

# Experiencia de renovación metodológica en la enseñanza de la electrónica digital básica

Jorge Juan, Enrique Ostúa, David Guerrero  
Departamento de Tecnología Electrónica  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, España  
{jjchico, ostua, guerre}@dte.us.es

**Resumen—** Esta contribución presenta una experiencia sobre el proceso de adaptación de una asignatura de electrónica digital básica de primer curso de la titulación de Ingeniería Informática impartida por los autores en uno de sus grupos, con motivo de la implantación de los nuevos títulos de grado. El grupo tiene la particularidad de impartirse en inglés dentro de una experiencia pionera en la Universidad de Sevilla. Aparte de esta singularidad, se han introducido profundas reformas tanto en el enfoque de los contenidos como en la metodología de enseñanza/aprendizaje y en la forma de evaluación. En la contribución, los autores analizan los resultados obtenidos como consecuencia de los cambios metodológicos introducidos teniendo en cuenta los resultados académicos, la opinión de los alumnos y la apreciación de los propios profesores.

## I. INTRODUCCIÓN

La adaptación de la enseñanza universitaria española que se está llevando a cabo con la paulatina implantación de los títulos de grado es una oportunidad para revisar, no sólo los contenidos, sino también las metodologías de enseñanza/aprendizaje de la electrónica. Esta revisión es útil tanto para las nuevas materias introducidas como para aquellas materias que, por su carácter más básico o fundamental, son una adaptación de materias de los planes de estudio anteriores.

Esta contribución tiene como objetivo mostrar, debatir y presentar resultados y análisis sobre el proceso de adaptación de una asignatura de electrónica digital básica de primer curso de la titulación de Ingeniería Informática impartida por los autores en uno de sus grupos, con motivo de la implantación de los nuevos títulos de grado. La experiencia se basa en los resultados de los cursos 2010/11 y 2011/12. Si bien esta adaptación podría haber seguido una vía meramente continuista al tratarse de una materia general, los autores han optado por introducir profundas reformas tanto en el enfoque de los contenidos como en la metodología de enseñanza/aprendizaje y en la forma de evaluación. Esta renovación metodológica se caracteriza principalmente por la introducción de los lenguajes de descripción de *hardware* (LDH) desde el comienzo de la formación en la electrónica digital y por la búsqueda de mecanismos de evaluación continua que potencien el trabajo individual del alumno y eviten la realización de pruebas con gran acumulación de materia.

Es importante destacar que esta aportación no supone una innovación en cuanto a las metodologías y a las técnicas docentes empleadas en sentido general, ya que el uso de LDH y de sistemas de evaluación continua es algo habitual en la enseñanza universitaria moderna. El interés de esta aportación

radica en la innovación que supone a nivel local y en la experiencia, resultados y conclusiones que de ella se derivan, los cuales pueden ser de interés para docentes de áreas similares que estén planeando renovaciones similares a las que aquí se describen.

La experiencia ha sido llevada a cabo en uno de los grupos de clase que tiene un atributo diferenciador ya que se trata de un grupo cuya docencia se imparte en inglés, dentro del programa de oferta de títulos en este idioma que lleva a cabo la Universidad de Sevilla y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (ETSII) de la misma. En este entorno, la docencia en inglés tiene una doble finalidad: facilitar el ingreso de estudiantes extranjeros y habitar a los estudiantes, principalmente los locales, a recibir docencia en inglés de cara a una futura continuación de estudios en otro país. En los dos años que lleva impartándose la asignatura, los estudiantes han sido mayoritariamente hispanohablantes y residentes en el ámbito geográfico de la universidad, como es de esperar en una asignatura de primer curso y primer cuatrimestre. No obstante durante el segundo curso han asistido varios estudiantes extranjeros que han preferido el grupo de inglés por su escaso dominio del español. En las asignaturas impartidas en inglés en el segundo cuatrimestre, la afluencia de alumnos de este tipo es más notable ya que muchos estudiantes extranjeros se incorporan al curso en ese cuatrimestre. Si bien el aspecto del idioma es una característica diferenciadora del grupo que se analiza, esta contribución se centra más en los cambios metodológicos introducidos que en este aspecto en concreto.

