

# Adaptación de una Asignatura de Electrónica Digital a la Semipresencialidad y al Espacio Europeo de Educación Superior

S. Bermejo, J. A. Chávez, M. Domínguez y J. Pons

*Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya.*

*sandra@eel.upc.edu, chavez@eel.upc.edu, mpumar@eel.upc.edu, jpons@eel.upc.edu*

*Este trabajo describe y analiza la evolución del formato semipresencial de la asignatura Sistemas Digitales 1, inicialmente impartida dentro de una titulación de segundo ciclo y actualmente adaptada al EEES e impartida dentro de Master de Ingeniería Electrónica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona de la Universidad Politécnica de Catalunya. Del estudio de distintos indicadores de calidad y rendimiento se concluye que el formato semipresencial es una excelente alternativa al presencial. Este primero aporta flexibilidad y permite la posibilidad, entre otras, de cursar una doble titulación. Los resultados de la evaluación demuestran que esta flexibilidad no va en detrimento de la calidad y la eficiencia del proceso de aprendizaje.*

## 1. Formato semipresencial y Espacio Europeo de Educación Superior en la ETSETB

### 1.1 Semipresencialidad

La titulación de Ingeniería Electrónica que imparte la E. T. S. de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB) de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) desde el curso 1993-94 comenzó a ofrecerse en formato semipresencial en el curso 2000-01. Este formato se implantó gradualmente hasta extenderse a todas las asignaturas del plan en el curso 2002-03. Desde el curso 2007-08 la ETSETB imparte también el Master de Ingeniería Electrónica, titulación adaptada al Espacio Europeo de Educación Superior, en la que también se ofrece el formato semipresencial.

La principal característica del formato semipresencial es que los créditos asociados a teoría y aplicación de las distintas asignaturas se cursan a distancia utilizando *internet* como vía de comunicación y aprovechando los servicios que se han desarrollado para este entorno. La UPC ha agrupado el acceso y la utilización de gran parte de las *intranets* docentes dentro de una plataforma global desarrollada ex-profeso: el *Campus Digital Atenea* [1].

La razón de la creación del formato semipresencial se fundamentó en el perfil de una parte significativa del alumnado que estaba interesado en este formato: ingenieros técnicos o de grado de las áreas TIC que realizaban sus estudios con simultaneidad a su actividad profesional y que tenían dificultades para participar en las actividades docentes en el formato presencial tradicional. En base a esto, el objetivo general del formato semipresencial es ofrecer a los estudiantes que compaginan estudios y actividad profesional la posibilidad de realizar las titulaciones con unos horarios y un ritmo adecuados a su situación, garantizando la misma calidad de la formación que reciben los estudiantes presenciales. También se pretende que sea una modalidad eficiente, con una relación de estudiantes que superan la titulación comparable a los presenciales.

En ambos formatos las prácticas de laboratorio son de especial importancia dado el fuerte carácter tecnológico-práctico de la titulación, por ello estas prácticas se cursan íntegramente en formato presencial. Todo esto se traduce en una distribución relativa donde la presencialidad dentro de las titulaciones se sitúa en torno al 30 - 40%, según cuáles sean las asignaturas no obligatorias cursadas.

## 1.2 Materiales y metodología semipresencial

Dentro de la ETSETB, el cumplimiento de los objetivos descritos anteriormente para el formato semipresencial ha provocado la generación y desarrollo de materiales y métodos docentes adecuados, en particular:

