

¿ELECTRÓNICA INDUSTRIAL EN 45 HORAS?

J. JIMÉNEZ, C. CUADRADO, A. ASTARLOA Y E. ZABALA

Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco. España.

Cuando nuestra Escuela aprobó el nuevo plan de estudios de Ingeniería Industrial, el Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones tuvo que afrontar un reto complejo: dar una formación básica en Electrónica Industrial a personas de trayectorias muy diversas y en solo 45 horas. Estudiantes del primer ciclo de Ingeniería Industrial, ingenieros técnicos recién egresados y profesionales en activo que deseaban cursar el segundo ciclo, con conocimientos dispares sobre Electrónica. Elaborar el programa de la asignatura fue una tarea difícil, todavía hoy en revisión.

1. Introducción

En el curso 98-99, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao ponía en marcha el nuevo plan de estudios de Ingeniería Industrial para el alumnado de 4º curso [1]. Para entonces, el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones había elaborado el programa docente de la asignatura de Electrónica Industrial [2]. Era una apuesta arriesgada, no tanto por la dificultad o profundidad de los contenidos, como por la heterogeneidad de estudiantes que la iban a cursar. Personas con conocimientos previos de Electrónica dispares y con intereses profesionales, en ocasiones, divergentes.

En cualquier caso, el reto no podía ser sino dotar a ese alumnado de una formación básica en Electrónica que le permitiera desenvolverse en una empresa industrial, es decir, desempeñar su papel de profesionales de la Ingeniería frente a sistemas eléctricos de alimentación y control, paneles de maquinaria industrial, suministro y mantenimiento de sistemas informáticos, etc. Por todo ello, se hizo evidente la necesidad de enseñar fundamentos de Electrónica de Potencia y Digital, así como toda la base imprescindible para entender lo anterior. Todo esto en 4'5 créditos: 3 de teoría y 1'5 de prácticas.

2. Tipos de estudiantes en Electrónica Industrial

El alumnado que accedía a la asignatura estaba compuesto por 3 grupos claramente diferenciados. Aún hoy en día subsisten estos tipos, aunque se han producido ciertos cambios que rebajan algunas de las dificultades. El primero de los colectivos, el más numeroso, estaba formado por estudiantes del primer ciclo de Ingeniería Industrial. En algunos casos, habían cursado la asignatura de Electrónica General (60 horas), pero, por ser esta optativa, había quien llegaba sin conocimientos de Electrónica. En consecuencia, no era posible suponer una base previa, sino que había que partir de cero, contando exclusivamente con el bagaje en Electrotecnia y circuitos eléctricos. Actualmente, la Electrónica General ya es asignatura obligatoria, por lo que este primer grupo es más homogéneo, no así los siguientes. En cualquier caso, la experiencia inicial fue aprovechable y los ajustes en Electrónica Industrial debidos a ese cambio han sido menos acentuados de lo que se podía esperar.

El segundo tipo lo conforman quienes acababan de egresar de las escuelas de Ingeniería Técnica, principalmente de la comunidad autónoma. Llegaban de especialidades diversas, en algún caso de Electrónica, pero en otros, de ramas de la Mecánica, de la Energía, ... De nuevo, la base previa de Electrónica era muy dispar, desde nula hasta sólida. Esta cuestión permanece igual actualmente; es más, años más tarde se instauró el segundo ciclo en Automática y Electrónica Industrial, carrera que absorbe la mayor parte de quienes provienen de ingenierías técnicas relacionadas con la Electrónica, por lo que al segundo ciclo de Ingeniería Industrial suelen acceder el resto, no especializado en Electrónica.

Por último, aparecía un colectivo de profesionales en activo, normalmente de ingenierías técnicas, que deseaban cursar el segundo ciclo de Ingeniería Industrial. Incluso, en cierta época, llegaban docentes de nuestra propia universidad, que deseaban titularse en una ingeniería superior. Una vez más, el bagaje sobre Electrónica era dispar. Pero es que, en este caso, había una dificultad añadida: todas estas personas tenían claro su desempeño profesional, por lo que resultaba conveniente demostrarles que cursar nuestra asignatura era de utilidad en sus trabajos.