La asignatura analizada tiene por título “Circuitos Electrónicos Digitales” y se imparte en el primer curso y primer cuatrimestre en los tres títulos de grado en Ingeniería Informática impartidos por la ETSII de la Universidad de Sevilla: Ingeniería de Computadores, Ingeniería del Software y Tecnologías Informáticas. La asignatura cubre los contenidos típicos de una asignatura de introducción a la electrónica digital: dispositivos digitales, codificación digital, circuitos combinatoriales y circuitos secuenciales. Abarca por tanto el nivel lógico e introduce los conceptos de registro y memoria, dejando el nivel de transferencia entre registros y el nivel de sistemas digitales para una asignatura posterior impartida en el segundo cuatrimestre del mismo curso. La asignatura cubre los mismos contenidos que la asignatura “Fundamentos de Computadores” impartida en las titulaciones del plan de estudios anterior en el mismo curso y cuatrimestre.

Los cambios metodológicos introducidos, y que se detallan en el siguiente apartado, buscan los siguientes objetivos:

- Hacer la asignatura más atractiva a los estudiantes.

- Acrecentar el interés de los alumnos de informática por la electrónica digital y por la ingeniería del computador.
- Mejorar las capacidades de autoaprendizaje de los alumnos.
- Complementar los aspectos teóricos del diseño digital con ejemplos reales y prácticos que los alumnos puedan realizar en el laboratorio.
- Realizar una evaluación continua del alumno.

En el apartado siguiente se analiza la metodología tradicional empleada en este tipo de asignaturas (y en muchas otras, al menos en los ámbitos científicos y técnicos) y se destacan sus limitaciones, a la vez que se presenta la metodología propuesta y los resultados esperados. En el apartado III se recogen y analizan diversos datos sobre los resultados obtenidos y en apartado IV se extraen las conclusiones más relevantes.

## II. METODOLOGÍA

### A. Metodología tradicional

Con “metodología tradicional” nos referimos a los métodos y recursos empleados en la asignatura precursora “Fundamentos de Computadores” de los planes de estudio anteriores. Esta metodología hereda características generales y actividades muy extendidas en la enseñanza universitaria en general, como son un predominio de las clases magistrales y una comunicación poco fluida entre el profesor y los alumnos. En el caso particular de la materia que nos ocupa, la metodología tradicional se caracterizaba por los siguientes aspectos:

- Docencia basada en clases expositivas, tanto de los conceptos teóricos como prácticos (resolución de problemas).
- Colecciones de problemas numerosos a disposición del alumno, con soluciones basadas en cálculos con “lápiz y papel”.
- Resolución de una selección de los problemas propuestos por parte del profesor, en las horas disponibles.
- Prácticas de laboratorio basadas en montajes con componentes discretos: resistencias, diodos, dispositivos MSI (familia 7400, etc.).

De la experiencia de los autores podemos extraer varias deficiencias del empleo de esta metodología tradicional. Estas deficiencias están principalmente en las competencias para la resolución de problemas y para la realización de montajes prácticos que el alumno es capaz de alcanzar. Estas deficiencias son:

- El alumno se encuentra con un gran número de problemas propuestos cuya realización completa no es abordable en el tiempo disponible, teniendo dificultad para la selección de un subconjunto adecuado.
- El tiempo disponible en clase por parte del profesor para la resolución de problemas permite abarcar sólo

un pequeño conjunto significativo de los mismos, por lo que el alumno no recibe realimentación sobre el resto del trabajo personal realizado.

- La resolución de problemas sólo mediante lápiz y papel queda lejos de una experiencia “realista” del diseño electrónico actual, el cual emplea extensivamente herramientas informáticas.
- La interacción entre el profesor y el alumno es pobre debido, en muchos casos, al gran número de alumnos por grupo y a una retención endémica de los alumnos a acudir al profesor para resolver dudas, especialmente en las asignaturas de primer año.
- Las realizaciones prácticas que pueden abordarse en el laboratorio con el empleo únicamente de componentes discretos es muy limitado, quedando muy lejos incluso de las capacidades de resolución de problemas alcanzadas por el alumno en la misma asignatura. Por ejemplo, un alumno es capaz de diseñar un cronómetro digital completo, pero su montaje práctico no es realizable en las sesiones de laboratorio disponible empleando componentes discretos por la elevada complejidad mecánica del montaje.