- *Planes de Trabajo.* Es arriesgado que el estudiante disponga de total libertad para organizar el seguimiento no presencial de las asignaturas, puesto que con demasiada frecuencia esto desemboca en abandonos o fracasos. Por ello se marca un plan de trabajo: el curso se divide en unidades temáticas de 3 ó 4 semanas de duración, de forma que en cada una el estudiante dispone de libertad para organizarse pero debe acreditar resultados en un acto de evaluación realizado al final. La Guía de Estudio detalla el trabajo recomendado para cada unidad (conceptos teóricos, ejercicios, problemas, auto evaluación, etc.), junto con una estimación de la duración de cada actividad.
- *Material de Estudio.* Para que el estudiante pueda seguir las asignaturas sin la ayuda directa del profesor es necesario un material de referencia que sustituya las notas que suelen tomarse en las sesiones presenciales en el aula. Este material debe ser auto-contenido, exhaustivo y contener teoría, ejercicios y problemas que hagan viable el pautado de la asignatura descrito en el punto anterior.
- *Plan de Evaluación.* Se diseña para conseguir que los estudiantes consigan los objetivos formativos mínimos a base de estimular un seguimiento continuo y suficiente de la asignatura. Se pretende además que el estudiante reciba información inmediata sobre su progreso y convencerlo de que seguir el Plan de Trabajo es la mejor manera de superar la asignatura.
- *Trabajo en Grupo.* Se trata de estimular el trabajo cooperativo con el objetivo de superar el tradicional aislamiento de los estudiantes que siguen cursos a distancia, que suele traducirse en un alto grado de abandonos. Así, se utilizan con asiduidad dos vías: a) las prácticas de laboratorio, realizadas en grupos reducidos, b) la realización en grupo de trabajos de teoría.
- *Tutorías.* Pretenden complementar todo el material que tiene el alumno y completar aquellos aspectos que individualmente no hayan podido conseguirse. Estas tutorías se pueden hacer a distancia mediante Atenea o bien presencialmente en el despacho del profesor.

El Campus Digital Atenea desarrollado por la UPC (Fig. 1), está basado en el programario libre *Moodle*, que permite incorporar paulatinamente los nuevos recursos digitales en los procesos colaborativos tradicionales. Así, el primer objetivo de Atenea es facilitar el intercambio de información digital entre los diferentes actores del proceso de aprendizaje de una forma personalizada y sistemática. Incluye herramientas muy diversas: espacios abiertos de colaboración (foros), herramientas de tipo personal para organizar los materiales propios y actividades (agendas) y herramientas para diferentes grupos, asignaturas o escuelas. También incorpora herramientas específicas del propio proceso docente, como las referentes a la evaluación y el expediente académico.



Figura 1. Página de la asignatura SD1 en el Campus Digital Atenea.

Adicionalmente, algunas asignaturas han desarrollado intranets específicas para lograr una mejor adecuación a las características de sus materias. No obstante, uno de los objetivos del proceso de mejora continua de los servicios de la plataforma Atenea es la cobertura cada vez mayor de las necesidades de las diferentes asignaturas, de forma que en un futuro cercano sea el único entorno de trabajo.

### 1.3 Espacio Europeo de Educación Superior

Como es bien sabido, las líneas de acción a desarrollar para la adaptación de los planes de estudio al EEES fueron vertebradas a partir de la declaración de Bolonia de 1999. Se resumen a continuación:

- Reconocimiento de las calificaciones, que permitan a los titulados acceder, en el Estado miembro de acogida, a la profesión para la que está cualificado y ejercerla en las mismas condiciones que los nacionales de ese Estado miembro.
- Estructura de titulaciones, que adopte un sistema fácilmente legible y comparable de titulaciones, basado en dos ciclos principales: Grado y Postgrado, con una estructura en tres niveles;
- Establecimiento de un sistema de créditos común, el *European Credit Transfer System (ECTS)*;
- Garantía de calidad: promoción de la cooperación Europea para asegurar un nivel de calidad en el desarrollo de criterios y metodologías comparables.
- Promoción de una necesaria dimensión Europea en la educación superior, con particular énfasis en el desarrollo curricular.
- Aprendizaje permanente: que se centra en la enseñanza a lo largo de toda la vida.
- Promocionar la movilidad de estudiantes, profesores y personal administrativo.

- Dar un mayor protagonismo a las instituciones y estudiantes de enseñanza superior.

