

# Resultados Docentes Usando una Metodología Basada en PBL en una Asignatura Troncal de Electrónica General

Manuel A. Perales Esteve, Federico J. Barrero García, *Senior Member, IEEE*, and Sergio L. Toral Marín, *Senior Member, IEEE*

**Title— Learning achievements using a pbl-based methodology in an introductory electronic course.**

**Abstract— Teaching electronics in an introductory course is classically implemented by means of theoretical classes to settle the basics of analog and digital electronics. This approach has shown not to be much attractive, especially on a global course targeted for many different students, not specifically interested in electronics. A new course has been developed, based on a top-down learning strategy and the implementation of a pbl-based experience. This course has been held since 2011, with very good results, in terms of academic achievement and interest shown by the students. Results are presented, showing the success obtained with this methodology.**

**Index Terms— Problem-based learning, basic electronics, analog electronics, digital electronics.**

## I. INTRODUCCIÓN

EL nuevo marco legislativo en materia de educación superior en la Unión Europea representa una oportunidad muy interesante a la hora de plantear nuevas estrategias docentes que intenten superar algunos de los problemas detectados en los anteriores planes de estudio. La Declaración de La Sorbona reafirma el compromiso de las universidades en la creación de un espacio cultural común, centrado en Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), lo que se espera lleve a una mayor movilidad de ciudadanos europeos [1]. Un factor importante de este nuevo marco hacia el que convergen en la actualidad las universidades europeas es el aprendizaje para toda la vida, concepto relacionado con metodologías docentes tales como “aprender a aprender” o “aprender realizando” [2]. Estos cambios, que afectan a todas las Universidades Europeas, están afectando igualmente al planteamiento de los nuevos planes de estudio que se están terminando de implantar en las Escuelas de Ingeniería de España en las que se ha producido un importante cambio en la metodología docente, traducido, entre otros aspectos, en el mayor peso de las clases de tipo práctico frente a las clases teóricas, al fomentarse el concepto de aprender-realizando. Una de las

metodologías más utilizada y con grandes resultados en la ingeniería es la denominada Problem Based Learning (PBL) [3]-[5]

Este concepto es especialmente difícil de trasladar a asignaturas obligatorias, como es el caso de “Electrónica General” de 4,5 créditos, 2º curso y 2º cuatrimestre del nuevo grado de Ingeniería en Tecnología Industrial, debido al elevado número de alumnos inscritos (unos 400 alumnos matriculados en cada año académico celebrado desde su impartición por primera vez en el curso 2011-2012).

La asignatura en la que se centra este trabajo de mejora e innovación docente es la primera asignatura del área de conocimiento “tecnología electrónica” que ven los alumnos del grado. Muchos de estos alumnos (la gran mayoría de los 400 matriculados por curso académico) no escogen una especialidad que les permita profundizar el conocimiento adquirido en la asignatura y relacionado con la tecnología electrónica. Este hecho hace que los profesores de la asignatura se hayan replanteado la metodología docente empleada hasta la fecha, basada en el método de enseñanza tradicional y la clase magistral. El objetivo perseguido pasa por un cambio en el contenido y continente de la materia a impartir, tal y como se describe en [6]-[7]. Así, la materia se aborda de forma completamente diferente a como se hacía anteriormente. En lugar de introducir al alumno en la electrónica a partir de los conceptos más elementales (física de semiconductores y componentes o dispositivos elementales), la metodología docente empleada en la nueva asignatura parte de la descripción de sistemas reales, centrándose en cómo la electrónica ayuda y se integra en el desarrollo de dichos sistemas, con el objetivo de abordar la electrónica desde el punto de vista de las aplicaciones finales y del desarrollo de un sistema electrónico práctico. Los conceptos básicos relacionados con la tecnología electrónica, tanto analógica como digital, no se han descartado totalmente, pero se han simplificado notablemente en su exposición a los alumnos, primando la aplicación final y el interés industrial de los sistemas electrónicos. La materia se complementa con una experiencia PBL que representa aproximadamente el 30% del total lectivo asignado a la asignatura y que intercala clases magistrales con el desarrollo y análisis de un sencillo sistema electrónico que incorpora componentes de las diferentes ramas de la electrónica. Durante la experiencia PBL los alumnos son guiados en el análisis de las diferentes

M.A. Perales, F.J. Barrero, S.L. Toral son miembros del Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla, impartiendo clases en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla, e-mail: {mperales, fbarrero, storl}@us.es

etapas de diseño, fabricación, construcción y programación de un sistema electrónico real, con aplicación industrial.

En este trabajo se analizan los resultados obtenidos con la aplicación de la nueva metodología docente, toda vez que se ha impartido ya a lo largo de tres cursos académicos. Se mostrarán los resultados académicos de los tres cursos en los que se ha impartido la asignatura, así como la evolución de la misma al cabo de este tiempo. Se presentan igualmente los resultados de dos encuestas diferentes pasadas a los alumnos. La primera de ellas fue contestada por alumnos de esta asignatura así como de la asignatura equivalente del anterior plan de estudios. La segunda fue respondida por alumnos del plan actual, de distintas intensificaciones, tratando de ver con un poco más de detalle el impacto de la asignatura en la elección de intensificación.