Al contrario de lo que podría parecer, esta contribución no pretende ser una crítica a esta metodología tradicional, ya que la misma sería injusta teniendo en cuenta que ha sido la masificación de los grupos, especialmente en primer curso, la que ha determinado esta configuración de la docencia en la mayoría de las titulaciones universitarias. No obstante, la configuración de grupos más reducidos en muchas de las nuevas titulaciones actuales permite replantear la organización de la docencia empleando metodologías que se benefician de este hecho.

### B. Metodología general propuesta

Como ya hemos mencionado, el grupo analizado en esta contribución recibe la docencia en inglés a lo largo de todos los cursos de la titulación. El grupo está limitado a 25 alumnos, aunque en los dos años que esta iniciativa lleva en marcha no se ha llegado a completar el cupo, contando con 14 y 21 alumnos matriculados en los cursos 2010/11 y 2011/12 respectivamente y en la asignatura analizada (los alumnos pueden elegir el grupo de inglés sólo para algunas de las asignaturas del curso).

Dado que se cuenta con un menor número de alumnos por grupo y en consonancia con el impulso al autoaprendizaje y a la autonomía del alumno que supone el establecimiento del Espacio Europeo de Educación Superior y el sistema de créditos europeo (ECTS), se ha hecho un replanteamiento metodológico general de la materia coincidiendo con la implantación de los nuevos títulos de grado. Los aspectos más importantes de la metodología propuesta son los siguientes:

- Se han conservado prácticamente los mismos contenidos propios de una asignatura de introducción a la electrónica digital.

- Los métodos de resolución mediante lápiz y papel se presentan como una herramienta útil para comprender los conceptos fundamentales, pero no como la herramienta definitiva para la resolución de problemas prácticos.
- Se reduce el número de problemas propuestos a un conjunto significativo que se propone al alumno como tarea evaluable y limitada en el tiempo.
- Se introducen los lenguajes de descripción de *hardware* (LDH) como método formal de representación de la funcionalidad de los circuitos digitales y como medio de acceso a la simulación y diseño automático de circuitos.
- Se ha implementado un sistema de evaluación continua basado en tareas aproximadamente semanales con estrecho seguimiento por parte del profesor.
- Se introduce el diseño sobre dispositivos programables (FPGA) en el laboratorio.

Como puede verse, uno de los aspectos más importantes en la metodología propuesta es la introducción de los LDH. La idoneidad de la introducción de esta herramienta en asignaturas básicas de primer curso es a menudo objeto de discusión. En el panorama nacional de las titulaciones de informática y similares podemos encontrar tanto titulaciones que introducen los LDH desde el principio como aquellas que lo dejan para cursos superiores o asignaturas especializadas. Los principales motivos para la introducción de los LDH en esta propuesta han sido los siguientes:

- Mediante el uso de LDH el alumno es capaz de enfrentarse a problemas de mayor alcance con la misma complejidad conceptual.
- El uso de LDH permite la simulación de los diseños propuestos mediante el uso de bancos de prueba (*testbench*). De esta forma el alumno tiene una valiosísima herramienta de autoaprendizaje, ya que puede comprobar por sí mismo si la solución propuesta es correcta o no.
- El uso de LDH permite introducir al alumno al diseño de bancos de prueba sencillos para que comprenda la importancia que tiene el testado en el diseño digital (importancia tan grande o mayor que el propio diseño en sí).
- En el laboratorio, el uso de LDH, junto con herramientas de síntesis automática y dispositivos FPGA, permite abordar proyectos de mayor interés y complejidad similar a los vistos en teoría: calculadora, cerraduras electrónicas, cronómetro, etc.; a la vez que dan una visión completa al alumno del proceso de diseño de circuitos digitales moderno.

