

# Reflexión sobre los contenidos que cubran la competencia “Conocimientos de los fundamentos de la Electrónica” en los títulos de Grado de Ingeniería Industrial

Carlos J. Jiménez

Dpto. de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla /  
Instituto de Microelectrónica de Sevilla (CSIC)  
Sevilla, España  
cjesus@us.es

Gloria Miró, Carlos León, Antonio López

Dpto. de Tecnología Electrónica  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, España

**Abstract**—En el desarrollo de los títulos de grado de Ingeniería Industrial aparecen un conjunto de competencias (básicas y comunes) que deben ser adquiridas por los alumnos que cursen cualquiera de sus cinco titulaciones.

En esta comunicación se presenta una reflexión sobre los contenidos que debe presentar la asignatura que cubra la competencia “Conocimientos de los fundamentos de la Electrónica”, analizando los contenidos de las asignaturas que desarrollan esta competencia en algunas de las universidades de España y presentando con detalle la asignatura que la desarrolla en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla.

*Títulos de grado, fundamentos de electrónica, Ingeniería Industrial.*

## I. INTRODUCCIÓN

La adaptación de las titulaciones universitarias españolas al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha supuesto un período de reflexión muy importante en las universidades tanto desde el punto de vista de metodologías docentes [1] como de adaptación de contenidos a las nuevas estructuras de los grados [2]. Hay que comentar que ésta es una reflexión que ni es nueva ni se reduce a las universidades españolas o europeas. Basta con echar un vistazo a las bases de datos bibliográficas para ver las múltiples comunicaciones que sobre este tema, tanto actuales como con cierta antigüedad [3][4].

De las muchas cuestiones que la adaptación al EEES plantea, una de ellas es la necesidad de que todos los alumnos de los títulos de Grado en Ingeniería Industrial que habilitan para el ejercicio de la profesión regulada de Ingeniero Técnico Industrial tengan que adquirir unas competencias comunes a todos los títulos. Esto abre una situación con distintas alternativas y que en muchos casos es también novedosa.

La adquisición de estas competencias se articula mediante los contenidos de asignaturas. Por lo tanto, si las competencias

son comunes, las asignaturas que las desarrollan deberían tener los mismos contenidos y por lo tanto ser idénticas en los distintos títulos. Sin embargo ésta no es la única alternativa, puesto que se puede desarrollar una misma competencia con asignaturas con contenidos diferentes, más adaptados a la titulación en la que se imparte. Esto puede tener mucho más sentido en asignaturas que desarrollan competencias básicas y comunes de los títulos, que siempre son muy generales.

Cada una de estas alternativas tiene sus ventajas e inconvenientes. Por un lado, la creación de asignaturas con contenidos diferenciados tiene como ventaja el poder adaptar los contenidos al título en el cual se imparte, pero dificulta la movilidad de los alumnos entre títulos de grado en Ingeniería Industrial en los primeros cursos. Por el contrario, la unificación de contenidos facilita al estudiante el cambio de titulación en los primeros cursos y a los profesores aunar esfuerzos para montar e impartir dicha asignatura. Pero tiene como inconveniente fundamental, la selección de contenidos, puesto que tienen que ser válidos para alumnos que cursan títulos con contenidos bastante diferentes.

En el caso de las asignaturas que cubren las competencias recogidas en el módulo común a la rama industrial, la selección de contenidos en el caso de optar por una asignatura idéntica en todos los títulos ha de hacerse con mucho cuidado, porque para unas titulaciones la materia impartida es inicial para el alumno, y se profundizará y desarrollará durante el resto del título, mientras que en otras titulaciones esta misma materia será terminal, es decir, no se profundizará más. Ésta es una problemática que aparece con la asignatura relacionada con la competencia común a la rama industrial “Conocimientos de los fundamentos de la Electrónica”, que ha de impartirse en las titulaciones de grado de Ingeniería Industrial.