## II. CONTEXTO DOCENTE

La experiencia docente que se presenta en este trabajo se refiere a la asignatura Electrónica General, asignatura adscrita al segundo curso de la titulación de Grado de Ingeniero en Tecnologías Industriales, e impartida durante el segundo cuatrimestre en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías de la Universidad de Sevilla. Esta asignatura es troncal, obligatoria para todos los alumnos, y es el primer acercamiento a la tecnología electrónica que tienen los alumnos en el grado. Antes de cursarla, la única base teórico-práctica previa con cierta relación a los estudios que se impartían en la asignatura con la que cuentan los alumnos es la de una asignatura denominada Circuitos Eléctricos en la que estudian las leyes básicas de los circuitos eléctricos (Ohm, Kirchhoff, etc.). Más significativo resulta el hecho de que el grado cuenta con un total de 11 intensificaciones diferentes, siendo la asignatura Electrónica General la única en la que se estudia algún temario relacionado con la Tecnología Electrónica para 8 de estas intensificaciones. Es necesario, por tanto, abarcar una cantidad ingente de contenidos para que los alumnos perciban el interés y utilidad industrial de esta área, algo que resulta materialmente imposible en una asignatura que el plan de estudios determina de tipo cuatrimestral con únicamente 4,5 créditos.

Algo similar ocurría en el plan de estudios anterior, presentado en el año 1998, en el que una única asignatura común de electrónica, denominada Sistemas Electrónicos, era impartida a todos los alumnos de la titulación, ocurriendo también que la mayoría de los alumnos no volvían a ver ninguna asignatura de electrónica en la carrera. De hecho, en el plan antiguo la intensificación de electrónica contó desde el principio con un número muy reducido de alumnos, no llegando nunca a ser ni el 2% de los alumnos que cursaban Ingeniería Industrial. Evidentemente, hay múltiples factores que explican esta tendencia, como la existencia de otras titulaciones que podríamos considerar como más afines al área de Tecnología Electrónica, como es el caso de la titulación de Ingeniería de Telecomunicaciones, o la propia inercia existente en muchas Escuelas de Ingeniería que asocian la Ingeniería Industrial con Ingeniería Mecánica o de Organización. En cualquier caso, el hecho de que la asignatura común de electrónica tuviese tan poca

aceptación entre los alumnos se piensa que también pudo influir en esta tendencia. Por ello, en el diseño de la nueva asignatura se ha tenido especial cuidado en tratar de hacer la materia más interesante para todos los alumnos, acercando a estos un conocimiento más general y práctico sobre la Tecnología Electrónica, aún a costa de perder profundidad teórica y de conceptos.

## III. LA ASIGNATURA ELECTRÓNICA GENERAL

La asignatura se ha estructurado, tal y como se describe en detalle en [6]-[7], en las siguientes partes:

- 1ª parte. Introducción (1 semana). Esta parte incluye los siguientes contenidos: presentación de la asignatura, definición de la electrónica, su utilidad e historia, introducción de electrónica analógica y digital así como de áreas de la electrónica (potencia, control, comunicaciones, cálculo, sensores e instrumentación, entre otras).
- 2ª parte. Electrónica analógica (4 semanas). En esta parte se describen contenidos relacionados con los elementos básicos de la electrónica analógica (la unión PN y el diodo, los transistores BJT y MOSFET, el amplificador operacional, así como aplicaciones basadas en componentes analógicos tales como los rectificadores y filtros, interruptores y drivers y otros sistemas electrónicos analógicos lineales como el amplificador de audio o circuitos de adaptación de señales y no lineales relacionados con la electrónica de potencia).
- 3ª parte. Sistemas Electrónicos Digitales (3 semanas). En este caso los contenidos se detallan partiendo del sistema microprocesador y sistemas electrónicos digitales de aplicación industrial, su funcionamiento, componentes y utilidad, para llegar al planteamiento de los dispositivos elementales (codificadores y decodificadores, multiplexores y demultiplexores, latches y biestables, y finalmente puertas básicas) que permitan enlazar y relacionar la electrónica analógica y digital.
- 4ª parte. Diseño de un sistema electrónico utilizando un método basado en "Problem Based Learning (PBL)" (4 semanas de teoría + 2 prácticas en paralelo). Consiste en definir un problema, analizarlo, proponer una solución basada en una estructura y dispositivos definidos por el profesor, para llevarla a cabo posteriormente en el laboratorio. En nuestro caso, y para los primeros cursos académicos de la nueva asignatura, se realiza un sistema microprocesador para el control de la temperatura de un habitáculo.

