

Implementación Coordinada de un Nuevo Grado en Ingeniería Electrónica y Automática

Bonifacio Martín-del Brío, *Senior Member, IEEE*, Carlos Bernal-Ruiz, Antonio Bono-Nuez, José M^a López-Pérez, *Member, IEEE*, Arantxa-Otín-Acín, *Member, IEEE*, Francisco J. Pérez-Cebolla

Title— Coordinated Implementation a New Degree on Electronics and Automation Engineering.

Abstract— In the contest of the European Space for Higher Education, the University of Zaragoza (Spain) is now implementing a new academic curriculum for the Electronics and Automation Engineering Degree. We analyze the distribution and weight of basic contents, including subjects such as Mathematics, Physics, Chemistry, Mechanics, Fluids..., and specialized contents related to electronics and automation, pointing strengths and weaknesses of the academic curriculum. Finally, we propose some actions and methodologies for the implementation of this new academic curriculum, intended to achieve a balance between basic and specialized contents oriented to educating Engineers for the European market.

Index Terms— European Space for Higher Education, New University Academic Curricula, New Methods for Education, Electronic Engineering Education

I. INTRODUCCIÓN

EN relación a la organización de las titulaciones en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), hace ya unos años se desarrolló un debate sobre la conveniencia de adoptar un esquema 3+2 o un 4+1, optándose al final por el segundo caso (o incluso un 4+2, dependiendo de la duración del Máster cursado), mientras que en buena parte de los países europeos se ha seguido el 3+2. De esta manera contamos con grados de 4 cursos y másteres con entre 1 y 2 cursos.

Por otro lado, en la confección de los planes de estudio de Grado en Ingeniería en España, se observan dos tendencias, herederas de la tradición en la enseñanza española de la ingeniería industrial:

- a) La especializada, representada por los antiguos planes de Ingeniería Técnica Industrial. Normalmente se plantean por este orden: conocimientos básicos, especializados de una materia específica y, finalmente, de aplicación.
- b) La generalista, que pretende abarcar múltiples áreas de conocimiento con profundidad desde el principio. Intenta una sólida formación básica y general, siendo en los últimos cursos de la titulación cuando se adquiere la

verdadera competencia de aplicación en una especialidad.

Este debate es singular en nuestro país, puesto que en la mayoría de los sistemas educativos de los países industrializados, con un éxito industrial superior al español en muchos casos (Holanda, Reino Unido, etc.), optan por la opción a) [1,2]. La opción b) ha dado lugar a planes de estudios generalistas, como las antiguas Ingenierías Industriales o el actual grado de Tecnologías Industriales.

En aras de dotar de cierta homogeneidad a los grados de ingeniería en todo el estado, manteniendo la autonomía de cada universidad y/o Comunidad Autónoma, distintos actores, incluyendo representantes de los Colegios Profesionales (Técnicos y “superiores”, es decir, de titulaciones de origen de ciclo corto o largo) debatieron durante años sobre el desarrollo de unas directrices comunes que finalmente se vieron plasmadas en la famosa Orden Ministerial CIN/351/2009 [3], en la forma de competencias, formación básica (mínimo de 60 ECTS) y formación industrial común (mínimo de 60 ECTS), que todo grado en ingeniería de rama industrial debe cumplir.

Ello supone en la práctica que al confeccionar en España un plan de estudios de grado en ingeniería, para poder cumplir con dichas competencias, por lo menos el 50% de los 240 créditos se deberán dedicar a competencias generalistas, muchas de ellas trasladables directamente a materias, con lo cual un Grado de otro país europeo de “tan solo” 3 cursos probablemente incluirá más contenidos específicos (Electrónica Industrial, Telecomunicaciones, etc.), que los españoles de 4 cursos, obligados por ley a ser de tipo más generalista.

Dado este marco genérico, en este artículo analizaremos el caso del plan de estudios correspondiente al Grado en Ingeniería Electrónica y Automática de la Universidad de Zaragoza [4] (Sección II), valorando fortalezas y debilidades del plan desarrollado, para a continuación (Sección III) proponer una serie de acciones y propuestas metodológicas encaminadas a lograr que a pesar de su relativo generalismo no se pierda la necesaria profundidad en la especialidad propia (todo lo relativo a la electrónica industrial, en nuestro caso). En la Sección IV realizaremos una propuesta metodológica de proyectos de integración entre asignaturas, que van precisamente en la línea indicada en la Sección III, para concluir con unas conclusiones finales.

II. ANÁLISIS DEL GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

El plan de estudios confeccionado para el Grado en Ingeniería Electrónica y Automática por la Universidad de Zaragoza [4] se ajusta a lo establecido por el Orden

Los autores pertenecen al Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Zaragoza, 50018 Zaragoza, España (correo electrónico de contacto: bmb@unizar.es).

Este artículo se basa en (y actualiza) el trabajo “Puesta en Marcha de un Grado en Ingeniería Electrónica y Automática”, presentado en el congreso de Fomento e Innovación en Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería FINTDI 2011 (5-6 mayo, Teruel), habiendo sido seleccionado como mejor artículo en su sesión.