En esta comunicación queremos abrir una reflexión sobre las distintas alternativas para desarrollar la asignatura que cubra esta competencia en las distintas titulaciones de la Ingeniería Industrial. Para ello se pretende, en primer lugar,

hacer una reflexión sobre los contenidos que debiera tener, puesto que la descripción de la competencia, al ser muy general, deja muy abiertos los contenidos que debe tener la asignatura que los desarrolle. En segundo lugar se hace un análisis de las soluciones que se han dado en algunas de las Universidades españolas, viendo si han propuesto asignaturas con los mismos o con diferentes contenidos en los distintos títulos y cuáles son dichos contenidos. Finalmente se planteará la alternativa que se ha puesto en marcha en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla.

## II. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

La elección de los contenidos de la asignatura no es una tarea banal. Una asignatura que tenga como objetivo que el alumno adquiera “conocimientos de los fundamentos de la electrónica” tiene que llevar a cabo una muy cuidadosa selección de contenidos, porque la amplitud de la materia conlleva en cualquier caso que sólo se puedan dar pinceladas de la Electrónica. Lo primero que hay que incluir son tanto conocimientos relativos a la electrónica analógica como digital. En cada uno de estos grupos se pueden seguir diferentes visiones:

### A. *Visión de dispositivos*

Una primera forma de afrontar los contenidos de la asignatura es partir de los dispositivos básicos: diodos, transistores y amplificadores operacionales, para la parte analógica, y puertas lógicas, biestables y subsistemas combinatoriales y secuenciales para la parte digital.

En esta visión los objetivos son el conocimiento del funcionamiento de los dispositivos, su modelado, aplicaciones básicas y ejemplos de circuitos que realicen estas operaciones básicas. Esta visión tiene a su favor que gran parte de la bibliografía básica de Electrónica sigue este enfoque. Así libros ampliamente utilizados como los publicados por Sedra-Smith [5] y Sorber Malik [6], por citar algunos, siguen este enfoque.

### B. *Visión de sistemas*

Una segunda forma de afrontar el diseño de los contenidos es mediante la visión de sistemas. En este caso los conocimientos incluirían nociones básicas de un sistema electrónico (respuesta en frecuencia, muestreo, realimentación, etc), operaciones básicas (amplificación, filtrado, etc), diferenciando los sistemas analógicos y digitales.

Para esta visión no existe tanta bibliografía. Un posible soporte bibliográfico es el libro publicado por Neil Storey [7], de contenido muy amplio en el que se comienza por una visión de sistemas para terminar dando una visión de dispositivos.

Cada uno de los dos enfoques tiene sus ventajas e inconvenientes. En el caso que nos ocupa, en el que se trata de diseñar una asignatura completamente homogénea para cinco grados distintos de ingeniería (Electrónica, Eléctrica, Mecánica, Química y Diseño Industrial), la *visión de sistemas* tiene la ventaja, para los alumnos de titulaciones no relacionadas con la electrónica, de permitirles la adquisición de una visión global de la disciplina, en un breve lapso de tiempo y sin necesidad de profundizar en exceso. Sin embargo, desde

el punto de vista del Grado en Electrónica, quizás es más conveniente una aproximación gradual, que construya el corpus de conocimiento partiendo de nociones básicas (*visión de dispositivos*) y sobre el que se puedan diseñar las asignaturas posteriores destinadas a profundizar en la disciplina.

## III. REALIZACIÓN EN OTRAS UNIVERSIDADES

En este apartado vamos a analizar cómo se ha llevado a cabo la asignatura que implementa la competencia específica de formación común a la rama industrial “Conocimientos de los Fundamentos de la Electrónica” en los grados de Ingeniería en Electricidad, Electrónica Industrial y Mecánica, en algunas de las universidades españolas. Concretamente, se han seleccionado las cinco primeras del ranking ISI de las Universidades Españolas según campos científicos (Ingenierías) [8], en las que se han implantados los grados señalados. Este análisis se ha llevado a cabo partiendo de la información disponible en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y ampliándose con la información disponible en la página web de las Universidades seleccionadas. Como consecuencia de este proceso, las universidades consideradas han sido: Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Universidad de Zaragoza (UNIZAR), Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Universidad de Vigo (UVIGO) y Universidad del País Vasco (EHU). Hay que señalar que la Universidad Politécnica de Madrid, a pesar de estar dentro de los criterios establecidos, no ha sido considerada al no existir información pública (página web) de la asignatura correspondiente.

