsos rumores*, que suponen

un peligro importante de *deformación* para los alumnos y que son difícilmente controlables.

En la situación original, los avisos se difundían a través de carteles en el laboratorio, carteles que no siempre eran leídos por todos los alumnos.

3. OBJETIVOS

Con lo visto hasta el momento, está claro que la situación original de los laboratorios en cuanto a su gestión, necesitaba ser profundamente mejorada. El objetivo fundamental de las herramientas implantadas es reducir al mínimo la carga burocrática de trabajo por parte del coordinador y los profesores implicados, liberándoles casi por completo de dichas tareas de modo que pueden dedicar todo su esfuerzo a las tareas puramente docentes, al margen de incidir en la solución de problemas adicionales como la comunicación o las situaciones de largas colas de espera en la puerta de las instalaciones de los laboratorios, y, por supuesto, introducir servicios de interés para el colectivo de alumnos.

Como objetivo adicional se pretendía realizar un entorno accesible desde cualquier lugar con la ayuda de un navegador web, con todos los requisitos operativos de seguridad necesarios para evitar accesos no permitidos, por supuesto.

4. HERRAMIENTAS

El núcleo fundamental de las herramientas desarrolladas lo constituyen aquellas que permiten la gestión administrativa completa (de principio a final de curso) de los laboratorios implicados (soportando un número cualquiera de ellos simultáneamente). En la Ilustración 1 se muestra el aspecto de la página principal de la aplicación de gestión.

Gestión del Laboratorio de Circuitos Electrónicos. Introducción de datos

Instrucciones

Introduzca los datos correspondientes en el apartado en el que desee efectuar el mantenimiento.

Use los siguientes enlaces rápidos:

[Altas](#) | [Bajas](#) | [Consultas y modificaciones](#) | [Gestión de exámenes](#) | [Estadísticas de carga docente](#) | [puestos libres por turno](#) | [Borrado tabla reservas](#) | [Generación listado reservas](#) | [ranking reservas](#) | [alumnos sin pareja](#) | [Listados alumnos](#)

Altas

Las altas se pueden realizar desde [la página de acceso del programa de inscripción de alumnos](#)

Bajas

DNI:

Nombre: (*)

Apellidos: (*)

Ilustración 1. Página principal de la página de gestión

4.1. Gestión de inscripciones y asignación de turnos y puestos

Con esta herramienta (accesible en la actualidad desde la Intranet de alumnos de la ETSIT-UPM), los alumnos pueden introducir sus datos personales, incluyendo su dirección de correo electrónico, además de seleccionar el turno que, de entre los disponibles, el sistema le ofrece como posibilidades (consultando automáticamente la base de datos).

Igualmente, el sistema es capaz de asignar parejas automáticamente de entre los alumnos que se hayan inscrito sin ella y hayan seleccionado el mismo turno.

4.2. Gestión y generación de listas

A partir de la información completa de la base de datos es posible seleccionar listados según todo tipo de criterios de ordenación y filtrado, y con información selectiva en la generación.

4.3. Planificación de exámenes

A partir de la información sobre la carga docente de cada profesor, las restricciones horarias y de calendario de los mismos (especificadas de forma flexible), y el número de parejas de alumnos, el sistema hace una asignación automática de los exámenes que se realizarán. En el proceso se tienen en cuenta parámetros generales como por ejemplo el número máximo de exámenes por profesor y turno de laboratorio, las fechas y horas en las que se realizarán, la duración estimada de los exámenes, etc.

A partir de este proceso se generan bases de datos específicas que pueden ser accedidas tanto por los alumnos para consultar las fechas, como por los profesores para saber la planificación que se les ha asignado y, en un proceso posterior, introducir las calificaciones.

4.4. Gestión de calificaciones: introducción y estadísticas por profesor

El sistema ofrece un servicio personalizado para que cada profesor pueda introducir las calificaciones de los exámenes que ha realizado y consultar igualmente los resultados globales de los alumnos (estadísticas de calificaciones).