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

Ministerial CIN/351/2009 [3], que normaliza los requisitos de los planes de estudio que habilitan para la profesión de Ingeniero Técnico Industrial. Dicho plan fue verificado por ANECA, aprobado por el Consejo de Universidades y está inscrito en el Registro de Universidades, Centros y Títulos desde 2010. El estudiante que curse este plan contará con atribuciones profesionales de Ingeniero Técnico Industrial.

A. Fortalezas y Debilidades.

Por un lado, este plan da continuidad al título en Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial que se ha venido impartiendo en nuestra Universidad desde 1991.

Este nuevo grado trata de compaginar la habilitación para una profesión generalista y compleja, como es indudablemente la de Ingeniero Técnico Industrial, proporcionando una formación en competencias básicas en áreas relevantes de la ingeniería industrial, con un cierto grado de especialización en el área específica de la electrónica industrial.

Los centros que imparten las enseñanzas de ingeniería en la Universidad de Zaragoza marcaron una serie de directrices de obligado cumplimiento a las Comisiones de Planes de Estudio, una de las cuales consistió en trasladar cada competencia de Rama Industrial de las exigidas en [3] a una materia de 6 ECTS, por lo que el contenido generalista de las titulaciones industriales resulta ser común en todas ellas y superior al 50% (Tabla I). Dado que en la Orden Ministerial figuran 12 competencias de rama industrial, éstas se materializaron en 12 asignaturas de 6 ECTS, lo que dan los 72 créditos de la Tabla I. Por lo tanto, estaríamos en un esquema cercano al tipo b) indicado en la Sección I, con cierta especialización, aunque inferior a la que contaban las anteriores titulaciones de Ingeniería Técnica y, en particular, a la de la titulación antigua que reemplaza.

Este esquema facilita la movilidad del estudiante de ingeniería entre los distintos grados de industriales que se imparten, pudiendo durante los primeros cursos cambiarse de grado en ingeniería sin perder ningún crédito.

También posibilitó la confección en nuestra universidad de 8 planes de estudio de ingeniería en un “tiempo record” de 4 meses tan solo, con el horizonte temporal de la extinción definitiva de los antiguos títulos y obligatorio arranque de los nuevos títulos de grado en septiembre de 2010. Todo ello además en un entorno enrarecido por las opiniones a favor y en contra de la integración de los centros Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza y Centro Politécnico Superior (integración finalmente llevada a cabo y que ha dado lugar a la actual Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza). A todo lo cual hay que añadir las esperables acciones por parte de los distintos Departamentos en ocasiones “demasiado celosos por velar por sus intereses propios”.

A ello hay que añadir la problemática adicional de que este plan se había de impartir tanto en el Campus Río Ebro de Zaragoza como en el Campus de Teruel, con las dificultades añadidas que implica en cuanto a intereses de 3 centros distintos, de tamaño muy diferente y con dos campus distantes 170 Km.

Pero dicho esquema tiene debilidades: los créditos específicos se ven reducidos a favor de los contenidos más generalistas, por lo que se pierde especialización en comparación con los planes anteriores correspondientes a las Ingenierías Técnicas de última generación, volviendo a un

TABLA I
DISTRIBUCIÓN DE CRÉDITOS EN EL GRADO EN INGENIERÍA
ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE
ZARAGOZA

MÓDULO	CRÉDITOS
Formación Básica	60
Obligatorias Rama Industrial	72
Obligatorias Tecnología Específica	64
Obligatoria Transversal	2
Optativas	30
Trabajo Fin de Grado	12
CRÉDITOS TOTALES	240

esquema generalista más parecido al de los títulos de hace 30 años.

Parece un contrasentido: en 1991 disponíamos de un plan con un notable grado de especialización. En el siglo XXI, en un mundo más complejo, más competitivo, donde el saber se ha ampliado notablemente, en el cual nadie puede ser experto en todo, donde parece que hay que especializarse o perecer... las circunstancias nos han llevado a disponer de un plan más general y menos especializado.

Además de todo ello, en nuestra opinión, existe el riesgo de que un plan de estudios de estas características, al reducir la especialización y consiguiente profundización en una tecnología concreta, resulte más informativo que formativo.

Pensamos que para que el estudiante madure y asimile una tecnología concreta resulta necesario que profundice suficientemente en los contenidos propios de la titulación (en nuestro caso, la electrónica y automática industrial). Para ello habrá que gestionar el plan de estudios de una manera muy cuidadosa y teniendo claro este objetivo.

Por ello es fundamental que el plan de estudios no sea una mera suma de unas 40 asignaturas de 6 créditos, sino que dichas asignaturas estén articuladas y coordinadas, que, por ejemplo, “no se pierdan créditos” con solapamientos entre asignaturas, que las asignaturas más básicas se centren y profundicen en los aspectos concretos de la especialidad, que se detecten posibles carencias de contenidos concretos cuanto antes, etc. Es necesario que el plan de estudios opere como una orquesta dirigida por un director que posee un objetivo claro. Es necesario que el estudiante “se vea obligado” a profundizar en la especialidad, como contrapartida a adquirir una visión superficial de contenidos muy dispersos y variados sin llegar a profundizar en nada.