En términos generales, pueden distinguirse dos grandes bloques: Aquellas universidades en las que el programa de la asignatura en cuestión es distinta para cada título de los mencionados (UPV y UVIGO) y aquellas otras con el mismo programa (UPC, UNIZAR y EHU). En este segundo caso, cuando el título se imparte en varios centros (UPC y EHU), el programa es distinto en cada uno de ellos.

La carga docente asignada a esta materia suele ser de 6 ECTS, a excepción de UPV en la que tiene asignados 9 ECTS.

En el cuatrimestre de impartición existen dos opciones: el tercero (UPC, UNIZAR, UPV y EHU) y el cuarto (UPC y UVigo).

En cuanto al contenido de dichas asignaturas, encontramos una gran dispersión de planteamientos. No obstante, existe una serie de aspectos que son tratados en la mayoría de los casos. Para facilitar su descripción se han estructurado los contenidos en la forma mostrada en la tabla 1, en la que hemos diferenciado contenidos para electrónica analógica y contenidos para electrónica digital.

En la fila correspondiente a “Componentes” se indican aquellos dispositivos que se estudian a nivel de terminales, sin entrar en detalles internos, sino introduciendo modelos de funcionamiento. Los componentes analógicos introducidos en casi todas las asignaturas son los diodos y transistores y el amplificador operacional. Para el ámbito digital, los componentes introducidos son las puertas lógicas y los biestables.

	Electrónica Analógica	Electrónica Digital
Componentes	Diodos Transistores (BJTs y FETs) Amplificador operacional	Puertas lógicas Biestables
Bloques funcionales		Decodificadores Codificadores Multiplexores Demultiplexores Contadores Registros
Aplicaciones	Rectificadores Amplificadores Lineales con A.O. No lineales con A.O.	

**Tabla 1: Contenidos comunes.**

En “Bloques funcionales” se hace referencia a aquellos circuitos, que aunque basados en componentes, sólo se describe su comportamiento a nivel de terminales externos, sin entrar en detalles internos de realización. Aquí se introducen únicamente circuitos digitales, los denominados subsistemas (combinacionales y secuenciales). Los comunes a casi todas las asignaturas son los decodificadores, codificadores, multiplexores, demultiplexores, contadores y registros.

En “Aplicaciones” se anotan los circuitos también basados en componentes, pero para los que se estudia su realización interna. Aquí aparecen únicamente circuitos analógicos que realizan la función de rectificación y amplificación, así como aplicaciones de los amplificadores operacionales, tanto lineales como no lineales.

Sin embargo, aunque las asignaturas en las universidades estudiadas presentan contenidos comunes, también presentan contenidos que las diferencian unas de otras. Estos contenidos son los siguientes:

En la UPC se imparte esta asignatura, con el nombre de Sistemas Electrónicos, en titulaciones ubicadas en cinco centros diferentes. Pues bien, en cada uno de los centros los contenidos son diferentes. Centrándonos en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona las diferencias con los contenidos mostrados en la tabla 1 son las siguientes: En componentes se incluye el estudio del tiristor y en aplicaciones también se incluyen los convertidores DC/DC, DC/AC, AC/DC y AC/AC.

En la Universidad de Zaragoza (UNIZAR) la asignatura que implementa esta competencia se llama Fundamentos de Electrónica. Esta asignatura incluye el estudio del tiristor y se excluye el amplificador operacional y sus aplicaciones. No se incluye ningún contenido de Electrónica Digital. Estos se ven en la asignatura Electrónica Digital, pero entre las competencias que desarrolla no se encuentra “Conocimientos de los Fundamentos de la Electrónica”.