La asignatura se completa con 4 prácticas de laboratorio, en las que se presentan los métodos de uso de un laboratorio, y se realizan experimentos con sistemas diseñados ex profeso: un preamplificador de audio, un puente en H y un dado electrónico. El material lectivo del curso está disponible en [8]

## IV. EXPERIENCIA BASADA EN PBL

La técnica del Problem Based Learning intenta un enfoque de la docencia en la que el alumnado, tutorado por

el profesor, va desarrollando un problema a partir de los conocimientos previos, y va descubriendo y supliendo las carencias o necesidades formativas, papel en el que el profesor prestará su ayuda. A principio del curso, el profesorado enuncia un problema o proyecto a realizar, y son los alumnos, formando grupos, los que tienen que resolverlo, basándose para ello en los conocimientos que posean y buscando ayuda en aquello que no dominen. Esta técnica es bien conocida y empleada desde hace bastante tiempo[3], pero requiere de una serie de premisas para su correcto desarrollo[9]:

- El PBL debe ser el centro del método docente, no un añadido al mismo.
- Los proyectos estarán enfocados a problemas que interesen a los estudiantes para que trabajen con los conceptos fundamentales de una disciplina.
- Los proyectos deben involucrar a los estudiantes en una investigación de una cierta entidad.
- Los proyectos deben ser conducidos fundamentalmente por los estudiantes, no guiados por los profesores.
- Los proyectos deben ser realistas en la medida de lo posible, y no meramente académicos.

Para que una experiencia PBL se pueda llevar a cabo, los alumnos deben trabajar en grupos, de no más de 4 ó 5 individuos, y ser coordinados por algún docente. Este tipo de metodología docente, tal cual, no resulta operativa para asignaturas masificadas como la que nos ocupa. Por lo tanto, se ha realizado una experiencia que, si bien está basada en la idea de fondo del PBL, está adaptada al caso de asignaturas numerosas y con alumnado diverso. En [8] se describe con detalle el diseño y puesta en marcha de dicha experiencia.

Interesa que los alumnos puedan ver el proceso completo que va desde la idea inicial al prototipo final, incluyendo el mayor número posible de tareas de ingeniería. Con este método docente, se pretenden desarrollar una serie de competencias muy importantes dentro del desempeño de la labor de un ingeniero industrial, como son:

- la búsqueda de información y soluciones,
- la capacidad de selección de soluciones entre distintas tecnologías con criterio,
- la valoración económica de los diseños electrónicos,
- el conocimiento de las distintas tecnologías de fabricación de circuitos,
- el manejo de las herramientas básicas del diseño electrónico (simulador, programa de diseño de placas, entorno de desarrollo...).

El curso 2011-12 fue el primero en el que se impartió la asignatura, aunque la programación docente planteada inicialmente no pudo completarse a causa de una huelga de alumnos realizada al final del cuatrimestre. Este primer curso se matricularon en la asignatura un total de 395 alumnos. A pesar de la falta de tiempo y el excesivo número de alumnos, la asignatura se desarrolló de manera bastante

satisfactoria, tanto en lo referido a resultados académicos, tal y como se verá a continuación, como en satisfacción del alumnado, a tenor de los resultados de la encuesta que se incluyen en este documento.

Para la experiencia PBL se diseñó una placa que utiliza un microprocesador MSP430G2231 para la implementación de un termostato con histéresis, varios displays de 7 segmentos para visualización de la temperatura, pulsadores para el control de la referencia, así como un circuito de adaptación analógico para usar un dispositivo de tipo NTC (*Negative Temperature Coefficient thermistors*) para la medida de la temperatura ambiente. Aunque el diseño que se les presenta a los alumnos sería mejorable en varios aspectos, cubre bastante bien todas las parcelas que se quieren desarrollar en la asignatura, como son:

- Selección de tecnologías: el diseño se puede atacar como un circuito puramente analógico (con amplificadores operacionales, comparadores y potenciómetros), como un circuito digital discreto (basado en elementos de baja escala de integración) o bien como un diseño basado en microprocesador. En clase se discuten las posibilidades, viendo que la tercera es la que presenta mayores ventajas.
- Selección de componentes. Se estudian los distintos sensores de temperatura del mercado y se elige uno en función de sus características de precisión, rango y precio.
- Diseño de una etapa de adaptación analógica. Se muestra cómo se haría una etapa de adaptación, para conseguir que el fondo de escala del sensor coincida con el del convertidor analógico-digital. Se parametriza el diseño por si hay cambios al final, y se les muestra cómo optimizar un diseño en función de los valores de resistencias disponibles en el mercado.
- Diseño de la etapa de interfaz. Se analizan distintas opciones para visualizar la temperatura real y la consigna, comprobando que la única viable, por precio, es usar displays led de 7 segmentos. Se les expone el problema del alto número de pines necesarios y las soluciones posibles (uso de registros de desplazamiento, multiplexión de los dígitos en el tiempo, etc.).
- Diseño del bloque de control. Deben aprender a seleccionar un microcontrolador que cumpla con unas especificaciones dadas, y se les muestra cómo acotar dichas características (memoria, canales A/D, comunicaciones, velocidad, consumo, etc.).
- Diseño del software de control. Una vez cerrado el capítulo del hardware, se les muestran las tareas de control que debe llevar a cabo el microcontrolador, distinguiendo entre las prioritarias y las secundarias, y se les introduce a la programación de sistemas digitales.