Afortunadamente, la Universidad de Zaragoza ha implantando un sistema de gestión de la calidad de las titulaciones [5] que, entre otras herramientas y órganos (Comisión de Evaluación del Título, Comisión de Garantía de la Calidad, etc.), incluye la figura del Coordinador de la Titulación, quien está dotado de una cierta descarga docente, complemento económico y asimilación al nivel de un Director de Departamento, y uno de cuyos cometidos es precisamente el indicado en el párrafo anterior: conseguir que el plan de estudios no sea un conjunto de asignaturas estancas, posibilitando incluso el desarrollo de espacios de cooperación entre asignaturas.

En resumen, somos conscientes de las debilidades y fortalezas de este plan, y habrá que tenerlas en cuenta a la hora de implantarlo.

B. Plan de Estudios

Concluiremos esta Sección describiendo brevemente el plan (Tabla II) [4]. Las asignaturas se organizan en los siguientes bloques:

- 1) *Formación Básica (60 ECTS, el mínimo indicado en la Orden Ministerial)*. Se trata de las materias comunes a los estudios de grado en Ingeniería (Física, Matemáticas, etc.).
- 2) *Materias Obligatorias de Rama Industrial (72 ECTS)*. Refleja lo establecido en [3] de forma que pueda cumplir con su objetivo profesionalizante. Como se ha comentado, por directrices de los Centros, se estableció una equivalencia entre competencias de la Formación de Rama Industrial y materias. Adicionalmente, las directrices propias de la Universidad de Zaragoza obligan a dotar cada asignatura obligatoria con un mínimo de 6 ECTS, lo que resulta de la adopción de un sistema de Rama Industrial donde 12 competencias se trasladaron a 12 materias, todas de igual peso (6 ECTS).
Los 60 ECTS básicos y 72 (12x6 ECTS) de rama industrial (más del 50% de los créditos generalistas en total) llevan a una estructura de tipo b) pero con cierto carácter especializado. En opinión de los autores, este paralelismo entre competencias y materias (12 materias, 12 competencias), habrá que “matizarlo” consiguiendo que las materias que no son propias de la tecnología específica se pongan al servicio de ésta, incidiendo en cada una de ellas sobre los aspectos relativos a la aplicación de la electrónica industrial y automatización (a modo de ejemplo, asignaturas relativas a materiales tratarían con suficiente amplitud el silicio y demás semiconductores). Más todavía si se tiene en cuenta que lo que se pretende debe conjugar tanto la especialización como lo general, únicamente en los 240 ECTS de los estudios. El “grado de especialización” de las asignaturas básicas y de rama se suele valorar en el entorno del 25-30%).
- 3) *Materias Obligatorias de Tecnología Específica (64 ECTS)*. Se respeta la comentada homogeneidad y equilibrio en pesos relativos. Únicamente los Sistemas Electrónicos Programables, uno de los pilares de la electrónica y automatización industrial, constan de 10 ECTS, y ello por resultar la suma de dos tecnologías relacionadas, sistemas electrónicos basados en microprocesadores y sistemas empotrados, ésta última no estudiada en el anterior plan de estudios.
- 4) *Otras*. Contenidos transversales, Optatividad y Trabajo Fin de Grado. Estos créditos, por el propio diseño del plan, en gran parte contribuyen a “la bolsa” de tecnologías específicas.

Resumiendo, se trata de un plan de estudios con especialización, pero también con múltiples aspectos generalistas, con la inclusión por ejemplo de materias como Mecánica de Fluidos, Tecnologías de Fabricación, Mecánica, Resistencia de Materiales o Ingeniería Térmica al mismo nivel que por ejemplo las de Electrónica Analógica, Digital y la Automatización Industrial y, en nuestra opinión, con un déficit de créditos en áreas relativas a circuitos eléctricos y máquinas eléctricas.

Observando el fuerte potencial de formación multidisciplinar del plan, junto con las incertidumbres expuestas anteriormente, proponemos en el siguiente apartado líneas de actuación que faciliten una implementación favorable del plan de estudios en los años venideros. Todo ello cumpliendo el objetivo primordial e irrenunciable de un Grado en Ingeniería que debe generar una fuerza de trabajo sólida, con suficientes conocimientos, actitudes y aptitudes que permitan hacer progresar realmente el tejido industrial de la región.

III. DIRECTRICES PARA LA IMPLANTACIÓN COORDINADA DEL PLAN DE ESTUDIOS

En esta Sección proponemos una serie de acciones que traten de evitar la situación descrita en los apartados anteriores, posibilitando una formación suficientemente profunda de un ingeniero especialista en electrónica industrial.

A. Gestión de la Calidad del Título

En primer lugar, se trata de aprovechar la nueva estructura de gestión de calidad de las titulaciones en la Universidad de Zaragoza [5] (Figura 1), como la existencia de un Coordinador de Titulación, con descarga horaria y competencias concretas, o la oportunidad que representa la obligación de desarrollar un Informe Anual de Evaluación y Resultados de Aprendizaje y de un Plan Anual de Innovación y Mejora, que deben ser aprobados por los órganos competentes universitarios y de la Comunidad Autónoma.

