

# Los Proyectos de Ingeniería Electrónica en el marco de los Resultados de Aprendizaje EUR-ACE

D. G. Reina, M. Perales  
Dpto. Ingeniería Electrónica  
University of Seville  
Sevilla, España  
{dgutierrezreina,mperales}@us.es

S. L. Toral, F. Barrero  
Dpto. Ingeniería Electrónica  
University of Seville  
Sevilla, España  
{storal,fbarrero}@us.es

**Abstract**— El sello EUR-ACE® es un certificado que una agencia autorizada (en España ANECA) otorga a un título de grado o máster en ingeniería que cumple unos determinados estándares de calidad. Se trata de una marca de calidad internacionalmente reconocida que facilita la movilidad y el reconocimiento de los titulados. Uno de los resultados de aprendizaje más importantes e incluido como requisito específico del sello es el relativo a Proyectos de Ingeniería. Este artículo presenta este resultado de aprendizaje en el ámbito de las titulaciones de grado y muestra cómo puede incluirse en el caso concreto de varias asignaturas relacionadas con la Ingeniería Electrónica.

**Keywords**— EUR-ACE®; Proyectos de Ingeniería; Aprendizaje basado en proyectos; Ingeniería electrónica)

## I. INTRODUCCIÓN

El sello EUR-ACE® en el ámbito de la ingeniería se creó en el año 2000 con el apoyo inicial de la Comisión Europea, y desde 2006 se gestiona desde la European Network for the Accreditation of Engineering Education (ENAAE) de forma descentralizada a través de las agencias nacionales de cada país (ANECA en el caso de España) [1], [2]. Los resultados de aprendizaje establecidos por ENAAE para la obtención del sello EUR-ACE® son 6: conocimiento y comprensión, análisis en ingeniería, proyectos de ingeniería, investigación e innovación, aplicación práctica de la ingeniería y competencias transversales [3]. De entre ellos, destacan de manera especial los resultados relativos a proyectos de ingeniería y aplicación práctica de la ingeniería por su significación en las enseñanzas de ingenierías, que tiene siempre un marcado carácter práctico y aplicado. En el caso concreto de las enseñanzas de ingeniería en España, el resultado aplicación práctica de la ingeniería puede cubrirse fácilmente a partir de los créditos prácticos que contemplan muchas asignaturas de los planes de estudio actuales. En muchos casos además existe una orden CIN que marca las competencias que deben alcanzar los titulados en el caso de titulaciones que conducen a profesiones reguladas, y que aportan un marco de referencia para esa aplicación práctica de ingeniería. No obstante, los resultados de proyectos de ingeniería son mucho más abiertos y menos definidos. En el ámbito concreto de las titulaciones de grado, este resultado establece que los titulados deben tener la capacidad de aplicar sus conocimientos para plantear y llevar a cabo proyectos que cumplan unos requisitos previamente especificados, y la comprensión de los diferentes métodos y la capacidad para

aplicarlos. Así pues se trata de proyectos de especificaciones amplias, en ocasiones más allá de las estrictamente técnicas, donde los alumnos deben desarrollar su capacidad creativa. En consecuencia, son proyectos a desarrollar no en una sesión de prácticas, sino a lo largo del cuatrimestre, conectando bastante bien con los aprendizajes basados en proyectos [4]. Este artículo se centra en cómo desarrollar este resultado en varias asignaturas dentro del área de conocimiento de Tecnología Electrónica, tanto de cursos básicos como en asignaturas de especialidad. Para cada una de ellas se mostrará el proyecto que desarrollan los alumnos y cómo se consiguen los resultados contemplados por el sello.