En la Fig. 1 se muestra una fotografía del sistema desarrollado para esta experiencia., en la que se han señalado los elementos fundamentales en el diseño, como son el microcontrolador utilizado, el sensor de temperatura con su circuito de adaptación, o el display de 3 dígitos con el registro de desplazamiento para conectarlo al puerto spi.

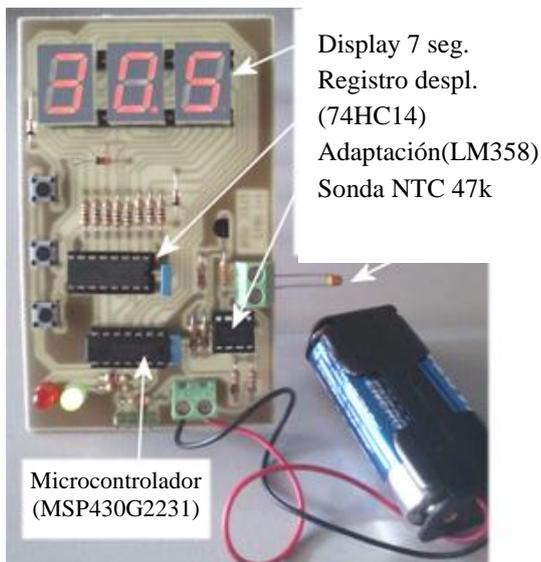


Fig. 1. Placa desarrollada en la experiencia PBL

## V. RESULTADOS OBTENIDOS EL PRIMER CURSO

### A. Resultados Académicos

Aunque no es una medida fiable del éxito de una asignatura, es importante saber el índice de aprobados sobre matriculados y sobre presentados. En el primer curso de impartición de la asignatura, sobre el total de 395 alumnos matriculados, 311 (79%) superaron la asignatura, con la siguiente distribución de notas:

- 142 aprobados.
- 166 notables.
- 3 sobresalientes.

Al ser el primer año que se cursó la asignatura, puede existir un cierto sesgo en cuanto a que los alumnos no conocían cómo se iba a desarrollar la evaluación, lo que juega en principio en su contra. Este factor parece que, no obstante, no ha tenido mucho peso a tenor de los resultados obtenidos en los siguientes cursos.

Conviene destacar también el dato de asistencia a las clases de la parte 4, aquella en la que se desarrolla el PBL. Un 88% de los alumnos matriculados, 348 en total, asistieron a las clases durante el primer curso y entregaron las tareas. Sobre los alumnos que siguieron la parte 4 de la asignatura, 310 aprobaron esta parte antes de la evaluación final con las entregas de los trabajos planteados. La gran mayoría de los que no lo consiguieron fue por entregarlas fuera de plazo. Estos datos merecen ser destacados, por cuanto se puede concluir que la realización de la experiencia PBL ha contribuido positivamente a que los alumnos no abandonen la materia, hagan un seguimiento semanal de la misma y la aprueben en la primera convocatoria oficial.

Como ya se ha comentado anteriormente, el primer curso en el que se impartió la asignatura terminó de manera abrupta, no pudiéndose realizar la última práctica del PBL. En ella, los alumnos terminaban de montar y programaban el microcontrolador del sistema. Aún así, muchos alumnos lo hicieron de manera voluntaria,

montándose unas 50 placas en el laboratorio (el 80% del total de placas encargadas por los alumnos a principios de curso).

Se observó un problema importante a la hora de corregir las tareas, dado que las cuatro clases dedicadas al PBL estaban juntas y al final en la planificación lectiva que se planteó para la asignatura. Esto llevó a que en un plazo muy corto los alumnos tenían que entregar muchos trabajos, coincidiendo además con el final del curso.

### B. Encuesta Comparativa con Sistemas Electrónicos

Aprovechando el hecho de que aún coexisten en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías de la Universidad de Sevilla alumnos del plan antiguo, que habían cursado la asignatura de Sistemas Electrónicos, y del plan nuevo, se diseñó una encuesta de valoración de la actividad docente para ser respondida por los dos grupos de alumnos independientemente: por un lado los alumnos que cursaron en su día la asignatura de Sistemas Electrónicos del plan de 1998, y por otro los que cursaron la nueva asignatura, Electrónica General. La encuesta consta de un total de 37 ítems, referidos a los diversos métodos y materiales docentes, así como al papel del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En la Tabla I se citan los ítems más significativos de la encuesta, que los alumnos tenían que evaluar de 1 a 5 puntos.

