

# SISTEMAS ELECTRÓNICOS DIGITALES. ADAPTACIÓN AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACION SUPERIOR

I. MIRÓ, J.R. RUFINO, J. MANTAS

*Departamento de Ingeniería Electrónica, E.P.S. de Alcoy, U.P. de Valencia.*

*Se presenta la adaptación al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) de tres asignaturas impartidas por el Departamento de Ingeniería Electrónica en la titulación de Ingeniero Técnico en Telecomunicaciones, especialidad de Telemática que se imparte en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA). Las asignaturas corresponden al segundo cuatrimestre de segundo y tercer curso.*

## 1. Introducción

En el curso 2004-2005 el Vicerrectorado para el Espacio Europeo de Educación Superior de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) puso en marcha un programa de adecuación al EEES denominado “Proyectos de Adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior” (PAEEES). En paralelo, se incluía un “Plan de Formación del Profesorado para la Convergencia Europea” coordinado por el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la UPV. Los proyectos PAEEES tenían dos modalidades, los PAEEES-Centro dirigidos a programas que implicasen a todas las asignaturas de un curso y los PAEEES-Asignaturas dirigidos a asignaturas cuyo profesorado estuviese interesado en participar en estas experiencias innovadoras y que no participasen en PAEEES-Centro.

En este contexto, se desarrolló un trabajo de adaptación al sistema de créditos europeo y de innovación en los métodos de aprendizaje-enseñanza que afectó a tres asignaturas que imparte el Departamento de Ingeniería Electrónica en la E.P.S. de Alcoy. Las asignaturas implicadas en la experiencia son todas de la titulación de Ingeniero Técnico de Telecomunicación, especialidad en Telemática y se imparten en el segundo cuatrimestre. Dos de ellas; Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales (LSED) obligatoria de universidad con 4,5 créditos de laboratorio, y Sistemas Electrónicos Digitales (SED) troncal de 6 créditos (3 de teoría y 3 de prácticas), son asignaturas de segundo curso, la tercera; Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) es una optativa de tercer curso. La correlación entre las asignaturas es muy alta.

Tradicionalmente, SED ha utilizado la familia del microcontrolador de Microchip PIC16FXX como pilar del estudio de los sistemas digitales. Las prácticas de SED se han centrado en el aprendizaje de los elementos software necesarios para el manejo de los microcontroladores. Paralelamente, LSED se encargaba del aprendizaje de los métodos y aspectos de la fabricación de circuitos impresos. El objetivo conjunto de ambas asignaturas ha consistido en conseguir que los alumnos fuesen capaces de desarrollar sus propias placas de circuito impreso que incluyesen un microcontrolador PIC, diferentes conexiones de entrada/salida y una funcionalidad generalmente elegida por los propios alumnos.

SAD es una asignatura que complementa muy bien a las dos asignaturas anteriores proporcionando información sobre los sistemas de adquisición de datos, acondicionamiento de la señal y tratamiento/almacenamiento de la información. A pesar de que SAD es una asignatura optativa, desde hace años se viene observando que la mayoría de los alumnos matriculados en SED y LSED también lo hacen en SAD debido fundamentalmente al hecho de que las tres se imparten en el mismo cuatrimestre y a que de esa forma obtienen una visión de conjunto sobre el diseño y fabricación de placas de circuito impreso con microcontrolador.

## 2. Antecedentes

Los profesores implicados en este proyecto participan activamente en los programas de formación del profesorado que anualmente organiza el ICE de la UPV desde hace años, y en el curso 2002-2003 ya iniciaron una experiencia docente de colaboración entre las tres asignaturas que incluía la formación de grupos de trabajo comunes, presentación conjunta de trabajos y coordinación de la secuenciación docente. La asistencia a numerosos cursos impartidos por el ICE generó expectativas de mejora que si bien se fueron aplicando de forma puntual y progresiva [1,2] no acabaron de satisfacer los objetivos docentes debido fundamentalmente a la falta de apoyo en las estructuras docentes. No existían proyectos específicos que apoyasen la puesta en marcha de asignaturas con criterios del EEES.