Respecto a la distribución de créditos ECTS, se ha realizado una valoración que tiene en cuenta el volumen de trabajo de los estudiantes e incluye las clases magistrales, las clases de laboratorio, el trabajo personal, los actos de evaluación y todo aquello que esté relacionado con el proceso de aprendizaje de las asignaturas. Se considera un volumen de trabajo total del estudiante de 30 ECTS por semestre. Así, en una asignatura de 5 ECTS una sexta parte de sus horas de trabajo debería dedicarlas a ella. Por ejemplo, para un semestre de 20 semanas y 40 horas de trabajo por semana, se tiene un volumen total de 800 horas de trabajo para los 30 ECTS, o sea 27 horas por crédito ECTS aproximadamente. Así, en la UPC se está aplicando el criterio de que un crédito ECTS esté entre 25 y 30 horas de trabajo del estudiante.

Todo lo que se ha explicado hasta este momento cobra más sentido ilustrándolo mediante el caso particular de la asignatura sobre la que se han aplicado estas metodologías docentes, Sistemas Digitales 1, en adelante SD1. A este fin se dedica la sección siguiente.

## **2. La asignatura SD1**

### **2.1 Contenidos y organización general**

SD1 forma parte del primer cuatrimestre del Master de Ingeniería Electrónica. Consta de 5 créditos ECTS, repartidos en 1,27 créditos ECTS de teoría, 1,25 créditos de problemas, 2,2 de laboratorio y 0,28 de otras actividades de refuerzo. En el formato presencial de la asignatura, todo esto se articula en torno a dos sesiones semanales de 2 horas, una de teoría y otra de laboratorio.

SD1 proporciona al estudiante los conocimientos que constituyen la referencia y el punto de partida para el resto de asignaturas “digitales” del Master. Se centra en el diseño de circuitos y subsistemas digitales, haciendo hincapié en las soluciones basadas en lógica programable y en el lenguaje VHDL. El programa de teoría consta de cuatro capítulos. El primero se dedica a introducir el ámbito del diseño digital y al VHDL. El segundo capítulo se centra en el estudio y diseño de las máquinas de estados algorítmicas y la microprogramación. El tercer capítulo se ocupa de los dispositivos programables: PLDs, CPLDs y FPGAs. El último capítulo se centra en factores y técnicas que limitan el rendimiento o afectan el diseño práctico de sistemas digitales: espurios, consumos, retardos, diseño síncrono o asíncrono, metaestabilidad, interconexiones, señales de reloj, concurrencia y jerarquización de máquinas, etc.

El laboratorio de SD1 está dedicado al diseño digital de circuitos similares a los estudiados en la teoría, implementados en FPGAs. Cada puesto de laboratorio está pensado para grupos de dos estudiantes y dispone de PC, fuente de alimentación, analizador lógico, programario de diseño y una placa educativa para verificar los diseños. Cada sesión de laboratorio, tutorizada por un profesor, se dirige a un máximo de 16 alumnos. El programa de laboratorio consta de dos bloques. El primero consta de dos prácticas y permite al estudiante familiarizarse con las herramientas a emplear. Así, la práctica 1 implica la realización guiada de un diseño (captura de esquemas, HDLs, jerarquización, compilación, simulación y análisis de prestaciones, grabación y verificación *hardware*). La práctica 2 utiliza el VHDL mediante el análisis y verificación de un diseño complejo. El segundo bloque consta de una práctica donde se pretende que los estudiantes propongan e implementen un diseño de mediana complejidad únicamente a partir de las especificaciones que se les proponen, estas especificaciones son diferentes para cada grupo y pueden ser de dificultad gradual, en función de los objetivos que decidan conseguir los propios estudiantes.

El mecanismo de evaluación pondera al 50% las notas de teoría y prácticas. Esta última proviene de las prácticas de laboratorio (75%) y de un control individual (25%). La nota de teoría se obtiene como el máximo entre: a) la calificación del examen final, b) la ponderación del examen final (70%) y de los ejercicios y trabajos realizados durante el curso (30%).

Con el objetivo de fomentar el trabajo continuado durante el curso y fidelizar al estudiante, se ofrece además la posibilidad de aprobar “por curso”: si la nota de curso (ejercicios y trabajos realizados durante el curso (70%) más prácticas de laboratorio (30%)) es igual o superior a 7,5 puntos, el alumno está exento de realizar el examen final, no así del control de laboratorio, y su nota de teoría es la media de los ejercicios y trabajos realizados durante el curso.