Los resultados de la encuesta muestran de forma general una excelente valoración de la asignatura, significativamente mejor que la valoración que los alumnos hacen de la asignatura correspondiente del plan de estudios anterior, sobre todo en las preguntas que inciden en la percepción que los alumnos tienen de su propio aprendizaje. En la Fig. 2 se muestran los resultados obtenidos por una y otra asignatura. Observando los resultados es evidente la mejoría obtenida en general, siendo muy notable, por ejemplo, el incremento experimentado en el interés de los temas (de 2,6 a 4,1) o en la valoración global de la satisfacción (de 1,8 a 3,8). También es fácil ver que ninguno de los ítems valorados por los alumnos de la asignatura de Sistemas Electrónicos llega al valor intermedio, 3, mientras que casi todos los resultados de la nueva asignatura están por encima de 3,5, y bastantes por encima de 4.

## VI. RESULTADOS EN EL CURSO 2012-13

A pesar de los buenos resultados obtenidos, comparando con la asignatura precedente en el antiguo plan de estudios, el segundo año en el que se impartió la asignatura se llevaron a cabo algunos pequeños cambios, principalmente en su organización y planificación. Entre estos cambios destaca que las clases de la parte 4, dedicada a la experiencia PBL, se distribuyeron durante el curso de la siguiente manera:

- La primera clase (en la que se expone el proyecto a realizar, se debaten los diferentes métodos disponibles para hacerlo -analógico, digital, programable, etc.-, se elige el sensor de temperatura a usar -dispositivo NTC- y se llega a la conclusión de que será necesario un circuito de adaptación que todavía no pueden diseñar por no haber estudiado

TABLA I  
ENCUESTA DE VALORACIÓN (VALORES SELECCIONADOS)

Nº	Item	Sist. Elec.	Elec. Gen
1	Interés de los temas impartidos	2,56	4,07
4	Globalmente estoy satisfecho con la formación recibida	1,67	3,43
5	La materia se entiende fácilmente	1,22	3,50
8	El nivel de comprensión tras asistir al curso es aceptable	2,00	3,54
9	Durante el tema se muestran ejemplos reales	2,89	4,07
10	Las herramientas y medios con los que se imparte el tema se adecúan a su explicación	2,33	3,61
14	El profesorado es accesible y dispuesto a resolver las dudas que surgen	2,89	4,14
16	Valore el grado en el que el curso permite la participación del alumno	2,13	3,89
18	La materia es fácil de seguir	1,44	3,71
20	El material usado en el curso se adecúa a las explicaciones teóricas	2,56	3,64
21	El entorno de clase es amigable	2,89	4,43
23	Los profesores de la asignatura motivan a los alumnos	2,00	4,04
25	Asistir al curso me resulta una actividad motivante	1,78	3,68
29	Los profesores de la asignatura fomentan la participación en clase	1,78	3,61
32	Encuentro que la asistencia a clase mejora mi aprendizaje	2,11	3,96
34	Valore en qué medida considera la asistencia a este curso supone una actividad positiva en la que ha aprendido algo	2,33	3,71
36	Valore globalmente los equipos didácticos	1,89	3,81
37	Valore globalmente su satisfacción	1,78	3,79

electrónica analógica de la asignatura) se impartió tras acabar la introducción y la definición de los componentes básicos de la electrónica (parte 1 de la asignatura).

- La segunda clase se impartió al finalizar la parte 2 de la asignatura, centrada en introducir al alumno la Electrónica Analógica. En esta segunda sesión, los alumnos, que ya son capaces de diseñar o al menos de entender el interés de la electrónica analógica, analizan el circuito de adaptación necesario para poder medir la temperatura en el rango que requiere el sistema electrónico estudiado.
- Las clases tercera y cuarta se imparten al final, cuando ya han estudiado los circuitos digitales, tanto discretos como programables. De esta manera, el alumno puede enfrentarse al análisis del diseño hardware del circuito (tercera clase), y a su programación (cuarta clase). Al alumno se le muestra cómo hacer el programa asociado al sistema microprocesador diseñado y qué deben tener en cuenta para ello, aparte de otra serie de consideraciones finales relacionadas con la experiencia, como son el uso de programas de diseño de circuitos impresos, simuladores, etc.

Con la nueva organización docente se han pretendido alcanzar varios objetivos. En primer lugar, repartir la docencia asociada al PBL para que los alumnos puedan ir asimilando el proceso poco a poco. En segundo lugar, conseguir despertar en los alumnos el interés por la electrónica durante la impartición de la asignatura, de