Si bien el uso de LDH es un aspecto fundamental en la metodología propuesta, es importante aclarar que no es un objetivo de esta metodología el dar al alumno una formación completa en las técnicas de diseño realizables con los LDH, lo cual se deja para asignaturas más avanzadas. La introducción del LDH se hace de forma paulatina, con las estructuras

imprescindibles para describir los elementos digitales que se van introduciendo en cada tema y siempre con el circuito real como referencia.

De entre la diversidad de LDH existentes, los de mejor aplicación, dados los contenidos de la asignatura, son Verilog [1] y VHDL [2]. Aunque ambos lenguajes son perfectamente válidos para los objetivos planteados, se ha preferido Verilog por sus sintaxis más compacta y su mayor simplicidad en los tipos de datos, lo cual permite introducir los conceptos de la asignatura sin tener que profundizar excesivamente en el lenguaje en sí, tal como hemos comentado en el párrafo anterior.

### C. Metodología específica y evaluación.

Desde un punto de vista más concreto, la metodología propuesta distingue tres tipos de actividades dedicadas a evaluar tres aspectos diferenciados: comprensión de los contenidos teóricos, capacidad para resolver problemas y capacidad para implementar circuitos en el laboratorio.

Las clases teóricas siguen el esquema más tradicional de la clase magistral, apoyándose en ejemplos reales e incluyendo las técnicas que permiten diseñar circuitos digitales de forma sistemática: simplificación de funciones, mapas de Karnaugh, diagramas de estado, etc. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, las técnicas sistemáticas se presentan más como ejemplo de la importancia de la automatización de las tareas en el diseño de circuitos digitales que como técnicas aplicables a diseños reales. La síntesis automática a partir de los LDH se introduce como la herramienta práctica derivada de estas técnicas sistemáticas.

En el apartado de resolución de problemas se propone, al final de la parte teórica de cada tema, una colección de 4 o 5 problemas para ser resueltos por los alumnos en un plazo aproximado de una semana. Para la resolución de los problemas se emplean tanto técnicas manuales con lápiz y papel como diseños con Verilog y simulación. Para la resolución de los problemas que requieren descripciones en Verilog, los alumnos cuentan con un conjunto de ejemplos completos elaborados por el profesor. Algunos de los problemas propuestos consisten en modificaciones sobre estos ejemplos mientras que otros requieren una solución completa por parte de los alumnos. Dentro del plazo disponible los alumnos son animados a consultar con el profesor o con los compañeros de clase todas las dudas que puedan surgir con objeto de llegar a resolver todos los problemas de forma completa y correcta al final del plazo dado. Para la resolución de problemas mediante Verilog se recomienda a los alumnos el uso del simulador Icarus Verilog [3] y del programa de visualización de ondas GTKWave [4]. Se trata de programas libres multiplataforma y muy ligeros que permiten una introducción sencilla a la simulación de descripciones Verilog sin necesidad de introducir la complejidad de entornos de diseño completos, lo cual se deja para las tareas de implementación en el laboratorio.

En cuanto al trabajo de laboratorio se proponen seis sesiones prácticas. En las dos primeras se aprende el uso del instrumental del laboratorio de electrónica y el montaje de circuitos combinacionales sencillos con puertas lógicas y componentes LSI/MSI. El resto de sesiones se realizan empleando Verilog e implementación sobre FPGA usando el

entorno de diseño ISE de Xilinx [5] y la plataforma de desarrollo Basys2 de Digilent [6]. En muchos casos, el circuito a implementar en el laboratorio ha sido objeto de alguna de las tareas propuestas, por lo que el alumno ya está familiarizado con la operación del circuito y dispone del diseño, por lo que la tarea de laboratorio se centra en la implementación y test y en realizar mejoras o modificaciones propuestas por el profesor.