## 2.2 El formato semipresencial

SD1 se ofrece en formato semipresencial desde el curso 2001-02. Concretamente, el formato semipresencial se centra en la parte de teoría, sigue el modelo didáctico mostrado en la Fig. 2, y persigue dos objetivos básicos:

- Mantener una calidad y un nivel de exigencia homologable al formato presencial, tomando éste último como referencia contrastada y fiable. Para ello, se aplica un tratamiento idéntico (dedicación, contenidos, calendario, evaluación, etc.). Lo que varía es la forma en que se imparten los estudios y no las competencias específicas o el mecanismo de evaluación.
- Fomentar el seguimiento durante el curso de toda la asignatura, evitando que el estudiante se concentre sólo en el laboratorio. Si no se realiza este seguimiento existe una tendencia natural del estudiante semipresencial que puede conducir al abandono de la asignatura o a aumentar la posibilidad de fracaso.

En sintonía con lo comentado en la sección 1.2 y con el modelo de la Fig.2, los materiales docentes específicos desarrollados incluyen un texto básico y una guía - plan de trabajo de la asignatura. El texto básico, estructurado en unidades, temas y subtemas, cubre todo el temario. Cada subtema, asimilado a una carga lectiva de 1 h, incluye ejemplos, cuestiones y ejercicios de auto evaluación y problemas guiados. Cada unidad incluye además una colección de problemas. La guía - plan de trabajo propone una pauta de seguimiento del curso, especificando secuencias de actividades (lectura de texto, resolución de ejercicios, actividades complementarias, etc.) con una resolución de 30 minutos y totalizando 4 horas por cada semana del curso. Durante el curso se realizan tres actos de evaluación, dos ejercicios y un trabajo, que fuerzan una sincronización mínima. Los ejercicios se individualizan para cada estudiante, que debe resolverlos y remitirlos al profesor en el plazo estipulado. Una vez corregidos, son devueltos al estudiante, quién así dispone de una referencia de sus progresos. Los trabajos se realizan en grupos de 3 ó 4 alumnos y se defienden en una sesión presencial.

Una de las últimas mejoras introducidas en la asignatura ha sido traducir al inglés la mayor parte del material didáctico. Esto permite dos cosas: cursar la asignatura a estudiantes extranjeros y conseguir por parte de los alumnos competencias transversales en idiomas, siguiendo las directrices de la Escuela sobre el nuevo EEES.