El establecimiento del sistema europeo de créditos ECTS (BOE 18 de septiembre de 2003), el Suplemento Europeo al Título (BOE 11 de septiembre de 2003) y la nueva estructura de los estudios oficiales de grado y postgrado (pendientes de aprobación por el Consejo de Ministros), obligan a la adaptación de los planes de estudios al sistema de créditos europeos (ECTS), junto con cambios profundos e innovadores en los modelos docentes. Este marco es el adecuado para presentar una estrategia de innovación educativa que además de cubrir la adaptación al sistema ECTS proporcione, con la complicidad, implicación y actuación directa del alumno, unas herramientas comunes que faciliten el proceso de enseñanza/aprendizaje.

La puesta en marcha del PAEEES-Asignaturas ofrecía apoyo del ICE y una pequeña financiación para la compra de material que hasta ese momento no existía. El proyecto comenzó el curso 2004-2005 con un plazo de ejecución de dos años. Actualmente (junio 2006) todavía se está evaluando a la promoción de este año, por lo que es prematuro adelantar resultados relativos al presente curso académico. Ese es el motivo por lo que los resultados que se presentan se refieren fundamentalmente al curso 2004-2005. En los casos en los que aporte información relativa al curso 2005-2006 se indicará expresamente.

### **3. Objetivos**

Los objetivos generales que se marcaron al inicio del proyecto fueron:

1. Adaptar progresivamente las asignaturas al sistema de créditos europeos
2. Preparar al alumno para afrontar el reto de la educación según el sistema de créditos europeos
3. Implicar al alumno en su educación.
4. Preparar al profesorado de la titulación para un cambio de paradigma educativo

Objetivos que se concretaban en:

1. Coordinar la docencia de las tres asignaturas
2. Conseguir que el alumno fuese el objeto del aprendizaje. Para ello se le debía implicar en el proceso educativo
3. Fomentar el trabajo en grupo
4. Generar y promover actitudes de cooperación y división del trabajo entre los alumnos
5. Promover el acceso público al conocimiento generado (publicación web de los trabajos)
6. Diseñar herramientas únicas que puedan ser utilizadas por el alumno en las tres asignaturas. El alumno debía participar activamente en este proceso.
7. Construir herramientas únicas que puedan ser utilizadas por el alumno en las tres asignaturas. El alumno debía participar activamente en este proceso.
8. Proporcionar al alumno una placa de entrenamiento única para las tres asignaturas que además pueda utilizar en casa.
9. Preparar al profesorado para un cambio de paradigma educativo
10. Adaptar las asignaturas involucradas al sistema de créditos europeos

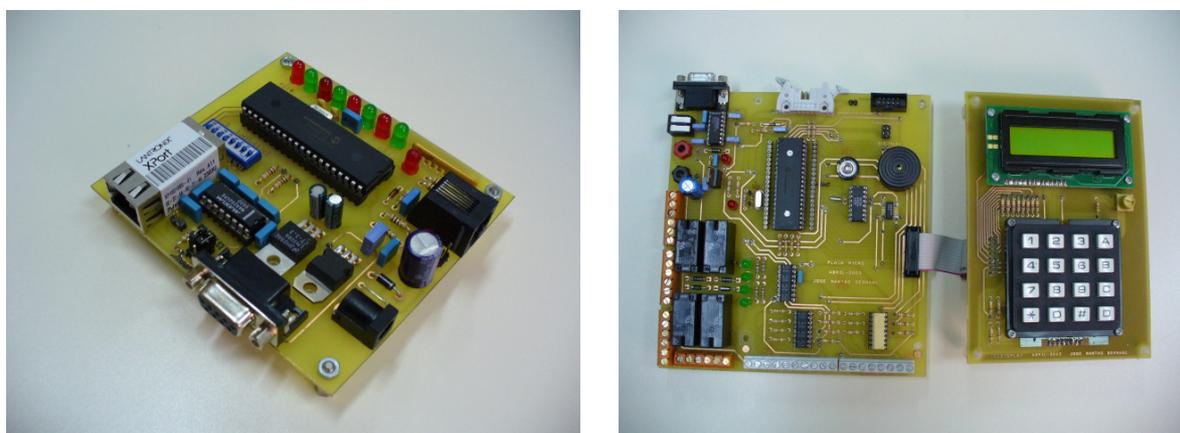
11. Planificar y diseñar acciones que fomentasen un cambio de paradigma educativo (hacia una cultura de calidad en la docencia)
12. Diseñar programas de estudio cuyos objetivos, actividades docentes y sistemas de evaluación estuviesen en consonancia para asegurar los resultados deseados del aprendizaje

Sin duda alguna, los objetivos más importantes y, a priori, más difíciles de obtener eran los relativos a la motivación e implicación del alumno. Desde el primer momento se cuidó este aspecto, intentando hacer partícipe al alumno, informándole en todo momento y facilitando su trabajo con reuniones tutoriales de grupo para aconsejar sobre las pasos a seguir en cada momento.