Según [5], el coordinador “es el responsable de la gestión, coordinación y mejora de las enseñanzas del título, con el fin de asegurar la aplicación más adecuada de lo dispuesto en el Proyecto de Titulación”. Allí se indica que su competencia alcanza a “todos los aspectos relacionados con la aplicación práctica de lo dispuesto en el Proyecto de Titulación, su propuesta de modificación, así como sobre las acciones de innovación y mejora”.

Existe además una Comisión de Evaluación de la Calidad de la Titulación, presidida por el Coordinador, encargada de elaborar un informe anual de calidad y resultados de aprendizaje, así como una Comisión de Garantía de la Calidad de la Titulación, de mayor rango (y que puede ser común a varias titulaciones), que tiene como misión “ejercer de forma efectiva la responsabilidad de la calidad de la titulación en todos sus aspectos de planificación, organización, docencia y evaluación, así como de la garantía de la adecuación de las acciones de su coordinador(a) o coordinadores y de la aprobación de las propuestas de modificación y mejora”.

La “capacidad ejecutiva” del Coordinador de Titulación está contemplada, de manera que puede, según el mismo texto, “formular propuestas de modificación o realizar indicaciones para su aplicación. Cuando tales propuestas o indicaciones cuenten con el respaldo de la Comisión de Garantía de la Calidad de la Titulación, habrán de ser atendidas por los profesores responsables de la docencia correspondiente”.

TABLA II.
PLAN DE ESTUDIOS DETALLADO EN MATERIAS

Curso	Semestre	MATERIA/ASIGNATURA	Carácter/Modulo	ECTS	Curso	Semestre	MATERIA/ASIGNATURA	Carácter/Modulo	ECTS
1	1	MATEMÁTICAS I	Fb	6	1	2	MATEMÁTICAS III	Fb	6
1	1	MATEMÁTICAS II	Fb	6	1	2	EXPRESIÓN GRÁFICA	Fb	6
1	1	FÍSICA I	Fb	6	1	2	FÍSICA II	Fb	6
1	1	QUÍMICA	Fb	6	1	2	EMPRESA	Fb	6
1	1	INFORMÁTICA	Fb	6	1	2	FUNDAMENTOS DE ELECTROTECNIA	Ob	6
2	1	INGENIERÍA DE MATERIALES	Ob	6	2	2	ESTADÍSTICA	Fb	6
2	1	MECÁNICA	Ob	6	2	2	INGENIERÍA TÉRMICA	Ob	6
2	1	FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA	Ob	6	2	2	ELECTRÓNICA ANALÓGICA	Ob	6
2	1	ELECTROTECNIA	Ob	6	2	2	ELECTRÓNICA DIGITAL	Ob	6
2	1	SEÑALES Y SISTEMAS	Ob	6	2	2	SISTEMAS AUTOMÁTICOS	Ob	6
3	1	MECÁNICA DE FLUIDOS	Ob	6	3	2	TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN	Ob	6
3	1	RESISTENCIA DE MATERIALES	Ob	6	3	2	INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA	Ob	6
3	1	ELECTRÓNICA DE POTENCIA	Ob	6	3	2	ROBÓTICA INDUSTRIAL	Ob	6
3	1	INGENIERÍA DE CONTROL	Ob	6	3	2	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	Ob	6
3	1	SISTEMAS ELECTRONICOS PROGRAMABLES (semestre 1)	Ob	6	3	2	SISTEMAS ELECTRONICOS PROGRAMABLES (semestre 2)	Ob	4
					3	2	INGLÉS NIVEL B-1	Ob	2
4	1	OFICINA DE PROYECTOS	Ob	6	4	2	ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS	Ob	6
4	1	INGENIERÍA DEL MEDIO AMBIENTE	Ob	6	4	2	OPTATIVAS	P	12
4	1	OPTATIVAS	P	18	4	2	TRABAJO FIN DE GRADO	TFG	12

Creemos que estos órganos implantados en la Universidad de Zaragoza (Figura 1) dan cobertura legal y formal a las mejoras que proponemos. En particular, el coordinador de titulación tendría que ser el principal motor para sacar adelante dichas mejoras y actuar como un director de orquesta que coordina y saca lo mejor de sí a los diversos agentes del proceso.

B. Primer Nivel: Propuesta de Acciones para la Coordinación

Nuestra primera propuesta de acción consiste en que las asignaturas más generalistas (básicas y de rama industrial en las Tablas I y II) estén al servicio de las asignaturas industriales y específicas. Deben ser su soporte básico y deben cubrir y abordar sus contenidos de manera que las asignaturas más cercanas a la especialidad propia no tengan que repetir contenidos básicos y puedan así profundizar más en sus áreas concretas.

Las asignaturas de rama industrial deben incidir en los aspectos propios de la electrónica industrial y automática, de modo que no sean “créditos generales perdidos para la especialidad”. Esta “especialización” de dichas asignaturas puede afectar quizás a una cuarta parte de sus contenidos. Obsérvese que dentro de estas asignaturas hay algunas que tienen ya contenidos propios de este grado, como Electrotecnia, Fundamentos de Electrónica y Sistemas

Automáticos, las cuales deberán impartirse teniendo en cuenta las asignaturas de especialidad que vienen a continuación, por lo que no deberán ser idénticas a las homónimas del resto de grados de ingeniería del campus.