El resto del artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: la sección siguiente detalla las metodologías docentes más relacionadas con el resultado de proyectos de ingeniería. La sección III detalla varios casos de estudio concretos donde se describen los proyectos llevados a cabo. La sección IV muestra los resultados obtenidos en diversas asignaturas y las principales dificultades encontradas. Finalmente, la sección V concluye el artículo

## II. METODOLOGÍAS DOCENTES

La metodología docente más próxima al resultado de proyectos de ingeniería es el aprendizaje basado en proyectos o Problem Based Learning (PBL). A diferencia de otras metodologías docentes, el Problem Based Learning intenta un enfoque de la docencia en la que el alumnado, tutorado por el profesor, va desarrollando un proyecto de carácter real y multidisciplinar 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 [4]. El aprendizaje basado en proyectos de caracteriza por:

- Ofrecer una visión multidisciplinar e integradora: A diferencia del aprendizaje basado en problemas, el caso de estudio engloba varias áreas de conocimiento y requiere de ciertas habilidades multidisciplinarias para su resolución [5].
- Trabajar cooperativamente: El proyecto resulta inviable para una sola persona y obliga a trabajar en equipo y de forma cooperativa. Esto se debe no solamente al volumen de trabajo requerido sino a que además éste exige de un conjunto de habilidades cognitivas y una variedad de

conocimientos que difícilmente se darán en una única persona.

- Motivar la actividad investigadora: El alumno deberá buscar, asimilar y aplicar nuevos conocimientos necesarios para resolver el caso de estudio.

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. No obstante, la labor del docente de ser de guía, y el proyecto debe ser realizado por los alumnos. Es importante asimismo que el proyecto tenga una cierta entidad investigadora, que sean realistas en la medida de lo posible y que estén enfocados a problemas que interesen a los estudiantes para que trabajen con los conceptos fundamentales de una disciplina.

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 y el manejo de las herramientas básicas del diseño electrónico (simulador, programa de diseño de placas, entorno de desarrollo...). Realmente, es una metodología que cubre varios de los resultados de aprendizaje incluidos en el sello EUR-ACE®. No obstante, su contribución al resultado de proyectos de ingeniería es esencial, ya que dejan libertad al alumno para desarrollar su creatividad, para la búsqueda de soluciones y para la elección de la mejor alternativa. Tradicionalmente, la metodología de enseñanza basada en proyectos se ha reservado para las asignaturas específicas de Proyectos que figuran en muchos planes de estudio o para asignaturas terminales del grado, donde un menor número de alumnos facilita su puesta en práctica. No obstante, los requerimientos del sello implican que es un resultado que debe desarrollarse en un mayor número de asignaturas. Incluso y tal como se verá en la siguiente sección, es un resultado alcanzable en asignaturas de cursos más bajos siempre cuando el aprendizaje basado en proyectos de plantee de una manera adecuada.

### III. CASOS DE ESTUDIO

A continuación se detallan varios casos de asignaturas donde se ha desarrollado el resultado de Proyectos de Ingeniería. Para cada una de ellas se describe su contexto docente, el proyecto desarrollado y en qué medida los proyectos contribuyen a los resultados establecidos por el sello.

#### A. *Electrónica General*

La asignatura Electrónica General está adscrita al segundo curso de la titulación de Grado de Ingeniero en Tecnologías Industriales, e impartida durante el segundo cuatrimestre. 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. La asignatura cubre los aspectos

básicos de la electrónica analógica y digital, junto a varias prácticas de laboratorio.

#### B. *Electrónica Industrial*

Esta materia se imparte en el 4º curso del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales (Mención en Sistemas Electrónicos). La asignatura contiene tanto clases teóricas como clases prácticas de laboratorio. Las clases teóricas versan sobre las diferentes arquitecturas y el diseño de sistemas basado en microprocesadores. Durante las prácticas de laboratorio (sesiones de 2 horas cada una), los alumnos aprenden a programar un microprocesador de la familia C2000 del Texas Instruments. En concreto, el microprocesador TMS320F28335, el cual es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales. A su vez, durante las clases prácticas, los alumnos aprenden a utilizar programas de diseño electrónica para poder realizar un sistema electrónico completo basado en microprocesador.

El proyecto práctico se centra el diseño completo de un sistema electrónico basado en microprocesador para una aplicación industrial. Para ello los alumnos tendrán disponible un sistema completo de desarrollo del microprocesador TMS320F28335. La elección del trabajo es responsabilidad de los alumnos y los profesores sólo validan la adecuación del mismo según los objetivos de la materia.