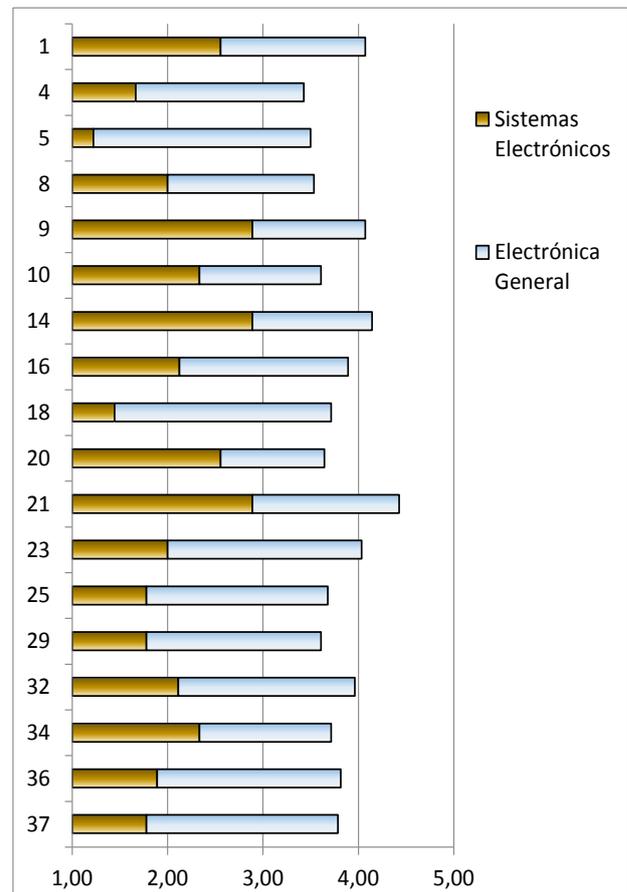


Fig. 2. Resultados comparativos de la encuesta

manera que al estudiar los diferentes campos de la electrónica tengan en mente para qué les puede servir en su diseño. Finalmente, también se pretende escalar el esfuerzo, tanto por parte del alumnado como por parte del profesorado en cuanto a la corrección, realizando las tareas de manera progresiva durante todo el cuatrimestre. En la Fig. 3 se muestra esta nueva organización docente de la asignatura.

En este segundo curso, el número de alumnos matriculados fue ligeramente inferior al anterior, 369 alumnos, aunque la asistencia fue mayor porcentualmente (95% de matriculados) por lo que el número de alumnos que siguió la experiencia fue prácticamente el mismo (343 este segundo curso frente a 348 del primero). Los resultados académicos cosechados este segundo curso fueron incluso mejores que los del primer año lectivo, obteniendo un 92% de éxito en primera convocatoria, con la siguiente distribución de notas:

- 198 aprobados.
- 115 notables.
- 24 sobresalientes.
- 2 matrículas de honor.

Se estima que estos resultados han sido tan positivos gracias, en parte, a la realización por parte de los alumnos de las tareas escalonadas durante todo el cuatrimestre. Esto ha favorecido aún más que la asignatura no haya sido abandonada o dejada para ser estudiada al final. Amén de estos buenos resultados académicos, las encuestas oficiales

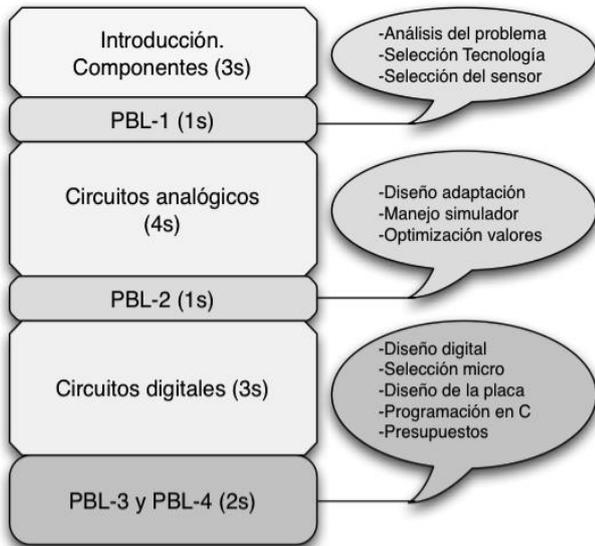


Fig. 3. Nueva organización docente de la asignatura

realizadas por la Universidad a los alumnos muestran una gran satisfacción por la docencia recibida, especialmente en lo referente a la experiencia PBL de la asignatura.

Para analizar el grado de satisfacción y de utilidad que los alumnos ven en la experiencia PBL se elaboró una pequeña encuesta (Tabla II), que se pasó a los alumnos de la asignatura *Sistemas Electrónicos Digitales*, de tercer curso del mismo grado. Esta asignatura sólo la cursan aquellos que eligen las intensificaciones de electrónica, automática o electricidad (3 de las 11 intensificaciones del grado). En todo caso, es importante tener en cuenta que existe un cierto sesgo positivo en la población a la que se somete la encuesta, habida cuenta que sólo se ofrece a alumnos a los que en principio les interesa la electrónica y áreas afines. Las preguntas hacen referencia, como se ha comentado, a las tareas y el desarrollo de la experiencia PBL. Los resultados, que se muestran en la Fig. 4 se han segmentado por especialidad, separando los alumnos que han elegido ya entre las tres especialidades comentadas.