#### 4. Métodos y puesta en marcha

En primer lugar y aprovechando que las dos principales asignaturas implicadas (SED y LSED) son asignaturas comunes para todos los alumnos de la titulación, se mantuvieron reuniones previas de planificación en las que se procedió a rediseñar los temarios de las asignaturas, horarios y contenidos de las prácticas, trabajos de los alumnos, evaluaciones, fechas de entrega y sobretodo las características de las nuevas placas de entrenamiento en cuyo diseño debía colaborar el alumno.

Este primer trabajo de planificación recomendó que la asignatura SAD retrasase su entrada al proyecto hasta el curso 2005-06 ya que al tratarse de una asignatura optativa era difícil establecer criterios generales para el caso de los alumnos que no estuviesen matriculados en las tres asignaturas. Asimismo, el retraso en la llegada del material, y el hecho de que algunos de los elementos a emplear en la misma fuesen completamente nuevos (como el XPort) determinó que los alumnos trabajasen en diseños de placas de circuito impreso con funcionalidades más generales que las propias de la placa de entrenamiento mucho más compleja, por lo que se diseñaron y montaron dos placas de prueba para el XPort y los sensores que sirvieron para el diseño final.



**Figura 1.** Prototipos de placas de entrenamiento.

Respecto al trabajo a realizar con los alumnos, lo primero que se realizó fue una clase introductoria en la que los profesores explicaron los objetivos de la experiencia docente y los métodos que se iban a emplear. Se explicó qué cambios se producirían respecto a la forma clásica de dar el temario y lo que significaba el cambio docente. Dado el papel de protagonista del alumno se solicitó complicidad, implicación y participación en el proyecto y la respuesta dada fue muy satisfactoria.

Uno de los objetivos consistía en implicar al alumno en el proceso educativo y fomentar el trabajo en grupo, y para ello los alumnos realizaron dos trabajos en grupo; el diseño de una placa de circuito impreso y la exposición pública de un trabajo correspondiente a uno de los temas del temario de la asignatura SED. Para generar y promover actitudes de cooperación y división del trabajo entre los alumnos se optó por generar dos tipos de grupos. Primero se establecieron grupos de un máximo de

tres personas que desarrollarían la placa de circuito impreso y después los grupos se unieron de dos en dos para formar uno mayor que debía desarrollar uno de los temas a exponer. Se hizo de esta forma para que los grupos (de hasta 6 integrantes) tuviesen la necesidad de dividir el trabajo y organizarse. Los profesores dieron su apoyo en forma de tutorías grupales en los que se intentó corregir defectos de estrategia o facilitar alternativas a los pasos que iban dando cada grupo. Estas tutorías se mantuvieron durante todo el cuatrimestre aunque durante las primeras semanas se empleó más tiempo en esta tarea. Se facilitó un programa docente detallado de forma que el alumno pudiese ajustar su esfuerzo a lo solicitado. Para facilitar el diseño de la placa, se adelantaron las clases de teoría, los trabajos de exposición y la explicación de los diferentes subsistemas electrónicos que debían utilizar en las placas de forma que los alumnos tuvieron tiempo de establecer sus prioridades de diseño, comentarlas con los profesores y corregir los errores. Se estableció el 15 de abril como la fecha tope para la entrega de los diseños a fin de poder corregirlos y el 3 de junio para entregar la placa para su evaluación.

Para realizar los trabajos, la asignatura SED (3+3 créditos) redujo la teoría a 1,5 créditos y las prácticas tradicionales a 1 crédito dedicando el resto de tiempo a tutorías (1,5 créditos repartidos semanalmente) y a prácticas de asistencia libre y tutorizada al laboratorio en el que el profesor siempre estaba presente para resolver sobre la marcha problemas de diseño o funcionamiento de las placas (2 créditos). LSED (4,5 créditos) dedicó 1,2 créditos a tutorías grupales y presentación de los trabajos, 1,8 créditos a prácticas tradicionales (presenciales) y 1,5 créditos a prácticas de asistencia libre y tutorizada en el laboratorio. El ajuste a horas semanales tuvo en cuenta el calendario docente de la EPSA, por lo hubo que ajustar las horas a los días disponibles.