3. Programa docente. Contenidos. Prácticas.

Con estas premisas, nos reunimos el equipo docente y deliberamos sobre qué perspectiva darle a la asignatura, cuáles deberían ser los objetivos, cuál el temario, qué prácticas se podían llevar a cabo, etc. Decidimos que fuera una asignatura muy aplicada, orientada a resolver problemas de la vida cotidiana en la industria. Estos fueron los objetivos [2]:

- a) Identificar y caracterizar los componentes y sistemas básicos de Electrónica Industrial.
- b) Analizarlos de manera simplificada.
- c) Identificar las aplicaciones de módulos y sistemas electrónicos.
- d) Proponer soluciones electrónicas a problemas de control.
- e) Encontrar parámetros de diseño en documentación técnica.

En cuanto a los contenidos, hasta que la Electrónica General se hizo obligatoria, incluíamos un tema dedicado a introducir la Electrónica de Dispositivos, el diodo, el transistor bipolar y el MOSFET en sus niveles más básicos y orientados al funcionamiento como conmutadores. Así mismo, otro tema trataba el amplificador operacional como arquetipo de la Electrónica Analógica. Precisamente, estos dos fueron los temas eliminados cuando la Electrónica General sufrió el cambio, quedando el temario:

Introducción.	Aplicaciones industriales.
Introducción a la Electrónica de Potencia.	Introducción a la Electrónica digital.
Rectificadores no controlados.	Circuitos digitales combinacionales.
Rectificadores controlados.	Circuitos secuenciales.
Convertidores DC/DC conmutados.	Registros y Contadores.
Inversores.	Tecnologías de fabricación de circuitos integrados.

Con el tiempo, el temario apenas ha cambiado –a lo sumo se han eliminado algunos apartados dentro de un tema-, sin embargo, sí que ha aumentado la profundidad alcanzada en el aprendizaje. En pocas palabras, se ha primado reducir el número de conceptos a favor de asentar mejor los que han permanecido.

Por último, no podía faltar en una asignatura como esta, unas sesiones de prácticas [3]. La estructura fue: 6 sesiones de 2 h cada 15 días. Las dos últimas se dedican a montar sendos circuitos digitales, y se han mantenido hasta la actualidad. En el resto ha habido cambios significativos: inicialmente, la primera se dedicaba a aprender el uso del polímetro en circuitos de continua y la segunda del osciloscopio con circuitos de alterna. Estas dos desaparecieron cuando la Electrónica General se hizo obligatoria. Las dos restantes estaban dedicadas a un convertidor DC/DC reductor y al control de un motor de continua. Actualmente, se desarrollan 3 prácticas de control de motores mediante una tarjeta comercial con microcontrolador, en el cual se cargan programas, y una sesión de simulación de circuitos de potencia. A continuación se presenta de forma esquemática el programa de prácticas.

- Práctica 1. Prácticas con microcontroladores (I): Entorno de desarrollo Aspire.
- Práctica 2. Prácticas con microcontroladores (II): Interrupciones.
- Práctica 3. Práctica sobre control de motores.
- Práctica 4. Simulación de circuitos.
- Práctica 5. Sumador de 4 bits.
- Práctica 6. Registro de desplazamiento conmutado en Cola. Contador de Johnson.

A fin de dar a conocer cuál es la base en Electrónica con la que llega quienes provienen del primer ciclo de Ingeniería Industrial, seguidamente se expone el temario de la asignatura de tercer curso, Electrónica General:

1. Introducción a los semiconductores.
2. Diodo de unión.
 - Curvas características.
 - Polarización y circuitos básicos.
3. Transistor bipolar (BJT) y Transistores de efecto de campo (JFET y MOSFET).
 - Curvas características.
 - Polarización.
 - Circuitos de amplificación de baja frecuencia.
4. Amplificador operacional ideal.