#### C. *Sistemas Electrónicos Digitales para el Procesamiento de la Señal*

Esta materia se imparte en el 4º curso del Grado en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación (Mención en Sistemas Electrónicos). Se trata de una asignatura teórico-práctica en la que los alumnos aprenden las diferentes arquitecturas y diseño de procesadores digitales para señales, conocidos como DSP de su término anglosajón "Digital Signal Processor". Desde el punto de vista práctico, los alumnos realizan 5 prácticas en las que programan el DSP TMS320C6713 de la familia C6000 del fabricante Texas Instruments. Durante las clases prácticas los alumnos adquieren las destrezas necesarias en el manejo del DSP que posteriormente deberán utilizar para realizar el proyecto de la asignatura. Asimismo, trabajan con el sistema operativo de tiempo real DSP/BIOS.

El proyecto de ingeniería debe estar enfocado a la realización de una aplicación de tratamiento de señales. En la mayoría de los casos los alumnos optan por proyectos basados en señales de audio para aprovechar el códec de audio disponible en la tarjeta electrónica. Los alumnos disponen de un sistema de desarrollo completo del DSP TMS320C6713. La elección de los proyectos corre a cargo de los alumnos, y los profesores sólo validan la adecuación del mismo y el grado de complejidad.

#### D. *Sistemas Electrónicos*

Es una asignatura de tercer curso de la titulación del grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica, común y obligatoria para todos los alumnos. Dichos alumnos ya tienen base de electrónica analógica y digital. La asignatura cubre el diseño de sistemas electrónicos digitales basados en lógica

programable (FPGA) y sistemas basados en microcontroladores. Esta asignatura se evalúa con la realización de dos proyectos, uno por cada parte de la misma. Mientras que el trabajo de programación de FPGA responde a un enunciado dado, el trabajo de microcontroladores es de tema libre, y los alumnos deben seleccionar el tema, buscar los componentes (sensores, actuadores) necesarios, montar el sistema y programarlo.

*E. Sistemas Electrónicos para Automatización*

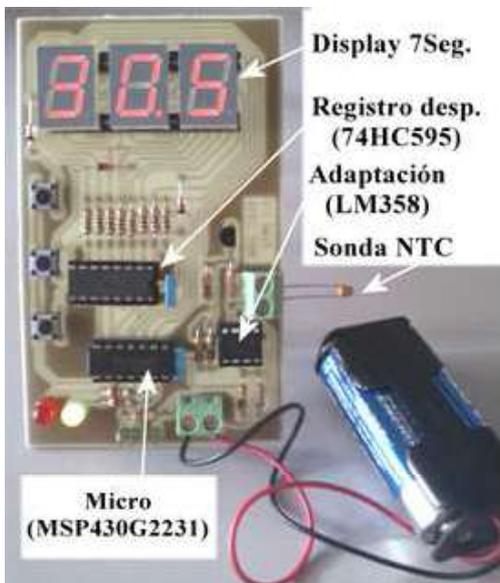
Esta asignatura es continuación de la anterior, en cuarto curso del grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica, pero sólo es cursada por los alumnos de la especialidad de Robótica. Se estudian arquitecturas y técnicas avanzadas en FPGA's, microcontroladores de gama alta y sistemas de comunicación industriales. Se realizan trabajos de diseño y programación de sistemas electrónicos, de tema libre a elección de los alumnos.

IV. RESULTADOS

La puesta en práctica de los Proyectos de Ingeniería en los términos establecidos por el sello supone retos diferentes según las características de cada asignatura, el curso en el que se encuentra ubicada y el número de alumnos. Seguidamente y de forma individualiza para cada uno de los casos descritos previamente, se analizan los resultados obtenidos y las dificultades para su puesta en marcha.

*A. Electrónica General*

La asignatura se ha estructurado en torno a un aprendizaje basado en proyecto, donde 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.



**Figura 1. Placa desarrollada en la experiencia PBL de la asignatura Electrónica General.**

Para ello se les propone a los alumnos el diseño 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, Figura 1. La experiencia demuestra que es posible realizar proyectos de ingeniería en asignaturas básicas, simplemente adaptando la amplitud del proyecto y la secuencia de actividades a los conocimientos de los alumnos.