La forma de evaluación distingue entre los tres tipos de actividades: teoría, problemas y laboratorio; y se realiza de la siguiente forma:

- Teoría: tras finalizar cada tema se realiza una prueba tipo test con 10 preguntas y 4 respuestas propuestas de las cuales sólo una es la correcta. El objetivo de esta prueba es evaluar la comprensión por parte del alumnos de los conceptos fundamentales del tema.
- Problemas: tras finalizar el plazo dado para la tarea propuesta, el alumno debe hacer una defensa de la solución propuesta, bien en clase o en horario de tutoría con el profesor. El profesor evalúa no tanto la solución (que debe ser la correcta) como la capacidad de alumno para explicarla y responder a variantes y alternativas que el profesor proponga. El objetivo es evaluar la capacidad del alumno para resolver los problemas planteados y sus posibles variantes.
- Laboratorio: se evalúa la capacidad del alumno para llegar a una implementación del circuito propuesto en las sesiones de laboratorio y para implementar las mejoras y variaciones propuestas.

De cada tipo de actividad se obtiene una calificación entre 0 y 10 puntos. La calificación final depende de haber asistido a todas las sesiones de laboratorio y de haber obtenido al menos una calificación de 3 en cada tipo de actividad. En este caso se calcula una calificación final ponderada donde la teoría cuenta un 25%, la resolución de problemas un 50% y las prácticas de laboratorio un 25%.

### III. RESULTADOS

Con objeto de evaluar la metodología que se está llevando a cabo, en este apartado se muestran algunos datos sobre los resultados obtenidos durante los dos cursos académicos que lleva impartándose la asignatura, y se realiza un análisis de los mismos. Entre los resultados se distinguen los resultados académicos, la opinión de los alumnos y la percepción del profesorado a lo largo de los dos cursos impartidos.

#### A. Resultados académicos.

En la Tabla 1 se muestran los resultados académicos del grupo analizado (CED-EN) en los cursos 2010/11 y 2011/12, junto con los de otros grupos cuya comparación resulta de interés: el conjunto de grupos de docencia en español en el curso 2010/11 (CED-ES) y el conjunto de grupos de la asignatura Fundamentos de Computadores, equivalente a la asignatura analizada en el plan de estudios anterior, en el último curso académico en que se impartió (FC). Los resultados recogen el número de alumnos matriculados, el número de alumnos presentados y el porcentaje respecto de los matriculados, el porcentaje de aprobados frente a matriculados (%A/Mat), el porcentaje de aprobados frente a presentados

(%A/Pres) y el porcentaje de alumnos con calificación de notable o superior frente a los presentados (%N+/Pres).

En primer lugar, podemos observar que el porcentaje de alumnos presentados no varía significativamente entre las distintas asignaturas, salvo en la asignatura FC, donde el menor porcentaje de presentados puede explicarse en base a la acumulación de alumnos repetidores, hecho que no ocurre en las otras asignaturas al tratarse del primer o segundo curso de impartición, por lo que esta acumulación no ha tenido lugar. Este dato permite evaluar la motivación “extra” que se puede presumir en los alumnos que eligen el grupo de inglés. Aunque es lógico pensar que estos alumnos tienen una motivación especial al elegir una asignatura que, para la mayoría de los alumnos, no se imparte en su idioma nativo, este hecho no se ve reflejado en el porcentaje de alumnos presentados, que es similar al de los grupos impartidos en español.

Tabla 1: Comparación de resultados académicos.

Asignatura	Nº mat.	Pres.(%)	%A/ Mat.	%A/ Pres.	%N+/ Pres.
FC 09/10	195	67(34)	14	51	6
CED-ES 10/11	120	67(56)	28	49	22
CED-EN 10/11	14	8(57)	43	75	63
CED-EN 11/12	21	13(62)	38	62	15

En cuanto a los resultados propiamente dichos, se observa un mayor porcentaje de aprobados en el grupo de inglés en el curso 2010/11 respecto a los grupos en español y a los resultados de la asignatura anterior (FC). Estos mejores resultados se dan tanto respecto de los alumnos matriculados como de los presentados y creemos que este dato es significativo aunque no se haya podido completar con los resultados de los grupos en español para el curso 2011/12 ya que a la fecha no están disponibles aun. Es también significativo que los resultados del grupo de inglés han sido sensiblemente peores en el curso 2011/12 que en el curso 2010/11, aunque siguen estando por encima de los resultados de los grupos en español y de FC. Esta diferencia es aun más notable en el porcentaje de alumnos con calificación de notable o superior, habiendo muy buenos resultados en este sentido en el curso 2010/11 y unos resultados más en la media de las otras asignaturas en el 2011/12.