Por supuesto, actualmente esta asignatura está sufriendo un proceso de adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, que puede consultarse en la comunicación de este mismo congreso titulada “PRIMEROS PASOS PARA ADAPTAR LA ASIGNATURA DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL AL E.E.E.S.”

4. Comparación con otros planes de estudios

A fin de proporcionar una visión global sobre la enseñanza de la Electrónica Industrial y de disponer de criterios de comparación, en la tabla 1 se muestra una comparación entre todas las universidades españolas que ofrecen la titulación de Ingeniería Industrial –primera columna-, según la información recogida de sus páginas electrónicas [4-37]. En la segunda columna se indica el nombre de la asignatura troncal sobre Electrónica incluida en el segundo ciclo de la carrera –NO indica que no hay ninguna-. En las dos columnas siguientes se apuntan el número de créditos de teoría y el de prácticas, respectivamente, asignados a dicha asignatura; cuando en la columna de créditos de prácticas se apunta “-“, quiere decir que se desconoce el reparto de créditos entre teoría y práctica. La quinta columna aclara si en la universidad correspondiente la titulación de Ingeniería Industrial es de ciclo largo –SÍ- o de segundo ciclo –NO-. Finalmente la última columna muestra si en la misma carrera existe alguna asignatura obligatoria de Electrónica en el primer ciclo, cuál es su nombre y cuántos créditos tiene.

UNIVERSIDAD	Asignatura	Cr. T	Cr. P	Ciclo Largo	Asignatura previa obligatoria
País Vasco	Electrónica Industrial	3	1,5	SÍ	Electrónica General (6)
A Coruña	Electrónica General	3	3	SÍ	NO
Alfonso X	Electrónica de Potencia	6	0	SÍ	Electrónica Industrial (12)
Antonio de Lebrija	Sistemas Electrónicos	5	-	SÍ	Electrónica (5)
Cádiz	Sistemas Electrónicos	3	1,5	NO	NO
Cantabria	Electrónica Industrial	1,5	1,5	SÍ	Sistemas Electrónicos (12)
Carlos III	Electrónica II	4,5	0,5	SÍ	Electrónica I (6)
Castilla-La Mancha	Sistemas Electrónicos	4,5	-	SÍ	Introducc. a la Electrónica (7,5)
Europea de Madrid	Sistemas Electrónicos	5	-	SÍ	NO
Extremadura	Sistemas Electrónicos	6	-	SÍ	NO
Girona	Sist. Electr. y Automáticos	6	6	SÍ	Circuitos y Sist. Electrón. (12)
Huelva	Sist. Electr. y Automáticos	4,5	4,5	NO	NO
Jaén	Sistemas Electrónicos	3	3	NO	NO
Jaume I	NO	-	-	SÍ	Sistemas Electrónicos (7,5)
La Rioja	Componentes y Sist. Electr.	4,5	-	SÍ	Electrónica General (4,5)
Las Palmas	Electrónica Industrial	6	-	SÍ	Electrónica General (6)
León	Sist. Electr. y Automáticos	6	3	NO	NO

Málaga	NO	-	-	SÍ	Electrónica Básica (9)
Miguel Hernández	Sist. Electr. y Automáticos	6	4,5	SÍ	Electrónica (12)
Mondragón	Electrónica	4,5	0	NO	NO
Nacional a Distancia	Electrónica Analógica	3	2	SÍ	NO
Navarra	Tecnología Electrónica	6	-	SÍ	Electrónica General (7,5)
Oviedo	Sistemas Electrónicos	4,5	3	SÍ	Electrónica Básica (4,5)
Politécnica Cartagena	Electrónica Industrial	3	1,5	SÍ	Electrónica General (4,5)
Politécnica Cataluña 1	Electrónica	6	-	SÍ	Introducción a la Electrón. (4,5)
Politécnica Cataluña 2	Sist. Electr. y Automáticos	9	-	SÍ	Electrónica Básica (4,5)
Politécnica Madrid	Electrón. y Regulac. Autom	5	4	SÍ	NO
Politécnica Valencia	Electrónica Industrial	2	2	SÍ	Sistemas Electrónicos (5,5)
Pontificia Comillas	NO	-	-	SÍ	Electrónica General (6)
Pública Navarra	Sistemas Electrónicos	3	1,5	SÍ	Fundamentos de Electrónica (6)
Ramón Llull	Sist. Electr. y Automáticos	9	-	SÍ	Electrónica Básica (4,5)
Salamanca	Sist. Electr. y Automáticos	9	2	NO	NO
Sevilla	NO	-	-	SÍ	Sistemas Electrónicos (7,5)
Valladolid	Sistemas Electrónicos	3	1,5	SÍ	Electrónica Digital I (4,5)
Vigo	Sistemas Electrónicos	3	1,5	SÍ	Fundamentos de Electrónica (6)
Zaragoza	Sistemas Electrónicos	3	1,5	SÍ	NO