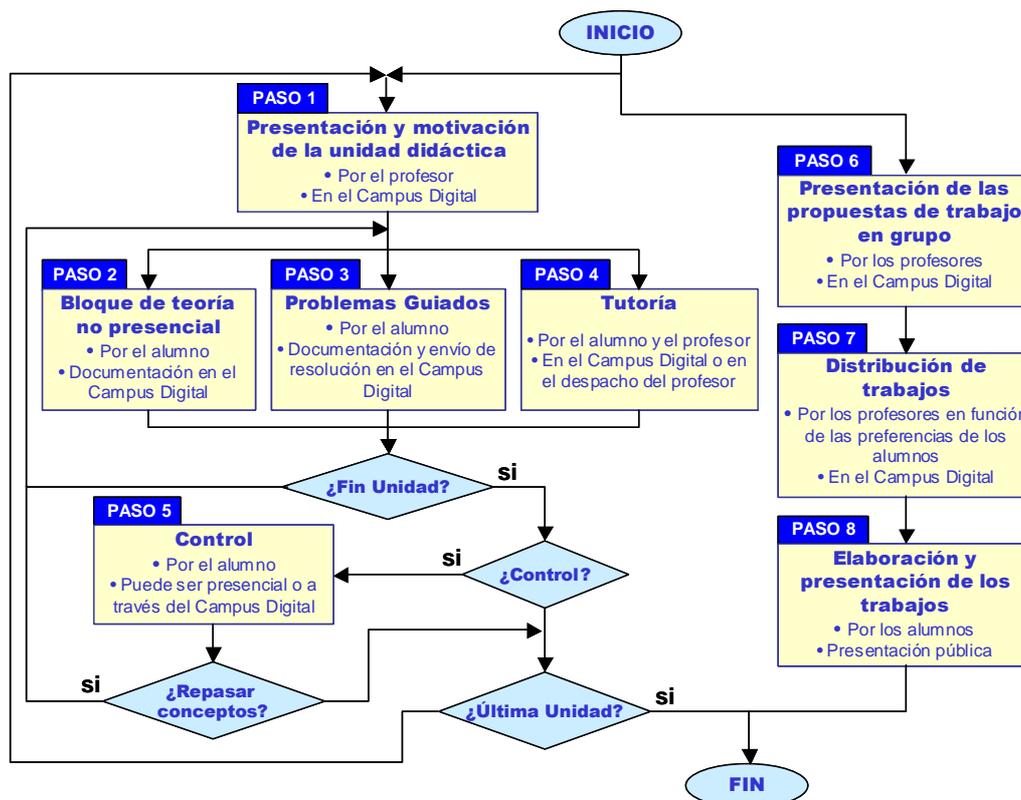


Figura 2. Modelo didáctico aplicado en el formato semipresencial.

Aunque como ya se ha comentado el hecho de que las prácticas de laboratorio sean presenciales supone una ventaja inmediata, ya que permite la existencia de un contacto regular y directo entre profesor y alumnos semipresenciales, se ha contemplado la posibilidad de que en un futuro los estudiantes puedan realizar las prácticas total o parcialmente fuera del laboratorio. Esto ha influido por ejemplo en la elección de las herramientas utilizadas:

- Utilizar un *software* de diseño de libre distribución, apto para ser utilizado en el ordenador personal del estudiante, requisito que cumple el programa *Quartus II Web Edition*.
- Utilizar un *hardware* de precio reducido y que no requiera instrumentos adicionales, de forma que se pueda trabajar en casa conectándolo directamente a un ordenador. En la Fig. 3 se muestra la placa escogida, en concreto se trata del modelo Altera®DE2. Este placa contiene una FPGA de tecnología SRAM de 90 nm, con *core* alimentado a 1,2V y E/S a 3,3V. Contiene 35.000 elementos lógicos programables y tres relojes globales de 50 MHz, 27 MHz y externo. Incluye un alimentador con salida DC no estabilizada a 9 V–1 A. La configuración de la FPGA se realiza desde el PC donde está instalado el *Quartus II* mediante un puerto USB.

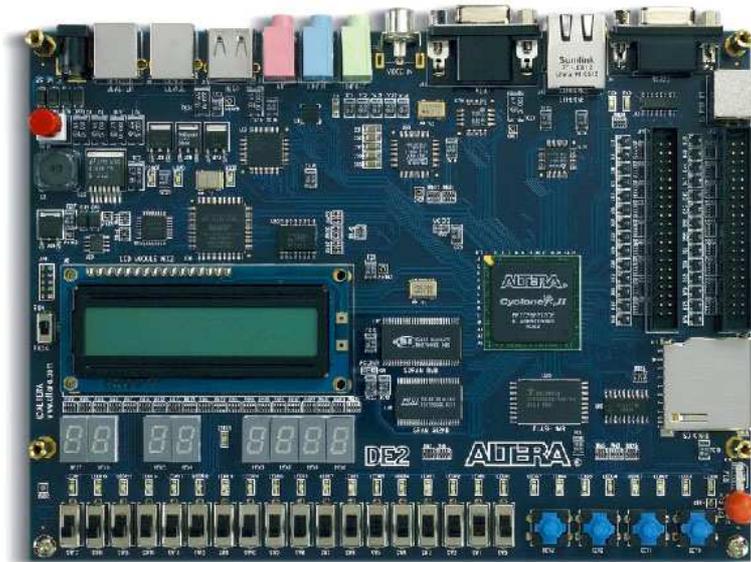


Figura 3. Placa Altera®DE2 utilizada en el laboratorio de SD1.