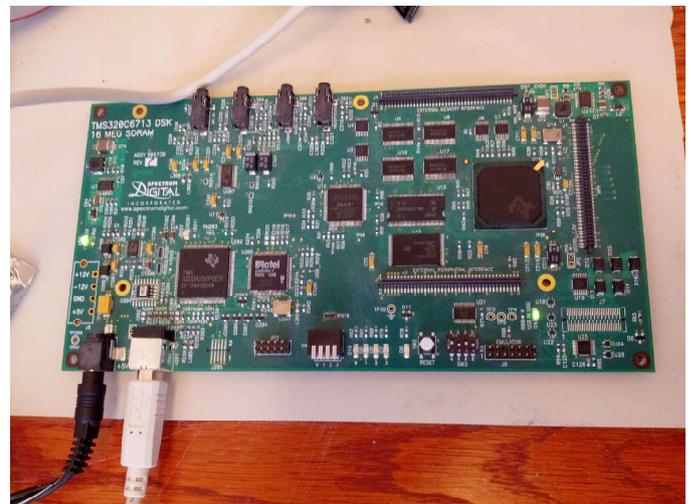
*B. Electrónica Industrial*

Los proyectos suelen estar basados en la integración de un sensor analógico o digital que mide alguna variable del mundo real y que se comunica con el microprocesador mediante alguna de sus interfaces tales como I2C, UART, SPI, etc. A su vez, el diseño de las tarjetas incluye indicadores luminosos y pantallas LCD para la visualización del funcionamiento del sistema. Como ejemplos de proyectos ingeniería realizados en esta materia podemos citar, detectores de paso y control de acceso, alcoholímetro electrónico, sistema de riego y controlador de presencia en habitaciones.

La mayor dificultad encontrada en los proyectos es que se trata de la primera vez que los alumnos programan sistemas microprocesadores a bajo nivel. En asignaturas de cursos anteriores, trabajan con lenguajes de más alto nivel.

*C. Sistemas Electrónicos Digitales para el Procesamiento de la Señal*

Los proyectos de ingeniería realizados en esta materia corresponden a efectos de sonido tales como efecto coro, efecto retraso, modificación de agudos y graves. Por otro lado, existen una gran cantidad de proyectos enfocados al diseño de filtros digitales de respuesta finita tales como ecualizadores o filtros paso bajo/alto. Todos ellos utilizan como base el sistema DSK6713 mostrado en la Figura 4.



**Figura 2. Sistema DSK6713 utilizado en los proyectos de la asignatura Sistemas Electrónicos Digitales para el Procesamiento de la Señal.**

El principal problema encontrado en el desarrollo de los proyectos es la dificultad para entender la programación de tareas basada en prioridades.

#### D. Sistemas Electrónicos

Un total de 25 trabajos se han presentados en esta asignatura, con una gran calidad la mayoría de ellos. Los trabajos tenían como único requisito usar el microcontrolador explicado en la asignatura (MSP430G2553, de Texas Instruments), que les plantea el problema de tener que usar una tensión de alimentación de 3.6V, lo que hace más complejo buscar sensores que puedan funcionar con él. Han realizado trabajos como:

- Maqueta de una casa automatizada, con sensores de luz, temperatura y lluvia y control de la iluminación (led), temperatura (ventilador) e iluminación exterior (toldo). Todos los sistemas funcionan en modo automático, o controlados de forma remota por Bluetooth.
- Controladora MIDI con una octava completa (12 pulsadores) más 4 controles rotativos, a los que se añade la circuitería necesaria para el estándar MIDI, Figura 3.
- Termostato basado en relé, accionado por el microcontrolador, que conecta o desconecta el sistema en cuestión dependiendo de la temperatura y de la consigna fijada. Muestra además por pantalla el valor de la temperatura.