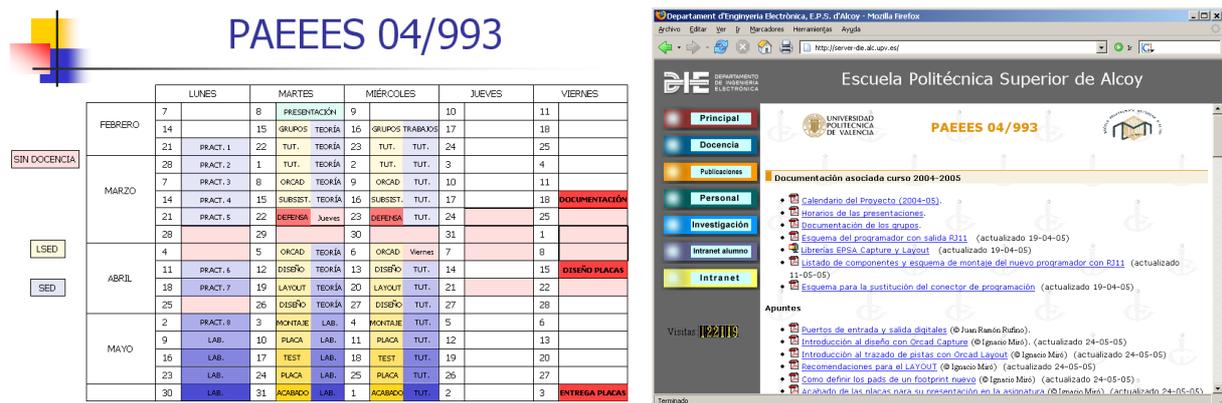


Figura 2. Calendario facilitado al alumno y página web del Proyecto.

Desde el principio se utilizaron medios electrónicos para el flujo de información entre los profesores y los alumnos con el objetivo de eliminar todo tipo de transacción en papel. Los principales medios fueron el correo electrónico, los formatos digitales (fundamentalmente el PDF), un servidor Web público con toda la información de la asignatura accesible (<http://server-die.alc.upv.es>) y un servidor de ficheros (Windows Server) con directorios comunes al proyecto y otros propios de cada grupo a los que se podía acceder desde cualquier ordenador conectado a la red de la UPV (UPVNET) directamente o vía VPN. Los alumnos disponían de un directorio para el grupo y este sistema de ficheros compartido resultó de gran utilidad para facilitar la coordinación entre los alumnos.

A la hora de evaluar tanto la presentación de los trabajos como las placas desarrolladas, se exigió al grupo que emitiese una nota de 0 a 1 que valorase el trabajo individual de cada miembro. Esa nota multiplicada por la del grupo proporcionaría la nota final de cada alumno en ese apartado. Se intentaba así detectar casos de parasitismo a la vez que se implicaba al alumno en la evaluación de su trabajo. Excepto algún caso aislado, casi todos los alumnos recibieron de sus compañeros un 1 (nota máxima). Curiosamente, los alumnos penalizados por sus propios compañeros de grupo no protestaron al profesor. La evaluación de las asignaturas se hizo por separado siendo éste un punto a debatir para

próximos cursos. En SED hubo un examen presencial en el que había que demostrar el funcionamiento de la placa y se valoraron de forma individual los conocimientos de los integrantes del grupo. En LSED el 80% de la nota emitida correspondió a los trabajos realizados (40% exposición, 40% diseño y realización de la placa) mientras que el 20% restante se reservó para un sencillo examen de OrCAD que mantuvo su carácter eliminatorio, aspecto que también se valorará en los próximos cursos.

Se ha realizado una encuesta a final de curso para obtener las impresiones del alumno que se comenta en el siguiente punto.

## 5. Resultados

En el curso 2004-2005, de los 47 alumnos matriculados, 4 no hicieron acto de presencia en las dos asignaturas en ningún momento, ni siquiera el día de la presentación. Es de destacar que de los 43 restantes, el 100% participó en el proyecto de forma activa rompiéndose una tendencia en los últimos años en la que se acumulaba un pequeño número de alumnos repetidores que nunca participaban en los trabajos de la asignatura. La tasa de alumnos presentados a las dos asignaturas ha aumentado de un 80% en el curso 2003-2004 a un 95% en el curso 2004-2005.