Para lograr este objetivo, se están desarrollando reuniones periódicas, generales y por bloques de asignaturas, para conseguir que los profesores perfilen dicho nivel de especialización y coordinen las asignaturas de las que son responsables con las asignaturas posteriores cuyos contenidos dependen de ellas. En dichas reuniones comprobamos cómo muchas veces la coordinación entre asignaturas depende más de la disposición personal de los profesores concretos responsables que incluso de la mayor o menor cercanía entre las asignaturas.

Una segunda acción que proponemos es la selección, enseñanza y uso de las herramientas de hardware y software comunes a varias asignaturas, como simuladores, equipos de laboratorio, etc. De la experiencia en el título de Ingeniería Técnica entendemos que es fundamental que los estudiantes no pierdan el tiempo aprendiendo herramientas diversas orientadas a realizar lo mismo: los créditos prácticos pueden aprovecharse mejor si las distintas asignaturas se ponen de acuerdo en el empleo de herramientas comunes, como simuladores de circuitos, entornos de desarrollo de microprocesadores y herramientas de laboratorio comunes.

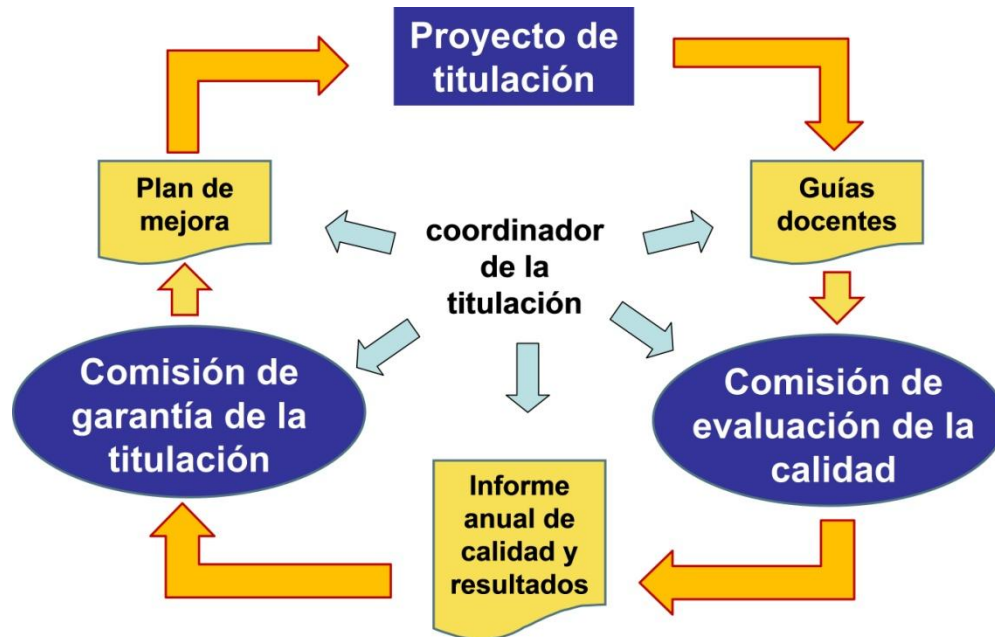


Fig. 1. Sistema de Gestión de la Calidad de las Titulaciones de la Universidad de Zaragoza.

En este sentido, por ejemplo, se ha llegado a un amplio acuerdo de utilización del entorno ORCAD.

La tercera acción que proponemos resulta más ambiciosa. Pensamos que será fundamental tanto la coordinación y diálogo permanente entre asignaturas como la creación de espacios comunes. Este último aspecto es precisamente uno de los que la Universidad de Zaragoza está promoviendo a partir de las convocatorias anuales de proyectos de innovación docente [6].

Para que un plan de estudios deje de ser una bolsa de asignaturas independientes, se requiere un trabajo coordinado de grupos de profesores, incluso de distintos departamentos. En 2010-11 dimos los primeros pasos en este sentido a través de un proyecto de innovación docente, que prosigue durante el presente curso 2011-12. Pensamos que por su naturaleza motivadora, proyectos de innovación de este tipo pueden conseguir involucrar a profesores que de otra forma quizá fueran reacios a “compartir” su docencia.

En 2010-11 comenzamos con la coordinación de contenidos de 1º y 2º curso relacionados con las temáticas de electromagnetismo, transformadas matemáticas, teoría de circuitos, señales y sistemas y electrónica básica, lo cual involucra a asignaturas como Física II, Matemáticas III, Fundamentos de Electrotecnia, Fundamentos de Electrónica, Electrónica Analógica y Señales y Sistemas. En el presente 2011-12 estamos empezando ya el trabajo de coordinación de las asignaturas de 1º y 2º con las de 3º (que se impartirán por vez primera a partir de septiembre de 2012).

C. Segundo Nivel: Espacios de Cooperación entre Asignaturas

Esta última propuesta implica una cooperación de un nivel superior, estando destinada, en principio, a asignaturas a partir de 2º curso.