**Figura 3. Controladora MIDI como trabajo de la asignatura Sistemas Electrónicos.**

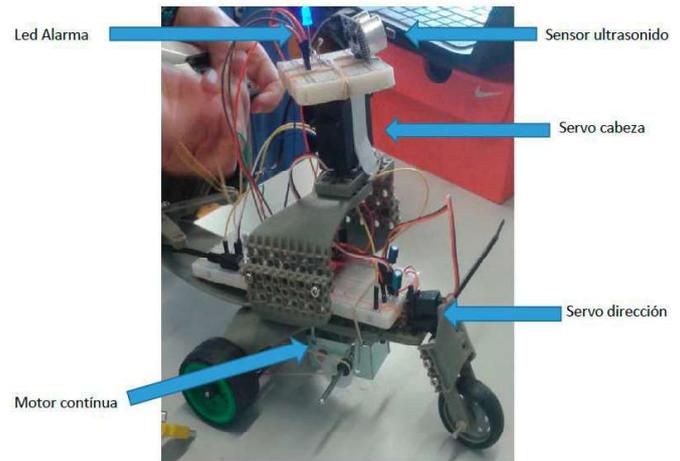
Para realizar estos trabajos, los alumnos han tenido que buscar componentes electrónicos, cablear todos los sistemas y programar el microcontrolador. Además, han tenido que preparar una presentación breve (limitada a 5 minutos) del trabajo, con demostración del mismo, con lo que han desarrollado competencias de comunicación oral y exposición en público de sus resultados.

#### E. Sistemas Electrónicos para Automatización

Se han realizado 11 trabajos muy diferentes, desde juegos hasta monitorización en tiempo real con ayuda de imagen y

movimiento de un robot móvil para alcanzar un objetivo fijado, Figura 4. El microcontrolador utilizado (TM4C1294), de gran capacidad y prestaciones, ha permitido realizar tareas complejas que han tenido que programar.

A cada grupo de alumnos se les proveyó de una tarjeta del microcontrolador, una pantalla táctil y una tarjeta adicional con sensores de todo tipo (luz, temperatura, posición, presión, humedad...), y han desarrollado sus proyectos de manera bastante autónoma, requiriendo muy poca ayuda por parte del profesorado. Ésta es una de las competencias que de manera más firme se desarrolla con estos trabajos: la capacidad de resolver de manera independiente los problemas que se encuentren en el desarrollo de los mismos.



**Figura 4. Ejemplo de trabajo con robot móvil en la asignatura Sistemas Electrónicos para Automatización**

#### V. CONCLUSIONES

Este artículo clarifica el significado de los proyectos de ingeniería en el ámbito del sello EUR-ACE y ofrece diversos ejemplos de cómo estos proyectos pueden llevarse a cabo en asignaturas de electrónica pertenecientes a diferentes cursos y titulaciones. Para ello es necesario adecuar la complejidad del proyecto al perfil de los alumnos y fomentar la creatividad y la toma de decisiones como aspectos a incluir en su planificación.

#### REFERENCES

- [1] ANECA e Instituto de la Ingeniería de España, Programa ACREDITA PLUS: Guía de evaluación para la renovación de la acreditación y la obtención del sello EUR-ACE® para títulos oficiales de Grado y de Máster en ingeniería, 2015.
- [2] G. Augusti, EUR-ACE: the European Accreditation system of engineering education and its global context. In Engineering Education Quality Assurance (pp. 41-49). Springer US, 2009.
- [3] S. Chandrasekaran, A. Stojcevski, G. Littlefair, & M. Joordens, Accreditation inspired project oriented design based learning curriculum for engineering education. In IETEC 2013: Enhancing Global Engineering and Technology Education: Meeting the Future: Proceedings of the 2nd International Engineering and Technology Education Conference 2013 (pp. 1-11). University of Technical Education, Ho Chi Minh City, 2013.

- [4] M. Perales, F. Barrero, S. L. Toral, “Resultados Docentes Usando una Metodología Basada en PBL en una Asignatura Troncal de Electrónica General”, VAEP-RITA, Vol. 2, no. 4, pp. 179-186, 2015.
- [5] D.R. Woods. *Problem-based Learning: how to gain the most from PBL*, McMaster University Bookstore, Hamilton-Canada, 1994.