### 2.3 Adaptación al EEES

El cumplimiento de las directrices y los objetivos anteriormente descritos se traduce en la organización del trabajo de la asignatura descrita en la Tabla I, donde puede verse que SD1 se articula en torno a cuatro tipos de actividades (teoría, problemas, laboratorio y trabajos de teoría). Para cada tipo de actividad se describen los objetivos, el tipo de trabajo a realizar, el mecanismo de evaluación y la carga integral (en horas y en créditos ECTS) que supone para el alumno. De acuerdo con las directrices de la ETSETB, se ha optado por no apurar el equivalente máximo de 30 horas de trabajo por crédito ECTS.

Tabla I. Distribución de la carga ECTS de la asignatura SD1

	Descripción	Actividad con Profesor		Actividad Estudiante		Evaluación		ECTS	
		Objetivos	h/s	Trabajo estudiante	h/s	Procedimiento	h	horas	crédts.
<b>Teoría</b>	Clase magistral	Explicar los conceptos teóricos principales	1	Conocer, comprender y sintetizar conocimientos	1,25	Examen escrito	2	35,75	1,27
<b>Problemas</b>	Clase participativa y actividad dirigida	Resolver ejemplos realistas y reforzar aprendizaje	1	Aprender a solucionar problemas manualmente y mediante simulaciones	1,25	Prueba escrita, entrega de simulaciones y/o problemas resueltos	1,5	35,25	1,25
<b>Laboratorio</b>	Trabajo práctico de laboratorio	Utilización de herramientas reales y resolución de casos prácticos de diseño	2	Comprender especificaciones y documentación, realizar diseños, verificarlos y presentar resultados	2	Demostraciones en vivo, entrega de estudios previos y memorias, pruebas escritas o en vivo	2	62	2,2
<b>Otras actividades</b>	Trabajo de teoría	Reforzar conceptos y trabajo en grupo	-	Búsqueda y procesado de información, trabajo en grupo, generación de documentación	0,5	Informe escrito, presentación pública y defensa del trabajo	0,5	8	0,28
<b>Totales</b>			60		75		6	141	5

Hay que tener en cuenta que tanto el diseño de la asignatura como, especialmente, la distribución ECTS mostrada en la Tabla I se han obtenido tras un proceso que partía de unas previsiones iniciales y que ha sufrido iteraciones sucesivas de rediseño y reajuste de la asignatura, utilizando como un dato muy relevante la opinión de los propios alumnos, recogida en encuestas detalladas realizadas al final de cada curso. En este sentido hay que destacar que los cambios más significativos se realizaron al final del curso 2004, mientras que los realizados con posterioridad son mínimos, pudiéndose afirmar que el diseño descrito es ya bastante estable y fiable.

Finalmente, comentar que en la adaptación al EEES se han tenido en cuenta que los estudiantes deben obtener un nivel adecuado de las siguientes competencias genéricas:

- Tercera lengua
- Comunicación eficaz oral y escrita
- Trabajo en equipo
- Uso solvente de los recursos de información
- Aprendizaje autónomo
- Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
- Experimentalidad y conocimiento de la instrumentación

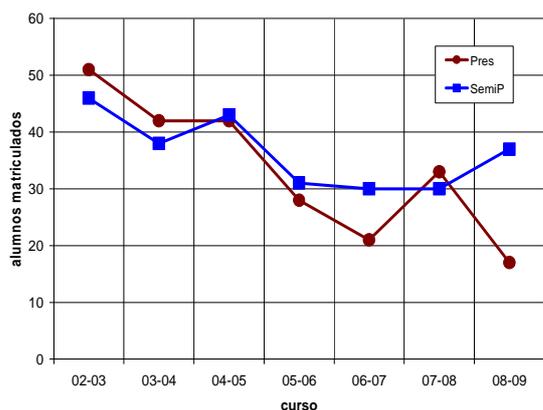
Para ello se ha propuesto la metodología docente anteriormente descrita, que contiene las siguientes acciones formativas específicas:

- Recibir, comprender y sintetizar conocimientos
- Plantear y resolver problemas y simulaciones
- Realizar simulaciones con ordenador y evaluar los resultados
- Realizar un trabajo en colaboración dentro de un grupo
- Comprender las especificaciones de un proyecto y hacer el diseño.
- Implementar un diseño y verificar los resultados
- Documentar casos prácticos
- Elaborar informes técnicos
- Analizar Resultados. Comparar resultados teóricos y prácticos
- Realizar la memoria de un experimento o de un trabajo
- Evaluar prestaciones en entornos reales
- Sintetizar y preparar la documentación para una presentación
- Presentar trabajos realizados
- Desarrollar el razonamiento y espíritu crítico y defenderlo de forma oral o escrita
- Leer y entender documentación en una tercera lengua.