Muchas de las materias dentro del bloque de Obligatorias de la Rama Industrial, tienen aplicación en la electrónica y la automática. Para facilitar que se amalgamen en la

formación de un especialista en electrónica y automática industrial y no se queden en una mera suma de compartimentos separados e inconexos, proponemos una forma de integración en la que se compartan parte de los créditos de estas asignaturas en la realización de actividades formativas comunes, como proyectos, trabajos o prácticas.

Según este esquema, las asignaturas implicadas cederían una parte de sus créditos para la realización de un trabajo que integre el desarrollo de diversas partes que correspondan a las diversas materias, desarrollos que, necesariamente, estarían estrechamente relacionados. Un trabajo de estas características implementaría una aplicación de la electrónica y la automática en la ingeniería. De esta manera tomaría un profundo sentido el control industrial de elementos ingenieriles (mecánicos, térmicos, eléctricos) a través de las tecnologías electrónicas.

Un ejemplo fácil de entender es el de la microbótica: construcción de pequeños robots. Se trata de un área de trabajo plenamente multidisciplinar, en el que hay que incorporar conocimientos y habilidades procedentes de materias diversas relacionadas con la mecánica, la electrónica y la automática, puesto que implica desde el diseño de partes y estructuras mecánicas, hasta el diseño y realización de circuitos analógicos y de potencia, microprocesadores, y el desarrollo de algoritmos de control programados.

En el siguiente capítulo se plantea un ejemplo detallado con asignaturas concretas de un trabajo de integración, en el que se contempla la asignación de créditos, el desarrollo y su evaluación.

IV. PROYECTO DE INTEGRACIÓN DE ASIGNATURAS

Como se ha comentado, mediante la creación de espacios comunes entre asignaturas se trata de dar sentido a las materias más básicas y generalistas, compartiendo una parte de los créditos de éstas en la realización de actividades formativas comunes, como proyectos, trabajos o prácticas.

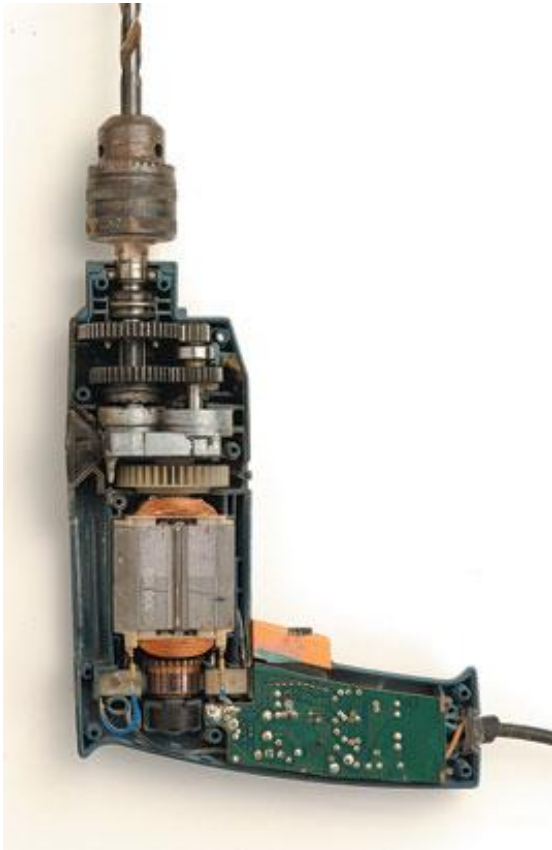


Fig. 2. Ejemplo de proyecto de cooperación entre asignaturas: desarrollo de un taladro.

A modo de ejemplo se va a particularizar la propuesta en un bloque conceptual, relativo a la integración de las disciplinas mecánicas con las de electrónica de control.

Desarrollaremos como ejemplo el diseño de un taladro, en el que podrían participar asignaturas como Resistencia de Materiales, Tecnologías de Fabricación, Sistemas Electrónicos Programables, Electrónica de Potencia e Ingeniería de Control.

En nuestra propuesta varias asignaturas dedicarían algunos créditos a un “fondo común”, cuya equivalencia en horas de trabajo (1 crédito equivale a 25 horas totales de trabajo en nuestra universidad) se emplearía en el desarrollo de un trabajo o proyecto de integración. Es muy importante la selección de las asignaturas implicadas, de forma que el proyecto se realice a lo largo de un único curso académico.

En la Tabla II tenemos la secuenciación de las asignaturas del Grado. Para este proyecto hemos elegido el tercer curso. A modo de ejemplo se planteará aquí como proyecto de integración el diseño de un taladro sencillo (Figura 2). Las asignaturas que podrían participar serían las siguientes:

- Resistencia de materiales (1er cuatrimestre): estudio y cálculo de los esfuerzos necesarios en el proceso de taladrado.
- Tecnologías de Fabricación (2º cuatrimestre): implicada en el cálculo y diseño para la fabricación de las distintas piezas mecánicas del taladro (ruedas dentadas, carcasa, etc...).
- Sistemas Electrónicos Programables (anual): para la realización del control global del sistema. Al ser una asignatura anual, podría ser el hilo conductor del proyecto.
- Electrónica de Potencia (1er cuatrimestre): diseño del circuito de potencia del motor.