4.5. Herramientas de ayuda a la comunicación

Para facilitar la comunicación con los colectivos implicados en los laboratorios, se ha hecho uso de las posibilidades de *mailman* [8], un sistema de gestión de listas de correo sumamente versátil.

Se han creado listas de correo para los profesores, para los alumnos y para los instructores, siendo usadas de forma intensiva para la difusión de información y avisos de interés general, así como para la coordinación de la actividad docente. Igualmente han resultado muy útiles para la resolución de dudas de los alumnos respecto a la práctica, funcionando como *tutoría electrónica*, y siendo una herramienta fundamental para el control de los *falsos rumores*.

4.6. Herramientas de ayuda a la docencia

En la línea de proporcionar información específica de ayuda a la docencia, y a partir de un conjunto de preguntas y respuestas típicas, se ha utilizado la herramienta *faq-o-matig* para ofrecer una interfaz web automatizado de

consulta y actualización que ha sido consultado más de 75000 veces desde su implantación en el curso 2000-2001 [8] y que ha ayudado a reducir considerablemente el número de preguntas repetitivas por parte de los alumnos.

4.7. Servicios a alumnos

Aprovechando la información disponible en la base de datos, el sistema ofrece una serie de servicios a los alumnos. En concreto:

- Información sobre su código en el laboratorio, a partir de su DNI.
- Información sobre las calificaciones obtenidas, a partir de su DNI, tanto por Web como por teléfono.
- Solicitud de reserva de puestos libres adicionales, que es la aplicación más importante ya que ha permitido evitar todos los problemas comentados anteriormente en el proceso de petición y en este momento asegura la igualdad de acceso, estableciendo un periodo de solicitud que coincide con la apertura de la ciberteca de la Escuela, con lo que incluso alumnos que no disponen de ordenador en casa no se encuentran en desventaja con el resto. En su versión actual, el sistema permite hacer reservas de un día para el siguiente, para los turnos de mañana y tarde. Para ello, el alumno introduce su número de DNI y su código de pareja, y el sistema les informa de que se ha efectuado la reserva y les envía un mensaje de correo electrónico de confirmación. Al comenzar cada turno, el personal técnico del Departamento a cargo de los laboratorios se encarga de imprimir la lista de reservas y dar acceso a los alumnos incluidos en ella, de acuerdo con la disponibilidad de puestos libres.
- Información sobre los puestos libres disponibles en cada turno, para que puedan planificar sus solicitudes.
- Distribución de la documentación relativa a las asignaturas.
- Entrega electrónica de memorias o trabajos intermedios, sin los inconvenientes del manejo excesivo de información en papel.

Adicionalmente se utilizan herramientas existentes de soporte a los procesos de docencia.

4.8. Aspectos adicionales de control de acceso y niveles de usuario

Las aplicaciones desarrolladas utilizan como soporte de seguridad el protocolo seguro SSL sobre HTTP, para garantizar la confidencialidad de los datos intercambiados con el servidor.

De cara a la seguridad externa, el Departamento cuenta con los correspondientes cortafuegos de acceso que habilitan el acceso a los puertos de servicio del servidor web exclusivamente.

Además del acceso de alumnos a ciertos servicios basados en el uso de su número de DNI e información complementaria, el sistema contempla dos perfiles de usuarios:

- Profesores, que tienen acceso a los servicios convencionales.

- Administradores del sistema, que tienen acceso los servicios para profesores y a los específicos de administración.

En la versión actual del sistema, la distinción entre ambos perfiles se hace a partir de la IP del cliente que accede.

5. TECNOLOGÍAS DE SOPORTE Y REQUISITOS DEL SISTEMA

Para minimizar los costes de desarrollo, implantación y mantenimiento, se optó por usar herramientas de *software libre*, por sus garantías en cuanto a fiabilidad y versatilidad, habiendo demostrado ser perfectamente capaces de cumplir de sobra todas nuestras expectativas.