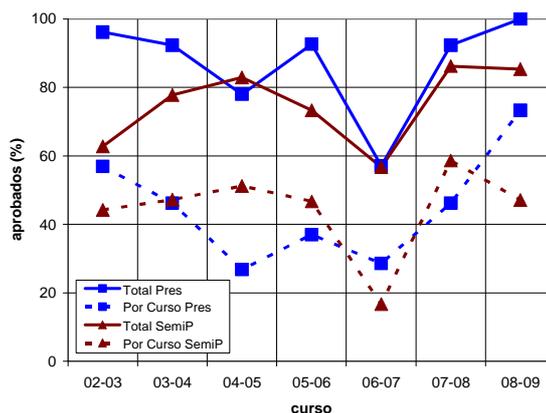
#### **4. Resultados y Discusión**

En este apartado se muestran estadísticas que comparan el formato presencial y el semipresencial. El periodo tenido en cuenta incluye desde el inicio de la semipresencialidad (2002) hasta el 2008. Se ha estudiado la evolución de matriculados (Fig. 4) y el porcentaje de aprobados (Fig. 5). En las siguientes figuras se ha realizado un análisis sobre la evolución tanto de la nota de curso como de la final, Fig. 6.

La evolución de la matrícula (Fig. 4) muestra la consolidación del formato semipresencial: desde el curso 2004-05 la proporción de alumnos que opta por él es bastante estable y casi siempre mayoritaria. Esto puede ser debido principalmente a la flexibilidad que proporciona la semipresencialidad, apreciada tanto por los estudiantes que trabajan como por los que cursan muchos créditos y tienen una disponibilidad horaria limitada. Este último es el caso típico de los alumnos que optan por cursar dobles titulaciones, una tipología que ha aumentado en los últimos cursos.



**Figura 4.** Evolución del número de matriculados en los formatos presencial y semipresencial.



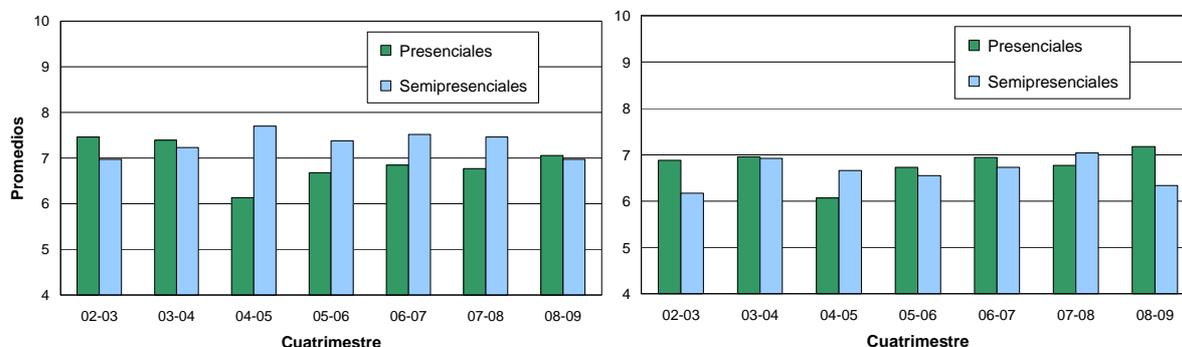
**Figura 5.** Evolución del porcentaje de aprobados totales y por curso en los formatos presencial y semipresencial.