- Ingeniería de Control (1er cuatrimestre): estudio y diseño del tipo de control que se debe implementar en un aparato de estas características.

Con 5 asignaturas implicadas, si cada una invirtiera tan solo un crédito, se dispondría de 5 créditos para el proyecto (125 horas de trabajo). Este número de asignaturas nos parece el óptimo, ya que es más probable que el profesorado implicado esté dispuesto a dedicar sólo un crédito para un proyecto que la alternativa de unas pocas asignaturas cuyos profesores tuvieran que ceder más créditos. Además, de esta forma el trabajo es de real integración entre materias y departamentos. Pensamos que por encima de 5 asignaturas la dificultad de coordinación del profesorado correspondiente aumentaría en exceso.

Nos parece interesante que haya una asignatura anual que lleve la coordinación del proyecto (en este caso Sistemas Electrónicos Programables) que, si se viera necesario, podría añadir un crédito extra, para que en total fueran 6 (los mismos créditos que una asignatura cuatrimestral).

Una parte muy importante para llevar a buen fin esta propuesta es que es necesario un control muy preciso de la evaluación. Es imprescindible que el proyecto sea evaluado, como mínimo, en dos ocasiones:

- Una primera en la que se debería tener un prototipo donde estuvieran todos los cálculos de materiales, el diseño preliminar pero detallado,... Esta parte es necesaria para poder evaluar las asignaturas que son de primer cuatrimestre. Además, el que exista esta evaluación intermedia fuerza que los alumnos trabajen en el proyecto de forma más continuada.
- Una segunda con el proyecto definitivo, con el diseño completo, electrónico y mecánico. Esta evaluación serviría para dar nota a las asignaturas de 2º cuatrimestre y la anual.

La forma de evaluación debería consistir, como mínimo, en dos calificaciones para cada punto de evaluación (al final de cada cuatrimestre) y se compondrán de una nota global del diseño y notas individuales asociadas a cada asignatura implicada. Cada asignatura asociada al proyecto incorporará a su lista de notas la suma de la nota global del proyecto y la nota individual asociada a su materia. El peso específico de cada parte (global o específica) se debería determinar en el seno de la titulación, aunque se recomienda que la parte específica no suponga menos del 50% de la nota que se debe incorporar después a cada asignatura.

Sería especialmente interesante, y una labor importante de consenso entre los profesores implicados, que el peso de la nota del proyecto en cada asignatura fuera aproximadamente el mismo

V. CONCLUSIONES

En este artículo se han analizado las fortalezas y debilidades de la aproximación “generalista con relativa especialización” adoptada en el plan de estudios del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática de la Universidad de Zaragoza.

El primer curso de este plan de estudios arrancó en septiembre de 2010. En la actualidad se están impartiendo los cursos 1º y 2º y se está en estos momentos planificando el curso 3º, que arrancará en septiembre de 2012.

Para lograr coherencia en la implementación del plan se están aprovechando los recursos derivados del sistema de gestión de calidad de las titulaciones de la Universidad de Zaragoza, apoyados mediante convocatorias de proyectos de innovación docente.

Los primeros objetivos, realistas y más modestos, han consistido en perfilar las asignaturas básicas y de rama industrial para las necesidades específicas de la titulación, así como coordinar los contenidos de las asignaturas, proceso que ya se ha llevado a cabo en una primera fase en las asignaturas de 1º y 2º curso.

Un aspecto a destacar es la existencia de una cierta inercia por parte de determinados profesores a proseguir con las nuevas asignaturas “como si nada hubiera cambiado”. En este caso concreto no nos estamos refiriendo a la mayor o menor disposición a adoptar metodologías docentes “estilo Bolonia”, sino a que algunos profesores persisten en la antigua dinámica en la que cada asignatura era un “Reino de Taifa” en la que cada profesor hacía y deshacía a su antojo.

La realidad hoy es bien distinta: las asignaturas forman parte de un Proyecto de Titulación, contrato entre la Universidad y la sociedad, que se debe cumplir; cada asignatura no es un ente aislado, sino que forma parte de un plan y debe estar perfectamente coordinada con el resto de asignaturas del mismo; finalmente, existe un sistema de gestión de la calidad de las titulaciones que coordinan y dan directrices de obligado cumplimiento por los profesores responsables de las asignaturas.

Para concluir, queremos remarcar que la parte más ambiciosa, como es un proyecto de integración como el descrito en la Sección IV, todavía no se ha podido poner en marcha, pues constituye una 2ª fase que requiere de un trabajo de planificación previo importante, en el cual hay que incluir la concienciación del profesorado. Además, está orientado a asignaturas de 3º, que aún no se imparten y cuyo profesorado a fecha de hoy no está asignado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de innovación educativa PIECyT_11_1_422, Convocatorias de Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza 2011-12.

Asimismo, queremos agradecer al apoyo por parte de la red temática del Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE (red CESEI), financiada por el Gobierno de España por medio de la acción TIN2009-07333-E/TSI.

Este artículo es una versión actualizada del trabajo “Puesta en Marcha de un Grado en Ingeniería Electrónica y Automática”, presentado en el congreso de Fomento e Innovación en Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería FINTDI 2011 (5-6 de mayo, Teruel), habiendo sido seleccionado como mejor artículo en su sesión.