Tabla 1. Comparación de la titulación de Ingeniería Industrial en las universidades españolas, respecto a la enseñanza de la Electrónica en el segundo ciclo.

En la tabla 2 se mencionan, de forma resumida, los contenidos de la asignatura de Electrónica de segundo ciclo, en su parte teórica. Un “-“ expresa bien que no se han encontrado datos, bien que no hay tal asignatura.

UNIVERSIDAD	Contenidos resumidos
País Vasco	De Potencia. Digital.
A Coruña	Analógica. Dispositivos. Circuitos analógicos básicos con dispositivos.
Alfonso X	Semiconductores. Convertidores cc/cc. Rectificadores. Inversores.
Antonio de Lebrija	-
Cádiz	Componentes. Reguladores. Interfaces. Buses. Digital. Microprocesadores.
Cantabria	Convertidores electrónicos de potencia.
Carlos III	Analógica. Realimentación. Fuentes de alimentación.
Castilla-La Mancha	-
Europea de Madrid	Semiconductores. Diodos. BJT. Amplificadores con BJTs.
Extremadura	-
Girona	Control de sistemas. Autómatas programables. Comunicaciones industriales.
Huelva	-
Jaén	Componentes. Analógica. De Potencia. Microprocesadores.
Jaume I	-
La Rioja	Lógica programable. Microcomputadores.
Las Palmas	De Potencia. Digital. Microprocesadores.
León	De Potencia. Automática.
Málaga	-
Miguel Hernández	De Potencia.
Mondragón	De Potencia.
Nacional a Distancia	Dispositivos. Analógica. Convertidores de datos.
Navarra	De Potencia.
Oviedo	Digital. Microprocesadores. Microcontroladores.

Politécnica Cartagena	Digital.
Politécnica Cataluña 1	-
Politécnica Cataluña 2	-
Politécnica Madrid	Analógica. Dispositivos. Digital.
Politécnica Valencia	De Potencia.
Pontificia Comillas	-
Pública Navarra	Sensores. Analógica. Digital.
Ramón Llull	Dispositivos. Analógica. Digital.
Salamanca	-
Sevilla	-
Valladolid	-
Vigo	De Potencia.
Zaragoza	Analógica. Digital. Introducción a la Electrón. de Potencia.

Tabla 2. Comparación de los contenidos de la asignatura de Electrónica en el segundo ciclo de Ingeniería Industrial en las universidades españolas.

A la vista de ambas tablas pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- Las universidades que imparten contenidos similares a los de la Escuela de Bilbao son Cádiz (3 + 1,5), Jaén (3 + 3), Las Palmas de Gran Canaria (6) y Zaragoza (3 + 1,5).
- Las dos primeras junto con la última incluyen temas de Electrónica Analógica que no se dan en la Universidad del País Vasco.
- De las cuatro, solo las de Cádiz y Zaragoza tienen el mismo número de créditos. Las otras dos emplean 1,5 créditos más.