En la UPV (Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática) la asignatura que recoge las competencias básicas de electrónica es Tecnología Electrónica. En esta asignatura, los contenidos referentes a electrónica analógica son los recogidos en la tabla, sin embargo, respecto a Electrónica Digital no hay ningún contenido relacionado con los sistemas secuenciales. Estos, se supone que se desarrollarán en la asignatura Electrónica Digital (su guía docente aún no está disponible, se imparte en tercer curso).

En UVIGO (Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática) la asignatura que recoge las competencias se llama Fundamentos de Electrónica. En ella se estudia también la simulación de circuitos, los tiristores, los filtros activos y las fuentes de alimentación reguladas. No se incluye ningún contenido de Electrónica Digital. Estos, también se supone que se desarrollarán en la asignatura Electrónica Digital y Microprocesadores (su guía docente aún no está disponible, se imparte en tercer curso).

En EHU (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao) la asignatura que implementa esta competencia se llama Electrónica Industrial, y sus contenidos incluyen también resistores, condensadores, tiristores, IGBTs, disipadores térmicos, fuentes de alimentación estabilizadas, rectificadores trifásicos y compatibilidad electromagnética.

#### IV. REALIZACIÓN EN LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA

En la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla se imparten cuatro títulos con los que se adquieren las competencias de Ingeniería Técnica Industrial. Los títulos son: Electricidad, Mecánica, Química y Electrónica Industrial.

El planteamiento que se ha llevado a cabo parte de construir una asignatura con los mismos contenidos para todas las titulaciones. La segunda elección es relativa al nombre que deberá tener la asignatura. Se ha optado por el nombre de “Electrónica Industrial”, aunque en algunos entornos este nombre esté más asociado a una electrónica de potencia.

La tercera de las elecciones es relativa a los contenidos. Reconociendo en primer lugar que poner contenidos para una competencia tan genérica como “Conocimientos de los fundamentos de la Electrónica” dentro de una asignatura de tan sólo 6 ECTS es muy complejo, porque siempre habrá que dejar fuera contenidos que serán considerados muy importantes para los alumnos. De los contenidos comunes mostrados en la tabla 1, se imparten todos a excepción de los diodos y transistores (sección de componentes analógicos) y las aplicaciones de los amplificadores operacionales (aunque se ven aplicaciones de amplificación y filtrado con dichos circuitos).

Las opciones que se han seguido son varias:

- Dividir los contenidos en tres bloques: un bloque introductorio, en el que ofrecer una idea de conjunto, un bloque analógico y otro digital.
- Dentro del bloque analógico escoger las dos principales operaciones: amplificación y filtrado.

- Dentro del bloque digital ofrecer una visión de qué consiste el diseño digital, los componentes y la forma de desarrollarlos.

La asignatura cuenta además con prácticas de laboratorio, a la que se destinan 1,5 ECTS. Estas prácticas van orientadas a cubrir tres aspectos fundamentales:

- Manejo de instrumental de laboratorio (fuente de alimentación, multímetro, generador de funciones y osciloscopio).
- Realización de simulaciones para verificar el comportamiento de los circuitos.
- Montaje y medida de sistemas analógicos y digitales.

A continuación vamos a explicar detalladamente los contenidos asociados a cada uno de los bloques desglosándolos también por temas. La información de esta asignatura está accesible en [9].

#### A. Conceptos básicos de la Electrónica

Este primer bloque tiene como objetivo proporcionar las definiciones básicas de un sistema electrónico y dar una visión de bloques de los componentes de un sistema electrónico, explicando de forma muy sucinta aquellos que no se desarrollen en el resto de los temas. Este bloque se compone de dos temas:

- Tema 1: Introducción y conceptos básicos.