Finalmente, queremos dedicar este trabajo a nuestro querido compañero Tomás Pollán Santamaría [7], prematuramente desaparecido. Muchas de sus ideas están aquí reflejadas.

REFERENCIAS

- [1] M. Gómez-Leal. “La regulación de la profesión de ingeniero en cinco estados miembros de la unión europea: Alemania, Francia, Finlandia, Italia y Reino Unido”. Informe para el Ministerio de Educación y Ciencia, 2007. <http://www.unizar.es/ees/doc/informe-ingenieros-ue.pdf> (Último acceso: enero 2012)
- [2] TUNING Educational Structures in Europe. Report of the Engineering Synergy Group <http://www.unizar.es/ees/> (Último acceso: enero 2012)
- [3] Orden Ministerial CIN/351/2009 (BOE 20/02/09). www.boe.es/boe/dias/2009/02/20/pdfs/BOE-A-2009-2893.pdf (Último acceso: enero 2012)
- [4] Proyecto de titulación del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática, Universidad de Zaragoza <http://titulaciones.unizar.es/ing-elec-automatica/> (Último acceso: enero 2012)
- [5] Gestión de la Calidad de las Titulaciones en la Universidad de Zaragoza <http://www.unizar.es/innovacion/calidad/procedimientos.html>
- [6] <http://www.unizar.es/innovacion/> (Último acceso: enero 2012)
- [7] B. Martín y otros. “En Memoria del Profesor Tomás Pollán Santamaría” IEEE Rita, pp 5-9, Febrero 2010, <http://diec.cps.unizar.es/~tpollan/> y <http://romulo.det.uvigo.es/revista/RITA/site/201002/uploads/IEEE-RITA.2010.V5.N1.InMemoriam.esp.pdf> (Último acceso: enero 2012).



Bonifacio Martín-del-Brío es Licenciado en Ciencias Físicas y Doctor en la Universidad de Zaragoza por el programa de Ingeniería Electrónica. Profesor Titular de Universidad, imparte docencia en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, siendo en la actualidad adjunto a la dirección del centro, en calidad de Coordinador de los estudios de Ingeniería Electrónica y Automática.

Senior Member del IEEE, sus principales áreas de trabajo son los sistemas electrónicos inteligentes, sistemas microprocesadores y tecnologías para la enseñanza de la electrónica, sobre los que ha publicado más de veinte artículos en revista, más de cien comunicaciones en Congresos y dos libros de texto. Ha participado y dirigido proyectos de investigación de financiación pública y privada sobre electrónica industrial, domótica y tecnologías para la enseñanza, principalmente.



Carlos Bernal Ruiz. Ingeniero Técnico Industrial, Ingeniero Industrial (2001), actualmente es Profesor Colaborador y miembro desde su fundación del Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GEPM) de esta Universidad.

Ha trabajado varios años en la industria como ingeniero de I+D y responsable de nuevos desarrollos. Su interés investigador ha estado centrado los últimos doce años en el desarrollo de sistemas eficientes en Electrónica de Potencia campo donde es autor de varias contribuciones, patentes, premios y textos docentes.



Antonio Bono Nuez es Ingeniero Industrial y profesor colaborador del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones de la Universidad de Zaragoza (España) desde el año 2001.

Su interés en la docencia la he llevado a colaborar en más de 10 proyectos de Innovación Docente. Actualmente está realizando su tesis doctoral. Sus intereses investigadores se enmarcan en las aplicaciones basadas en microprocesadores, instrumentación electrónica y redes neuronales artificiales.



José María López Pérez es Ingeniero Técnico Industrial y Bachelor of Engineering. Profesor Titular de Escuela Universitaria en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza. Ha desempeñado tareas de gestión como subdirector de la extinta Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.

En ambas facetas, la docente y la de gestión, ha desarrollado trabajos en el ámbito de la interacción entre tecnología y arte aplicadas en la docencia y la investigación en la Universidad. La misma línea encuentra cauce en proyectos de innovación docente de trayectoria continuada.



Aránzazu Otín. Licenciada en CC. Físicas (2001) y Doctora por la Universidad de Zaragoza en el programa de Ingeniería Electrónica (2007). Actualmente es Profesora Contratada Doctora de la Universidad de Zaragoza, impartiendo su docencia en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la misma.

Miembro del IEEE, forma parte del Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GEPM) del IBA de la Universidad de Zaragoza.

Su interés investigador ha estado centrado durante los últimos 10 años en el diseño microelectrónico, especialmente en el diseño de ASIC mixtos de altas prestaciones. Recientemente ha comenzado a trabajar en nuevas líneas de especialización dentro del calentamiento por inducción, centrándose en dispositivos semiconductores de gap ancho (SiC)..



Francisco José Pérez Cebolla es Profesor Titular de Escuela Universitaria en el Departamento Ingeniería Electrónica y Comunicaciones de la Universidad de Zaragoza desde el año 2000.

Sus áreas de interés son la electrónica analógica, la electrónica de potencia y las tecnologías para la enseñanza de la electrónica.