5. Conclusiones

Impartir la asignatura de Electrónica Industrial a un conjunto de estudiantes con bagajes dispares ha supuesto buscar un equilibrio entre proporcionar conocimientos básicos, aplicados y útiles. Frente a posturas más conservadoras, la propuesta recogida en este artículo apuesta por introducir al alumnado en circuitos prácticos en la Industria, a pesar de que sus conocimientos sobre los fundamentos de la Electrónica sean escasos.

Referencias

- [1] *Guía docente. Ingeniería Industrial*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao.
- [2] E. Zabala, J. Jiménez, A. Astarloa, C. Cuadrado. *Electrónica Industrial*. E.T.S.I. Bilbao (2005).
- [3] A. Astarloa. *Prácticas de Electrónica Industrial*. Servicio de Publicaciones E.T.S.I. Bilbao (2005)
- [4] www.udc.es/rrii/cas/guias/industrial/ING_INDUSTRIAL.pdf
- [5] http://www.uax.es/OfertaDocente/carreras_web/planes/IND_1999.htm
- [6] <http://www.nebrija.com/carreras-universitarias/ingenieria-industrial/plandeestudios.htm>
- [7] http://www.uca.es/web/estudios/planes_estudio/algeciras/index_html
- [8] http://www.unican.es/WebUC/catalogo/planes/detalle_planes_ac.asp?id=INDUSTRI
- [9] <http://www.uc3m.es/uc3m/gral/ES/ESCU/escu04b.html>
- [10] <http://www.uclm.es/institucional/plan.asp?plan=186¢ro=602>
- [11] <http://esp.uem.es/web/index.php?cp=pe1009>
- [12] http://www.unex.es/unex/gobierno/direccion/vicedoc/estructura/planif_academica/titulaciones/ing_industrial/ing_industriales/contentpanels_view?pageIndex=1
- [13] <http://pserv.udg.es/guiesplans/ofertapla.aspx?idpla=310520102>
- [14] <http://www.uhu.es/vic.docente/planes/ingindustrial.html>
- [15] http://www.ujaen.es/serv/vicord/secretariado/secplan/epsj/ingeniero_industrial.htm
- [16] <http://www.uji.es/bin/infoest/estudis/titols/esp/pdf/eind.pdf>
- [17] http://www.unirioja.es/estudios/ing_industrial/plan.shtml#cuarto

- [18] http://www.ulpgc.es/index.php?pagina=titulaciones&ver=titulacion_detalle&codigo=105_1050_10_00
- [19] <http://www.unileon.es/index.php?elementoID=602>
- [20] http://www.uma.es/pdfs_titulaciones/5.pdf
- [21] <http://www.umh.es/frame.asp?url=/menu.asp?estudios>
- [22] <http://www.mondragon.edu/estudios/ingenierias/ingenieria-industrial>
- [23] <http://www-etsii.uned.es/>
- [24] <http://www.tecnun.es/asignaturas/indus4.htm>
- [25] http://directo.uniovi.es/catalogo/Tipo_Asignaturas.asp?plan=INDUSTRA
- [26] http://www.upct.es/infoalumno/matricula/cp3_index.htm
- [27] <http://www.upc.edu/es/>
- [28] <http://www.etsii.upm.es/docencia/plan2000/index.htm>
- [29] <http://www.upv.es/informa/estudiosc.html>
- [30] http://www.upcomillas.es/estudios/plan_IIND.aspx
- [31] <http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/planes.htm#planII>
- [32] <http://www.url.es/es/ip/centro/iqs/industrial/info.php>
- [33] http://www.usal.es/web-usal/Estudios/listado_licenciaturas.shtml
- [34] <http://www.us.es/include/frameador2.php?url=http://www1.us.es/centrosydep/planes/index.php? paso=11>
- [35] http://www.uva.es/consultas/asignaturas.php?ano_academico=0607&codigo_plan=210
- [36] <http://etsii.uvigo.es/>
- [37] http://ebro3.unizar.es:8080/acad/FMPPro?-DB=w_titulaciones.fp5&-lay=cgi&-format=titulacion.htm&-error=error2.htm&id_titulacion=4&-Max=25&-SortField=Orden&-Find