En la versión actual, el sistema está soportado por las siguientes tecnologías:

- Generación dinámica de contenidos con PHP [10].
- Base de datos MySQL [11].
- Protocolos HTTP y HTTPS, usando un servidor apache [12].
- Software de soporte escrito en C, bash, yacc y lex.

Dada la relativamente baja carga computacional que implica, no es necesario su implantación sobre una plataforma hardware de última generación.

Los requisitos del sistema necesarios para implantar las herramientas desarrolladas son las siguientes:

- Ordenador PC compatible Pentium III (con requisitos adicionales para poder ejecutar e instalar los paquetes que se describen a continuación).
- Sistema operativo Linux con kernel 2.4.18 o superior [13]
- Servidor apache versión 1.3.26 o superior, con soporte SSL y módulos PHP y MySQL.
- Intérprete PHP3 versión 3.0.18 o superior.
- MySQL versión 3.23.49 o superior, aplicaciones cliente y servidor.

6. PUESTA EN MARCHA

La puesta en marcha de un nuevo laboratorio se ha automatizado casi por completo.

En la actualidad basta ejecutar un programa externo al que se le suministran los datos mínimos (nombre del laboratorio, profesores implicados y carga docente, turnos disponibles, etc), y automáticamente se generan todas las bases de datos necesarias.

En cualquier caso, y dada la facilidad de uso de PHP y la base de datos MySQL, y gracias al desarrollo de documentación sobre cómo gestionar un laboratorio con estas herramientas [14], prácticamente cualquiera con un mínimo de formación podría enfrentarse a dicha tarea.

7. ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO

La implementación e implantación de las distintas herramientas se ha realizado progresivamente a lo largo de los últimos años. A partir del núcleo básico de inscripción se han ido añadiendo herramientas de soporte.

El hecho de utilizar tecnologías web, basadas fundamentalmente en un cómodo lenguaje de generación dinámica de páginas y en el uso intensivo de bases de datos relacionales, ha facilitado el proceso de mejora incremental. Los mismos factores han sido decisivos para poder implicar con suma facilidad a más profesores que son plenamente capaces de realizar las tareas de administración y gestión necesarias.

8. EVALUACIÓN

Desde su implantación, el sistema ha demostrado ser perfectamente operativo y no se han producido problemas ni errores destacables, salvo los derivados de los fallos en las redes de acceso: al tratarse de una aplicación basada en web, la caída de un nodo en algún punto de la red entre el cliente y nuestro servidor hace imposible el uso de los servicios ofrecidos.

La aceptación del sistema por parte de los profesores y, especialmente de los coordinadores, ha sido absolutamente entusiasta, dada la tremenda reducción en tiempo invertido en tareas administrativas y las capacidades de ayuda a la planificación y comunicación que ofrece.

Del mismo modo, los alumnos han valorado de forma extremadamente positiva la introducción de estos mecanismos, por la facilidad añadida tanto en los procesos de inscripción como de consulta de datos relevantes y la reserva de puestos adicionales. Por supuesto, estas medidas se han acompañado igualmente de la generación del correspondiente material docente de soporte a las asignaturas [15][16].

En [17] se ofrecen detalles acerca de la buena acogida de estos laboratorios, motivada en parte por la buena imagen que ofrecen los servicios electrónicos y de comunicación con los alumnos y gracias a la facilidad añadida que proporcionan a los profesores y coordinadores las herramientas desarrolladas.

9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

En esta ponencia hemos descrito nuestra experiencia sobre el desarrollo y la implantación de herramientas web de soporte a la gestión administrativa y docente de laboratorios masivos.

La implantación de dichas herramientas (a disposición de los interesados) y servicios adicionales de comunicación y soporte han liberado a los profesores y coordinadores de tareas tediosas y costosas en tiempo, permitiéndoles centrar su atención en la actividad docente, y han ayudado a solucionar importantes problemas en la gestión diaria de los laboratorios.