#### B. Opinión alumnos

Creemos que en este tipo de experiencias es fundamental la opinión de los alumnos, como protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para recabar esta opinión se ha pedido a los alumnos del grupo de inglés del curso 2011/12 que rellenen un cuestionario destinado a evaluar la percepción del alumno respecto de la metodología de la asignatura. Dado que la capacidad de evaluación docente en términos absolutos por parte de alumnos de primer curso es limitada, el cuestionario se centra principalmente en una evaluación relativa respecto de otras asignaturas y en aspectos cualitativos. El cuestionario ha sido completado por 9 de los 21 alumnos matriculados. Si tenemos en cuenta que el número de alumnos que han hecho un seguimiento efectivo de la asignatura es de unos 15 y que entre los 9 hay tanto alumnos que han superado la asignatura como que no (el cuestionario se hizo antes de tener las calificaciones

finales) podemos considerar que los resultados son representativos. El hecho de que muchos alumnos abandonen la asignatura, incluso sin asistir a una sola clase, es un problema generalizado en todas las titulaciones del centro y, aunque su análisis es de gran interés, escapa a los objetivos de esta contribución.

Los resultados del cuestionario se muestran en la Tabla 2. Cada alumno valoraba su grado de acuerdo con cada afirmación de 1 a 5. Las afirmaciones están redactadas de forma que 1 corresponde a la valoración más desfavorable y 5 a la más favorable. Valoraciones por encima de 3 se consideran favorables y por debajo se consideran desfavorables. En la tabla se muestra la media de la valoración entre las respuestas de los alumnos junto con la desviación típica.

Tabla 2: Opinión de los alumnos sobre la metodología empleada en la asignatura. Valoración: 1-completamente en desacuerdo/muy inferior, 3-indiferente/similar, 5-completamente de acuerdo/muy superior..

Pregunta	Media	Desviación
1. El inglés no ha sido un problema para seguir la asignatura.	4,78	0,42
2. La posibilidad de cursar la asignatura en inglés es positivo y beneficioso para los estudiantes.	4,56	0,68
3. El uso de Verilog para la resolución de problemas es de utilidad e interés para la asignatura.	3,33	0,94
4. El uso de Verilog para la realización de prácticas de laboratorio es de utilidad e interés para la asignatura.	4,11	1,20
5. La metodología empleada basada en tareas es preferible a la realización de exámenes parciales.	5,00	0,00
6. Valore globalmente el interés de la asignatura en comparación con otras asignaturas del mismo curso.	3,78	0,63
7. Valore el esfuerzo necesario para seguir esta asignatura en comparación con otras asignaturas del mismo curso.	3,89	0,57
8. Si tuviera que repetir la asignatura solicitaría de nuevo hacerlo en el grupo de inglés.	4,89	0,31

Podemos observar que la valoración es favorable en todos los aspectos planteados. Los alumnos valoran especialmente bien la posibilidad de cursar la asignatura en inglés (cuestiones 1 y 2), no habiendo encontrado mayores dificultades por causas del idioma. Aunque está claro que los alumnos eligieron por voluntad propia cursar la asignatura en inglés, los buenos resultados muestran que no han resultado decepcionados por su elección.

Otro aspecto que los alumnos valoran especialmente bien es la metodología basada en tareas guiadas en vez de en exámenes (cuestión 5), donde la totalidad de los alumnos han valorado esta afirmación con la máxima puntuación. El uso de Verilog también ha sido bien valorado por parte de los alumnos (cuestiones 3 y 4), aunque más para la realización de prácticas que para la resolución de problemas, si bien el primer caso depende en gran medida del segundo.

En comparación con otras asignaturas del mismo curso, todos los alumnos otorgan a la asignatura analizada un interés igual o superior y consideran en un muy alto grado que la

asignatura analizada es más fácil de seguir que otras del mismo curso. Finalmente, todos los alumnos declaran, y en prácticamente el mayor grado, que de tener que repetir la asignatura lo harían de nuevo en el grupo de inglés..