Respecto al porcentaje de aprobados, la Fig. 5 muestra la evolución del porcentaje total de aprobados y la evolución de aprobados por curso, sin tener en cuenta los no presentados. El número total de aprobados se sitúa en torno al 90% y no hay diferencias muy significativas entre el formato presencial y el semipresencial. Como se puede notar, la diferencia entre las curvas de aprobados en total y por curso se mantiene prácticamente constante y alrededor de un 20%.

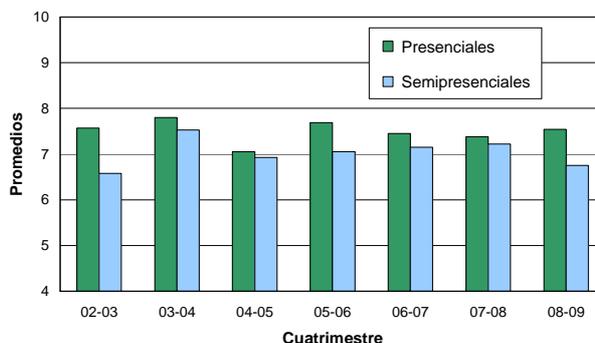
En los gráficos de la Fig. 6 se muestran las evoluciones de las notas con el tiempo. Se observa que la nota de curso del formato presencial, Fig. 6 izquierda, muestra una cierta tendencia al alza sobre todo a partir del curso 04-05 frente a una tendencia más constante en la del formato semipresencial, aunque esta última suele ser superior. En lo que respecta a la nota final, Fig. 6 las evoluciones del formato presencial y el semipresencial son similares, aunque desaparece la predominancia del formato semipresencial, permitiendo concluir que no hay diferencias importantes entre ambos formatos por lo que respecta a resultados globales.

Por otra parte, la Fig. 7 aporta otra información útil que cierra y aporta más coherencia a esta comparativa: el rendimiento de los alumnos semipresenciales en el laboratorio es siempre inferior. Esto es fácilmente explicable si se tiene en cuenta que el tiempo que los estudiantes presenciales dedican al laboratorio suele exceder las 2 h/s, tiempo extra del que los semipresenciales no suelen disponer. A la vista de esto, las acciones llevadas a cabo más recientemente en la asignatura tienen como objetivo aumentar el rendimiento en el laboratorio de los estudiantes semipresenciales, a base de hacer posible que gran parte del laboratorio pueda hacerse en formato no presencial. Este objetivo, aparte de influir en la elección de las herramientas hardware y software empleadas en las prácticas (ver sección 2.2), nos ha movido a participar con otras asignaturas de temática digital en la elaboración de un entorno de verificación, completo, multifuncional y utilizable remotamente vía *internet*. Esto permitiría a los alumnos

acceder remotamente a las placas que la Escuela pondría a su disposición. Esta es la idea que anima el proyecto *blended labs (blended learning)* [2-3], patrocinado por la ETSETB.



**Figura 6.** Evolución de las notas de curso (izquierda) y final (derecha) en los formatos presencial y semipresencial.



**Figura 7.** Evolución de la nota de laboratorio en los formatos presencial y semipresencial.

## 5. Conclusiones

En este trabajo hemos presentado una comparación entre el formato presencial y el semipresencial de la asignatura Sistemas Digitales I, dentro del Master de Ingeniería Electrónica de la ETSETB de la UPC. Se ha realizado una contextualización de la asignatura dentro de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior y se ha detallado su metodología. Finalmente se ha mostrado un estudio comparativo entre ambos formatos basándose en diversos indicadores de rendimiento, tales como evolución del número de aprobados y notas final y de laboratorio, entre otros. De este estudio se puede concluir que la semipresencialidad es un formato que tiene un mercado propio, que ofrece una gran flexibilidad, que presenta la misma calidad de aprendizaje que el formato presencial y que puede adaptarse sin problemas al nuevo entorno docente que suponen las titulaciones adaptadas al EEES.

## Referencias

- [1] <http://atenea.upc.edu/moodle/>
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Blended\\_learning](http://en.wikipedia.org/wiki/Blended_learning)
- [3] <http://ilabrs.etsetb.upc.edu/>