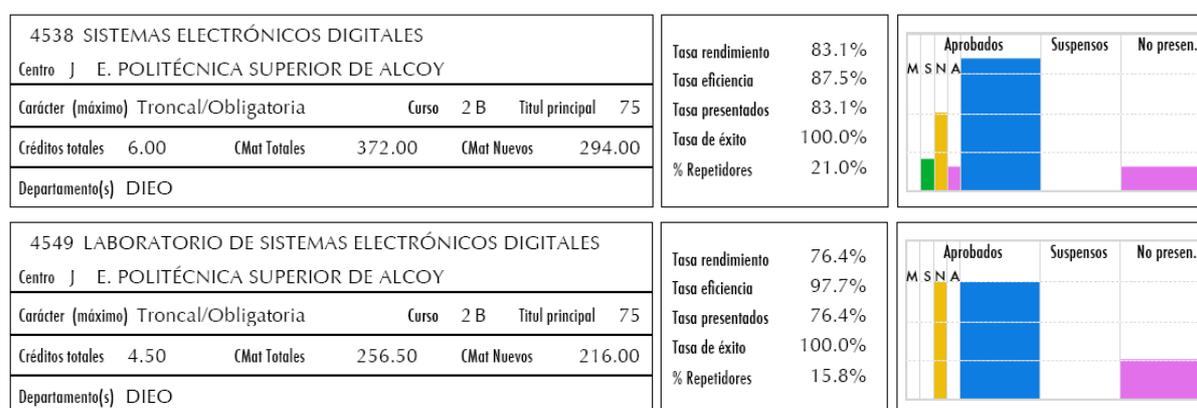


Figura 3. Indicadores asignaturas SED y LSED curso 2003-2004

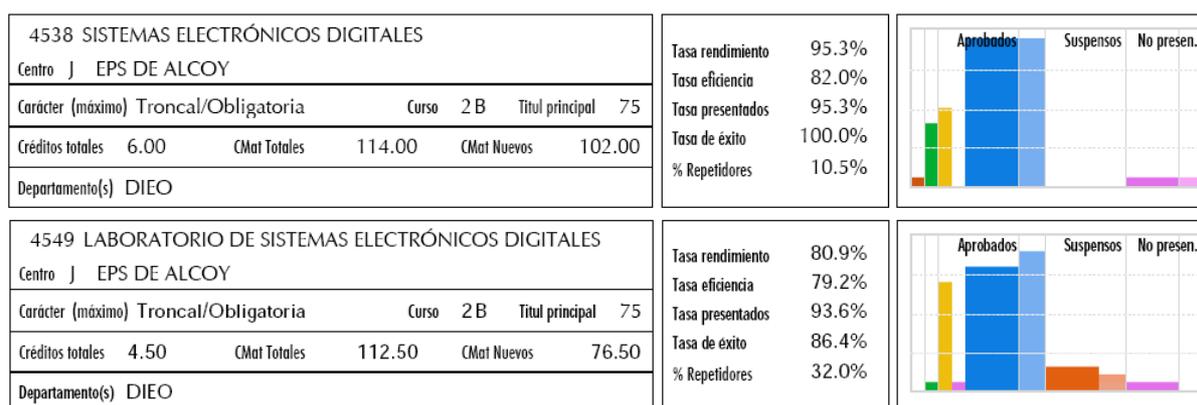


Figura 4. Indicadores asignaturas SED y LSED curso 2004-2005

En el curso 2004-2005 se formaron un total de 15 grupos que desarrollaron 15 placas de CI (12 de 3 miembros y 3 grupos de 2 miembros). Se agruparon en 7 grupos mayores para preparar, desarrollar, redactar y exponer un trabajo a elegir entre los siguientes temas; la memoria 24LC512 con Interfaz I2C, el convertor AD del PIC16F877, y el reloj calendario DS1305.

Los trabajos se colgaron de la web, para que el resto de grupos pudieran analizarlos, y el día de la exposición todos los grupos participaron de la evaluación de sus compañeros mediante la valoración de determinados aspectos de la presentación como la documentación entregada, la claridad de la exposición, los medios utilizados, etc.