### C. Percepción del profesorado

Finalmente citaremos algunos detalles del proceso de enseñanza-aprendizaje que son percibidos por el profesorado de la asignatura pero que son difíciles de cuantificar. No obstante, estos detalles suministran información valiosa de cara a la mejora sucesiva de la metodología implementada.

Respecto a las distintas actividades de la asignatura, se percibe que los alumnos obtienen los peores resultados en la evaluación de los contenidos teóricos, realizada mediante pruebas tipo test como se comentó en el apartado II. El motivo puede estar en el peso relativamente inferior de esta actividad respecto de la resolución de problemas (25% frente a 50%) y en un menor interés del alumno por aquellos conceptos cuya comprensión requiere un cierto esfuerzo intelectual sin que haya una motivación práctica inmediata.

En cuanto a la actividad de resolución de problemas cabe destacar que ha habido una notable diferencia entre el seguimiento que los alumnos han hecho de esta actividad en el curso 2010/11 y el que han hecho en el curso 2011/12. En el primer curso, la mayoría de los alumnos que hacían un seguimiento continuo de la asignatura aprovechaban el trabajo en grupo y realizaban las tareas de forma muy completa y obtenían, a nivel individual, una alta habilidad en las mismas, lo cual se tradujo en calificaciones altas, como se ha mostrado en la Tabla 1. En cambio, en el curso 2011/12, los alumnos han trabajado de forma más individual o en grupos muy reducidos (dos o tres a lo sumo). Las consultas al profesor han sido más escasas y esto se ha traducido en una pobre realización de las tareas y unas peores calificaciones. Además, se han detectado casos en los que alumnos que trabajan en grupo no han sido capaces de demostrar sus habilidades posteriormente a nivel individual, lo cual no ocurría en el curso anterior.

En cuanto a las actividades de laboratorio, éstas han tenido una buena aceptación por parte de los alumnos, siendo la actividad que probablemente les ha supuesto una mayor motivación. La introducción de Verilog y el diseño sobre FPGA ha tenido un papel fundamental en este aspecto ya que los alumnos han podido implementar circuitos útiles de complejidad moderada acordes a los contenidos y habilidades prácticas que se desarrollan en la asignatura, como una calculadora, una cerradura electrónica, o un cronómetro digital. Es de destacar que la mayoría de los alumnos han demostrado habilidad para realizar las modificaciones propuestas por el profesor en los diseños realizados en Verilog y probar estas modificaciones hasta que la simulación y la propia operación del circuito implementado ha sido la correcta.

El empleo en las clases de un idioma no nativo para la práctica totalidad de los alumnos no ha supuesto ninguna dificultad adicional destacable para el desarrollo del curso y así lo valoran los propios alumnos. Se ha utilizado cierta flexibilidad respecto del idioma en el sentido de que, si bien todas las actividades docentes colectivas se han impartido en inglés, el alumno es libre de emplear el castellano en las actividades individuales como las tutorías o las exposiciones en clase. Creemos que esta flexibilidad es importante para

asegurar la participación de alumnos que son perfectamente capaces de seguir la clase en inglés pero que tienen dificultades para expresarse en este idioma.

#### IV. CONCLUSIONES

De los datos anteriores se pueden extraer varias conclusiones de interés. En primer lugar, la experiencia de impartir una asignatura en inglés incluso para una mayoría de alumnos hispanohablantes resulta positiva, es bien valorada por los alumnos, los cuales no encuentran grandes dificultades por causa del idioma, incluso cuando la mayoría de ellos carecen prácticamente de habilidades para expresarse en inglés.

Por otro lado, los resultados académicos del grupo analizado son sensiblemente superiores a los obtenidos en otros grupos de la asignatura y a los que se obtenían en la asignatura precursora del plan de estudios anterior. Estamos convencidos que esta mejora de los resultados se debe a los cambios metodológicos introducidos ya que los mismos están apoyados por la propia opinión de los alumnos, que ven como pueden conseguir superar la asignatura con un menor esfuerzo.