La experiencia acumulada ha mostrado tanto la utilidad del sistema, como la buena aceptación del mismo por parte de los colectivos implicados, sobre todo en lo que se refiere a los servicios proporcionados a los alumnos.

De cara al futuro, estamos trabajando en nuevos módulos de acceso por contraseña, servicios de modificación de datos para los usuarios, control del uso real de los turnos adicionales (que, por ahora, no se controla de forma electrónica, y que es fundamental para evaluar la carga efectiva de trabajo que implica el laboratorio), así como herramientas que automaticen completamente el proceso de creación de laboratorios y gestión de históricos, etc.

10. REFERENCIAS

- [1] Programa de las Asignaturas de Tercer Curso [en línea]. ETSI Telecomunicación UPM. Plan 94. Mayo 1994. <http://www.etsit.upm.es/docencia/grado/plan1994/asignaturas/indice_asig_3.html>. [Consulta: 1 abril 2003]
- [2] Portal web del Laboratorio de Circuitos Electrónicos 2002-2003 [en línea]. Septiembre 2002. <<http://lorien.die.upm.es/lcel/>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [3] Portal web del Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales 2002-2003 [en línea]. Septiembre 2002. <<http://lorien.die.upm.es/lсед/>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [4] Jiménez-Leube, F.J., Almendra, A., González, C. y Sanz-Maudes, J. *Networked implementation of an electrical measurement laboratory for first course engineering studies* en IEEE Transactions on Education, Vol. 44(4), pp, 377-388, November 2001.
- [5] Patel, A. Y Kinshuk *Intelligent tutoring tools in a computer-integrated learning environment for introductory numeric disciplines* en Innovations in Education and Training International 34(3) pp. 200-207 Agosto 1997.
- [6] Kurnia, A., Lim, A. Y Cheang, B. *Online judge* en Computers and education 36, pp. 299-315 2001. Página web del Laboratorio de Circuitos Electrónicos 2001-2002 [en línea]. Septiembre 2001. <<http://lorien.die.upm.es/~macias/lcel0102.html>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [7] Página web del Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales 2001-2002 [en línea]. Septiembre 2001. <<http://lorien.die.upm.es/~macias/lсед0102.html>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [8] Mailman, the GNU Mailing List Manager [en línea]. Abril 2003. <<http://www.list.org>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [9] FAQ de los Laboratorios de Circuitos Electrónicos y Sistemas Electrónicos Digitales [en línea]. <<http://www.gth.die.upm.es/cgi-bin/fom>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [10] Página principal de PHP: Hypertext Preprocessor [en línea]. Mayo 2003. <<http://www.php.net>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [11] Página principal de MySQL [en línea]. Abril 2003. <<http://www.mysql.com>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [12] Página principal de Apache [en línea]. Abril 2003. <<http://www.apache.org>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [13] Linux Online [en línea]. Abril 2003. <<http://www.linux.org>> [Consulta: 1 abril 2003]
- [14] Macías Guarasa, J.. *Cómo llevar la gestión electrónica de un nuevo laboratorio. Informe interno GTH-DIE 2002.*
- [15] Aspectos prácticos de Diseño y Medida en Laboratorios de Electrónica. ISBN 84-7402-294-0. Servicio de Publicaciones de la ETSIT-UPM. 2001.
- [16] Notas complementarias del Laboratorio de Circuitos Electrónicos Aspectos prácticos de Diseño y Medida en Laboratorios de Electrónica. Servicio de Publicaciones de la ETSIT-UPM. 1999.
- [17] Montero, J.M., Ferreiros, J., Macías Guarasa, J., Romeral, J.D. y Córdoba, R. *Enseñanza en Laboratorios de Electrónica: Una filosofía basada en diseños no guiados del mundo real.* En este mismo congreso.