En este tema se presenta una breve historia de la electrónica, las definiciones básicas que todo alumno debe conocer y las partes y funciones de todo sistema electrónico. Se explican las ventajas de los sistemas electrónicos frente a otro tipo de sistemas (mecánicos y eléctricos fundamentalmente). También se explican las diferencias entre los sistemas analógicos y los digitales, analizando la forma y la información contenida en señales analógicas y en señales digitales. Se muestran las ventajas de los sistemas digitales y las aplicaciones de los sistemas analógicos.

- Tema 2: Instrumentación electrónica.

En este tema se hace una muy breve Introducción a la instrumentación electrónica, fundamentalmente en lo relativo al control de procesos. Para ello se presenta un diagrama de bloques general en el que aparecen las principales operaciones que realizar, desde los sensores o transductores hasta los actuadores. Se procede a la explicación de los conceptos básicos asociados a los sensores, sus características estáticas y su clasificación (sensores resistivos, capacitivos e inductivos). Se muestran también algunos de los circuitos de acondicionamiento más utilizados. Finalmente se introducen el concepto de digitalización, viendo su dos componentes, el muestreo y la cuantificación.

#### B. Sistemas electrónicos analógicos

En este bloque se explican las dos operaciones analógicas más utilizadas: la amplificación y el filtrado. Ambas

operaciones se analizan desde el punto de vista de su modelado matemático. Como componente básico para la realización de circuitos se utiliza el amplificador operacional. Los contenidos de este bloque se desglosan en dos temas:

- Tema 3: Amplificadores.

Se presenta la definición, los tipos y las características de los amplificadores así como los diferentes modelos que los describen. Dentro de las características se introducen la linealidad, la saturación, la respuesta en frecuencia y el ruido. Entre las configuraciones más habituales están los amplificadores en cascada y las configuraciones con realimentación. Finalmente se presenta el amplificador diferencial y el amplificador operacional, que es el dispositivo utilizado para realizar esta función, aunque siempre desde el punto de vista ideal.

- Tema 4: Respuesta en frecuencia.

Se presenta en primer lugar el espectro en frecuencia de las señales. Después se analiza la respuesta en frecuencia de los amplificadores, la representación de esta respuesta mediante diagramas de Bode y la respuesta en frecuencia del amplificador operacional. Finalmente se analizan y diseñan filtros de primer orden.

#### C. Sistemas electrónicos digitales

Este bloque trata del diseño de sistemas digitales. Se compone de tres temas en los que se trata de los circuitos combinatoriales, de los circuitos secuenciales y de las características reales de los circuitos digitales. Los contenidos detallados de los temas son los siguientes:

- Tema 5: Codificación binaria y álgebra de conmutación.

Introducción a la codificación binaria. Álgebra de conmutación. Circuitos que realizan operaciones básicas (puertas AND, OR, inversores. Puertas NAND, NOR, XOR y XNOR). El uso del álgebra de conmutación para diseñar circuitos combinatoriales. Subsistemas combinatoriales (codificador, decodificador, multiplexor y demultiplexor).

- Tema 6: Diseño secuencial y máquinas de estado.

Definición de circuito secuencial. Necesidad de introducción de elementos de memoria. Concepto de estado. Biestable D: Descripción del comportamiento, biestables D disparados por flanco. Entradas asíncronas. Circuitos secuenciales síncronos: máquinas de Moore y de Mealy. Descripción mediante diagramas de estado. Subsistemas secuenciales: contadores (funcionamiento básico) y registros (paralelo-paralelo y serie-serie).

- Tema 7: Circuitos digitales: características reales y tecnologías.

Características eléctricas: Tensión de polarización, potencia disipada, rangos de tensión, márgenes de ruido, rangos de intensidad, fanout. Características temporales: Tiempos de subida y bajada, tiempos de propagación y retraso. Características temporales de los biestables. Restricciones temporales en las entradas asíncronas. Restricciones temporales en las entradas síncronas, tiempos de setup y hold. Otras características: encapsulado, condensadores de desacoplo, entradas no usadas. Interfaces industriales mediante transistores o mediante relés. Tecnologías digitales: implementación mediante dispositivos SSI, uso de dispositivos programables (PLD hasta FPGA) o microprocesadores.