En nuestra opinión, en la obtención de estos resultados juega un papel importante la introducción de Verilog como herramienta para la resolución de problemas y para la implementación de circuitos en laboratorio, aspecto que es especialmente bien valorado por los alumnos.

A pesar de que los resultados generales son satisfactorios, es necesario recabar más información en cursos posteriores y buscar mejoras en la metodología planteada. En este sentido, algunas de las mejoras que se están evaluando para futuros cursos son las siguientes:

- Fomentar el trabajo en grupo y la consulta a los profesores para la resolución de las tareas propuestas.
- Mejorar la exposición de los temas presentando al alumno el objetivo de los mismos mediante ejemplos tangibles, como alguna implementación práctica que será realizada al final del tema.
- Realizar una evaluación más personalizada en el área de resolución de problemas mediante la resolución de problemas en clase de forma individual.
- Incorporación de prácticas de laboratorio abiertas en las que el alumno tenga libre acceso a los laboratorios durante un horario amplio con objeto de que pueda profundizar más en los trabajos prácticos y se puedan abordar proyectos más ambiciosos.

#### REFERENCIAS

[1] 1364-2005 - IEEE Standard for Verilog Hardware Description Language. <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1364-2005.html>

[2] 1076-2008 - IEEE Standard VHDL Language Reference Manual. <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1076-2008.html>

[3] Icarus Verilog. <http://iverilog.icarus.com/>

[4] GTKWave. <http://gtkwave.sourceforge.net/>

[5] ISE In-Depth Tutorial. Xilinx, Inc.

[6] Digilent Basys2 Board Reference Manual. [http://www.digilentinc.com/Data/Products/BASYS2/Basys2\\_rm.pdf](http://www.digilentinc.com/Data/Products/BASYS2/Basys2_rm.pdf)

#### BIOGRAFÍAS

**Jorge Juan** es Licenciado en Física (1994) y Doctor en Física (2000) por la Universidad de Sevilla. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla y es responsable del grupo de investigación "Investigación y Desarrollo Digital (ID2)". Ha sido editor invitado en la colección "Lecture Notes in Computer Science" de Springer-Verlag y en "IET Proceedings on Computers and Digital Techniques". Es miembro del comité director y de programa del "IEEE Workshop on Power and Timing Modelling (PATMOS)". También ha actuado como asesor científico para numerosas revistas como IEEE Trans. on Computers y Elsevier's Integration VLSI Journal; y congresos internacionales como ISCAS y DATE. Ha participado en diversos proyectos del Plan Nacional de Investigación de forma continuada desde el año 1995, en dos de ellos como Investigador Responsable. Ha desarrollado su investigación en diversas áreas relacionadas con el diseño y la verificación de circuitos y sistemas digitales como el modelos de retrasos, la simulación temporal y de potencia y los sistemas empotrados y sus aplicaciones. Es coautor de dos libros monográficos, varios artículos en revistas indexadas y más de 40 contribuciones a congresos internacionales, incluyendo varias publicaciones docentes nacionales e internacionales.

**Enrique Ostúa** trabaja como Profesor Colaborador en el Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla. Nacido en S/C de Tenerife en 1973, es titulado en Ingeniería en Informática y posee el Diploma de Estudios Avanzados. Imparte docencia en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática desde 2003. Se integra en el Grupo ID2 (Investigación y Desarrollo Digital) donde realiza sus tareas de investigación, centradas en el desarrollo de aplicaciones empotradas tipo System-on-Chip para FPGA. Hasta la fecha ha participado en diversos proyectos de investigación y ha publicado más de 20 comunicaciones en congresos internacionales y un total de 8 artículos en revistas.

**David Guerrero** es Licenciado en Ingeniería Informática desde 2000. Es miembro del Departamento de Tecnología Electrónica de la misma universidad desde 2002 donde es Profesor Colaborador desde 2003. Es coautor de varios trabajos en congresos y revistas internacionales en el área del análisis temporal, esquemas de distribución de reloj y tolerancia a las desviaciones de la señal de reloj en circuitos digitales.