Como era de esperar, los alumnos que han elegido la especialidad de electrónica otorgan mejores puntuaciones que los de las otras dos especialidades en prácticamente todas las cuestiones, excepto en la primera pregunta, acerca de la dificultad de la asignatura. Esto se puede deber a que estos alumnos, al estar más motivados por la electrónica, han profundizado más en la asignatura, viendo la dificultad intrínseca de los procesos de diseño y realización de un sistema electrónico, aspectos que pueden haber pasado desapercibidos para los demás alumnos. La percepción que tienen los alumnos es que la asignatura ha sido útil, que han aprendido y que la experiencia PBL es interesante. Los resultados son en general bastante buenos, si bien se observa que para muchos alumnos las tareas que se han realizado han sido más fáciles que instructivas. Esto nos llevó a reflexionar sobre la necesidad de rediseñar las tareas, que fueron cambiadas para el siguiente curso.

TABLA II  
ENCUESTA DE VALORACIÓN CURSO 2012-13

ITEM	A*	B*	C*
1 La asignatura me ha parecido fácil	3,62	4,00	3,35
2 La asignatura me ha parecido interesante	4,38	3,92	3,65
3 Pienso que he aprendido con la asignatura	3,69	3,20	3,17
4 El diseño realizado en el PBL me ha resultado interesante	4,46	3,80	3,78
5 Las tareas realizadas eran fáciles	3,77	3,76	3,70
6 Las tareas eran útiles y con ellas aprendí	3,46	3,32	3,22
7 Las prácticas me han resultado interesantes	4,00	3,68	3,61
8 El montaje de la placa es instructivo	4,23	4,04	3,74

\*A: Especialidad Electrónica; B: Especialidad Automática; C: especialidad Eléctrica

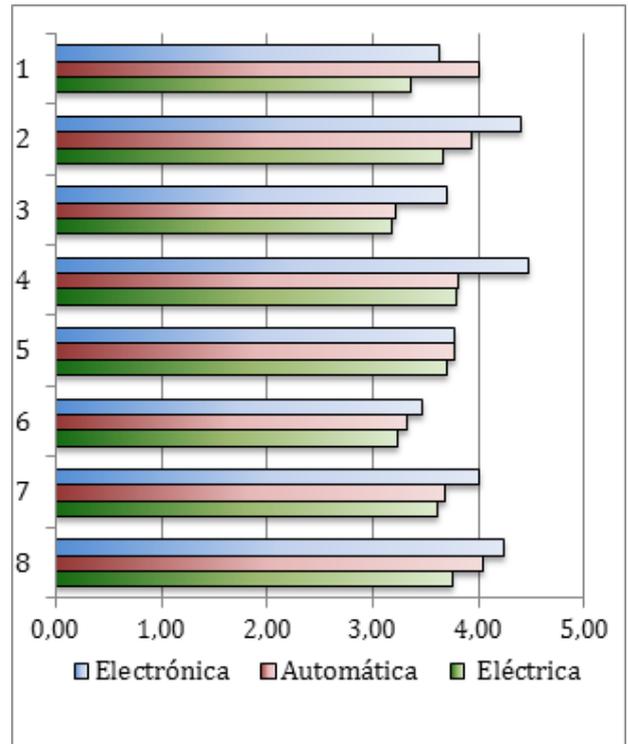


Fig 4. Encuesta de satisfacción segmentada por especialidades

VII. RESULTADOS PRELIMINARES DEL CURSO 2013-14

Aunque aún no haya acabado el curso académico 2013-14, se dispone ya de los resultados de la primera convocatoria, que pueden servir para confirmar la tendencia de las calificaciones obtenidas en años anteriores.

Los resultados de esta primera convocatoria han sido:

- 172 aprobados.
- 90 notables.
- 2 sobresalientes.

De nuevo los resultados académicos son bastante buenos, con números muy similares a los de cursos anteriores. En la siguiente tabla se comparan los diferentes índices de éxito de la asignatura. Se puede comprobar que tanto el porcentaje de aprobados sobre presentados como el de aprobados sobre matriculados son muy altos, siempre por encima del 75%. También es de destacar cómo el porcentaje de presentados

sobre matriculados ha ido subiendo de manera continua, situándose ya en el 95%.

En la Tabla III se muestran algunos indicadores de los resultados académicos obtenidos en estos tres cursos. Se puede ver que el porcentaje de aprobados sobre presentados siempre ha sido superior al 90%. Más importante, a nuestro juicio, es el porcentaje de presentados sobre matriculados, que ha ido subiendo año tras año, situándose actualmente en un 95%. Estos números son poco frecuentes en una Escuela Técnica Superior de Ingeniería, pero tienen fácil explicación en el tipo de docencia que se lleva a cabo, la evaluación con trabajos de parte de la asignatura, y el nivel de implicación que se logra por parte de los alumnos. Es también digno de destacar que los resultados de las encuestas de valoración que realiza la universidad son tremendamente positivos, estando los tres cursos por encima del 4, y cercano al 4,5. Como comparación, la media del área de conocimiento ha estado en torno a 3,4. Estas cifras son un indicativo bastante fiable de que la asignatura es valorada por los alumnos de una forma muy positiva, siendo esto realmente novedoso respecto a lo que ocurría con la anterior

### VIII. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta y analiza la metodología docente empleada en una asignatura troncal de electrónica general y 2º curso en el grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla. La metodología docente empleada potencia la descripción del interés, la utilidad y el uso de sistemas electrónicos reales, simplificando notablemente la exposición al alumnado de conceptos elementales como la física de semiconductores y componentes o dispositivos básicos. La nueva metodología se ha analizado después de impartirse tres cursos académicos (dos de ellos completos).