Los 15 grupos presentaron en tiempo y forma tanto los trabajos teóricos como las placas de circuito impreso. Junto con las placas presentaron las correspondientes memorias en formato html que han sido depositadas y enlazadas en el servidor web de la asignatura. El grado de funcionamiento ha sido muy elevado, consiguiendo en algunos casos placas muy meritorias teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo.



Figura 5. Páginas web con trabajos de los alumnos.

Respecto a los resultados de la evaluación, el 100% de los alumnos que cursaron SED aprobaron la asignatura mientras que en LSED aprobó el 88% de los que la cursaron (5 de los 43 alumnos que asistieron regularmente suspendieron el examen eliminatorio).

En el curso 2005-2006 el 100% de los alumnos matriculados de nuevo ingreso (17) han participado en el proyecto. Se han formalizado 6 de grupos de trabajo y la totalidad de ellos han presentado los trabajos. En este momento se encuentran en pleno periodo de evaluación, pero se espera un elevado índice de participación en el examen final.

Respecto a la encuesta realizada a los alumnos, el 80% entiende que “la presentación y defensa oral de los trabajos contribuye positivamente a mi formación universitaria” aunque sólo 2 de cada 3 alumnos piensa que “la distribución crediticia en las asignaturas PAEEES es más adecuada que la tradicional para alcanzar los objetivos de la asignatura”.

En referencia al trabajo en grupo, es importante destacar que el 50% de los alumnos encuestados indicaron que “teníamos un “parásito” que vivía del grupo sin trabajar”, aspecto importante que sin embargo no se vio reflejado en la valoración que cada grupo hizo de sus miembros. Respecto al tamaño del grupo, sólo el 20% opinó que era demasiado grande para coordinarse bien. En relación a como se realizó la distribución de tareas, el 35% declara que “por consenso” mientras que otro 35% declara que “tuvieron problemas para distribuir el trabajo”. Otro aspecto que se encuestó fue sobre la figura del “líder” en el grupo; sólo el 40% de los que declararon tener “un líder en el grupo” (el 25% del total) opinó que “la existencia de un líder facilita el trabajo en grupo”. Del restante 75% de alumnos, sólo el 15% echó de menos la existencia de un líder en el grupo. A pesar de los problemas de coordinación, la existencia de líderes problemáticos o de “parásitos” (sólo el 30% respondieron que “no hemos tenido ningún problema en el seno del grupo”), el 76% parece estar contento con desarrollar trabajos en grupo al indicar que “el trabajo en grupo potencia las habilidades adquiridas”.

Por último destacar que el 73% de los alumnos indicó que “preparar un trabajo sobre un tema desconocido nos ha ayudado a desarrollar habilidades que de otra forma no hubiésemos trabajado” a pesar de declarar que la preparación de una asignatura tipo PAEEES supone un 50% más de trabajo que el de una asignatura tradicional.

## 6. Conclusiones

La adaptación de las asignaturas al EEES supone un gran esfuerzo tanto a los profesores como especialmente al alumno pues no está acostumbrado a realizar trabajos fuera del horario de clase especialmente en grupo. De esta experiencia puede resaltarse la alta participación del alumno y el elevado grado de satisfacción que por su parte existe al percibir mejoras en la calidad de la enseñanza. Es muy difícil establecer grupos de trabajo que impliquen a más de una asignatura ya que no todos los alumnos están matriculados en todas las asignaturas, ni siquiera en las obligatorias. Estas experiencias puntuales necesitan implantarse gradualmente y requieren un aprendizaje por parte de alumnos y profesores. Por último, la adaptación de las asignaturas al EEES supone un enorme esfuerzo que, en la práctica, la universidad actual ni estima ni valora.

## Referencias

- [1] I. Miró, J.R. Rufino. *Nueva Metodología de Enseñanza y Evaluación en la Asignatura de Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales*. I Jornadas sobre Enseñanza en las Jornadas de Telecomunicación (JEET 03), Valencia, 16-17 de julio 2003.
- [2] I. Miró, J.R. Rufino, A. Abellán. *Nueva Metodología de Enseñanza y Evaluación en la Asignatura de Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales. Resultados*, VI Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica” (TAEE 04), Valencia, 14-15-16 de julio 2004
- [3] I. Miró, J.R. Rufino, J. Mantas, *Sistemas Electrónicos Digitales. Adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior”*, Jornadas de Presentación del PAEEES, Valencia, Noviembre 2005.