## V. CONCLUSIONES

En esta comunicación se ha analizado la forma de llevar a cabo la competencia común a todos los títulos de Ingeniería “Conocimientos de los fundamentos de la Electrónica”. La primera cuestión a tener en cuenta es la enorme dificultad de escoger unos contenidos para esta asignatura. Esta dificultad se va a hacer patente en la diversidad de los contenidos de las asignaturas que la desarrollan. Para ello se han analizado dichos contenidos en algunas universidades observándose que, aunque hay contenidos comunes en casi todas ellas, la dispersión es muy grande. Hay Universidades que escogen los mismos contenidos para las distintas titulaciones. Otras sin embargo escogen contenidos diferentes. También se observa que aquellas Universidades que la imparten en distintos campus escogen contenidos diferentes en las asignaturas de los distintos campus.

También se ha observado que en algunos casos se prefiere establecer contenidos exclusivamente de Electrónica Analógica, dejando los contenidos de Electrónica Digital para otra asignatura. Esto puede hacerse en la titulación de Electrónica, puesto que hay una competencia específica de Electrónica Digital, sin embargo en las otras titulaciones de Ingeniería no existe esta competencia.

Finalmente se han explicado los contenidos de la asignatura Electrónica Industrial, que desarrolla esta competencia en la

Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla. En este caso la asignatura es común para todas las titulaciones, se introducen contenidos tanto de Electrónica Analógica como de Electrónica Digital pero no se introducen los diodos y transistores en la sección de componentes.

## AGRACEDICIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos Cripto-Bio, Junta de Andalucía (P08-TIC-03674); MOBY-DIC, CEE (FP7-ICT-2009-4) y CITIES, MCINN (TEC2010-16870/MIC).

## REFERENCIAS

- [1] J.A. Jiménez Tejada, J.A. López Villanueva, C. Pérez Ariza, “Experiencia piloto en asignaturas troncales de ingeniería electrónica para la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior”, TAEE 2008, Zaragoza.
- [2] C. Bernal Ruíz, A. Bono Nuez, J.M. López Pérez, A. Otín Acín, F.J. Pérez Cebolla, T. Pollán Santamaría, “Propuesta de Implementación de materias de rama común en el nuevo plan de estudios de grado en Ingeniería Electrónica y Automática de la Universidad de Zaragoza”, TAEE 2010, Madrid.
- [3] Susan M. Lord, “A new approach to teaching electronics: Content and Methodology”, 24 Frontiers in Education Conference, 1994, pp. 146-150.
- [4] W- Dehaene, G. Gielen y otros, “Circuits and systems engineering education through interdisciplinary team-based design projects, ISCAS 2011, pp. 1105-1198.
- [5] “Circuitos Microelectrónicos”, Adel Sedra y Kenneth Smith, Ed. Oxford University Press 4ª edición 1998.
- [6] “Circuitos Electrónicos, Análisis simulación y diseño”, Norbert Malik, Editorial Prentice Hall, 1996.
- [7] “Electronics, a system approach”, Neil Storey, Editorial Prentice Hall, 4ª edición, 2009.
- [8] Torres-Salinas, Daniel; Moreno-Torres, Jose G.; Robinson, Nicolás; Delgado López-Cózar, Emilio; Herrera, Francisco. Rankings ISI de las Universidades Españolas según Campos y Disciplinas Científicas (2ª ed. 2011). Disponible en: <http://rankinguniversidades.es> [Consultado 27/01/2012].
- [9] Programa de la asignatura Electrónica Industrial (Grado en Electricidad): [http://www.us.es/estudios/grados/plan\\_200/asignatura\\_2000012#programa](http://www.us.es/estudios/grados/plan_200/asignatura_2000012#programa)