Del análisis de los resultados obtenidos se puede deducir que el método propuesto es efectivo, lográndose una importante motivación en el alumnado y un notable aumento en el seguimiento de la asignatura (altos niveles de alumnos aprobados y de presentados sobre matriculados). Aparte de los resultados meramente académicos, la opinión de los alumnos sobre la nueva metodología ha sido analizada, comparando los resultados con los obtenidos en asignaturas equivalentes en planes de estudio en extinción. Los resultados confirman la utilidad de la nueva metodología docente, al valorar los alumnos la asignatura como interesante e instructiva. Una parte importante de este cambio de valoración subyace sobre la inclusión de una experiencia de tipo PBL en la metodología docente, como se deduce también de la encuesta realizada a los alumnos que cursaron la asignatura el curso académico 2012-13, donde se confirma el interés que despierta en el alumnado el montaje, manejo y programación de un sistema electrónico real.

TABLA III  
RESULTADOS ACADÉMICOS EN LOS TRES CURSOS IMPARTIDOS

Item	11-12	12-13	13-14
Aprobados sobre matriculados (%)	79	92	91
Aprobados sobre presentados (%)	93	98	95
Presentados sobre matriculados (%)	88	93	95
Nota media (0-10)	6	6,4	6,2
Encuesta de satisfacción (0-5)	4,45	4,61	4,45

Uno de los objetivos que se persigue con este cambio metodológico es presentar la electrónica como una rama de la ingeniería industrial, con entidad propia, aparte de una disciplina de gran ayuda para las demás especialidades de la misma. Aunque los datos de los que se dispone de momento son muy preliminares, el incremento de matriculación en la especialidad de electrónica (14 alumnos en el primer curso académico en que se ha impartido la especialidad), en comparación con el número de alumnos de esta especialidad en el anterior plan de estudios (2 alumnos en el último curso), parece confirmar que se ha conseguido el objetivo propuesto.

### REFERENCIAS

- [1] Musselini, C. "Towards a European academic labour market: Some lessons drawn from empirical studies on academic mobility", *Higher Education*, vol. 48, pp. 55-78, 2004.
- [2] Suárez, B. "La sociedad del conocimiento: una revolución en marcha", Seminario REBIUN. Palma de Mallorca, 2003. J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] Barrows, H. S. *Problem-Based Learning (PBL)*, 2001
- [4] Hosseinzadeh, N.; Hesamzadeh, M.R., "Application of Project-Based Learning (PBL) to the Teaching of Electrical Power Systems Engineering," *Education, IEEE Transactions on*, vol.55, no.4, pp.495,501, Nov. 2012
- [5] dos Santos, S.C.; Figueredo, C.O.; Wanderley, F., "PBL-Test: A model to evaluate the maturity of teaching processes in a PBL approach," *Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE*, vol., no., pp.595,601, 23-26 Oct. 2013
- [6] Perales, M., Barrero, F., Toral, S. "Experiencia PBL en una Asignatura Troncal de Electrónica General", 11º Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE'2012), Vigo, España, Junio de 2012. Premio al mejor artículo en el área de metodologías docentes.
- [7] Perales, M., Barrero, F., Toral, S., Durán, M.J. "Experiencia PBL en una Asignatura básica de Electrónica", *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, Vol. 7, No. 4, pp. 223-230, 2012.
- [8] <http://www.dinel.us.es/docencia/index.php?c=3&d=1&titulacion=11&asignatura=61>.
- [9] John W. Thomas. A review of research on project-based learning. Technical report, The Autodesk Foundation, San Rafael, California 94903, 2000.



**Manuel Perales** es Ingeniero Industrial (1995) y Dr. Ingeniero Industrial (2002) por la Universidad de Sevilla. En 1996 ingresa como investigador en el Grupo de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla, y posteriormente en 1998 como docente en el Dpto. de Ingeniería Electrónica, donde continúa en la actualidad como Profesor Contratado Doctor.



**Federico Barrero** (M'04–SM'05) es Ingeniero Industrial (1992) y Dr. Ingeniero Industrial (1998) por la Universidad de Sevilla. En 1992 ingresa como docente en el Dpto. de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla, donde continúa en la actualidad como Profesor Titular, acreditado para Catedrático desde 2012.



**Sergio Luis Toral** (M'01–SM'06) es Ingeniero Industrial (1995) y Dr. Ingeniero Industrial (1999) por la Universidad de Sevilla. En 1995 ingresa como docente en el Dpto. de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla, donde continúa en la actualidad como Catedrático desde 2012.