





Nueva titulación de ingeniería en electrónica. Ideas sobre el diseño del plan de estudios.

Este artículo se divide en tres partes. La primera se dedica a la concepción de la propia titulación, situándola dentro del marco de las Tecnologías de la Información. En la segunda se consideran los requisitos legales que deben cumplir los planes de estudio conducentes a esta titulación. Y en la tercera se proponen algunos criterios sobre la organización de los estudios de la Ingeniería en Electrónica en el marco más global de las Tecnologías de la Información.

❖ *Lluís Prat Viñas y Ramón Alcubilla González*

El Consejo de Universidades, en la sesión que celebró a finales de abril, acordó elevar al Gobierno para su aprobación, las directrices generales propias de la nueva titulación Ingeniería en Electrónica. En esta propuesta se establece que estos estudios serán de segundo ciclo, con una duración de dos años, una carga lectiva no inferior a 1200 horas ni superior a 1800, y que los planes de estudio conducentes a esta titulación deberán contener un cuadro de materias troncales que se describe en el apartado segundo de este artículo. Se establece un acceso directo a estos estudios desde el primer ciclo de Ingeniería de Telecomunicación, y desde las Ingenierías Técnicas de Sistemas Electrónicos, de Sistemas de Telecomunicación y de Sonido e Imagen.

La Ingeniería en Electrónica se suele considerar integrada en el grupo de titulaciones de la "familia de Telecomunicación", de la que forman parte además de las citadas en el párrafo anterior, la Ingeniería de Telecomunicación, de

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

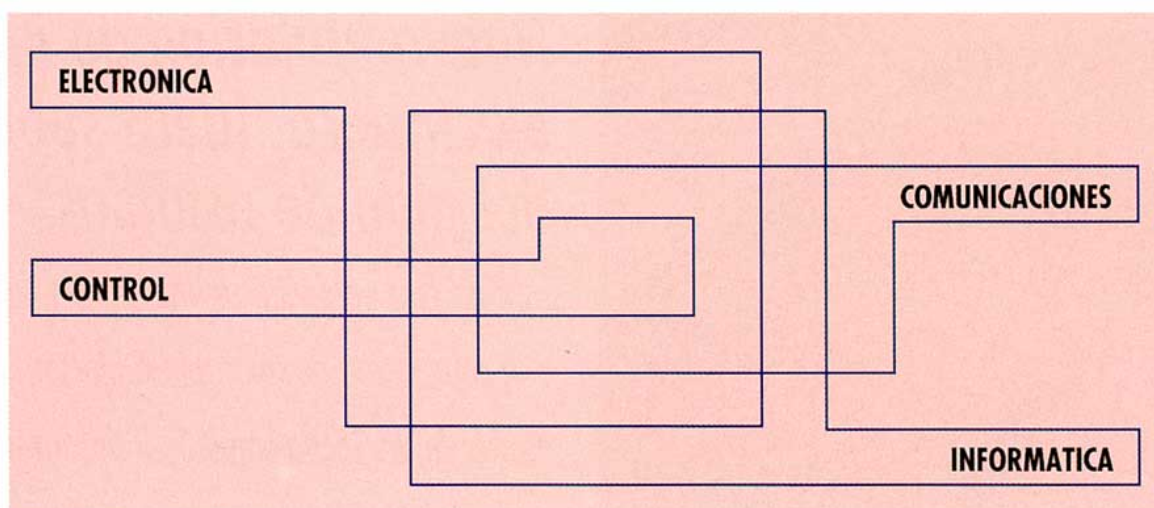


Figura 1.- Layout de las Tecnologías de la Información.

ciclo largo, y la Ingeniería Técnica de Telemática. También está emparentada con las titulaciones pertenecientes al área de la Ingeniería Informática, y con las que previsiblemente aparecerán en la de Control.

En nuestra opinión, la Ingeniería en Electrónica sólo tiene sentido y es operativa en el contexto amplio de las Tecnologías de la Información. Se entiende por éstas, las que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de datos, contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o eléctrica. ("Formación de investigadores y técnicos en Tecnologías de la Información". Fundesco, 1986).

Es éste un campo amplio en el que diversas disciplinas y áreas de conocimiento coexisten, se interrelacionan y enriquecen mutuamente. En un esfuerzo de síntesis podríamos identificar, aunque tal vez la identificación sea discutible, cuatro grandes ejes: Electrónica,

Informática, Comunicaciones y Control. Los espacios de solape son numerosísimos y dan lugar, frecuentemente, a áreas de gran vitalidad y crecimiento como puede ser, por ejemplo, la Telemática a caballo entre las Comunicaciones y la Informática. Esta imbricación

entre las distintas disciplinas se representa en la Figura 1.

El concepto de Tecnologías de la Información es el que da unidad a las áreas citadas. De una forma cada vez más intensa, las áreas que constituyen las Tecnologías de la Información confluyen y se funden en una única entidad en los sistemas actuales. De ahí que hoy, y aún más en un futuro próximo, una visión global del área de las Tecnologías de la Información además de ser enriquecedora, sea probablemente imprescindible.

Se puede argumentar que los cuatro grandes ejes que vertebran las Tecnologías de la Información no son equivalentes. Efectivamente, la electrónica y la informática tienen un carácter más instrumental que las comunicaciones y el control, y en consecuencia aquellas impregnan a éstas. Sin embargo, a pesar de esta diferenciación, la Ingeniería Electrónica, al igual que la Informática tienen plena carta de naturaleza concebidas como "especializaciones" del núcleo común de las Tecnologías de la Información.

La interrelación y enriquecimiento mutuo entre las disciplinas que constituyen las Tecnologías de la Información aconsejan un diseño conjunto de las titulaciones implicadas. Hasta hoy, esta integración de disciplinas se ha venido haciendo alrededor de la Ingeniería de Telecomunicación. Sin embargo, la estructuración cíclica de las enseñanzas, que está en la base de la actual Reforma de las Enseñanzas Universitarias, ha provocado la ruptura de la actual Ingeniería de Telecomunicación en un conjunto de

"El acceso directo desde diversas titulaciones viene a complicar el panorama debido a la disparidad de currícula"

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

titulaciones separadas de primer y de segundo ciclo.

La propia concepción de un titulado superior en Ingeniería Electrónica, como aquél capaz de dirigir equipos de trabajo multidisciplinarios en el área de las tecnologías de la información, con capacidad de poder relacionar conceptos y metodologías provenientes de distintos ámbitos, conduce a un perfil de conocimiento basado en el núcleo de las disciplinas que constituyen las Tecnologías de la Información. Es decir, el Ingeniero en Electrónica debería ser un Ingeniero en Tecnologías de la Información especializado en "hardware".

En definitiva, el perfil del nuevo ingeniero en electrónica debería corresponder, desde nuestra óptica, al del actual ingeniero de telecomunicación, especialidad electrónica con una especialización más intensa en esta área.

Esta concepción de la Ingeniería Electrónica, saber el cómo, pero al mismo tiempo el para qué, es el sello diferencial de la Ingeniería Electrónica entendida desde el ámbito de las academias que a buen seguro aparecerán dado el tentador "marketing" de la palabra electrónica.

El marco legal

Para que un plan de estudios conducente a una determinada titulación sea homologado, se requiere que incluya un conjunto de materias troncales definidas en las directrices generales propias de la titulación. El cuadro de materias troncales para la titulación de Ingeniería en Electrónica aprobado por el Consejo de Universidades se resume en la Tabla I.

Es importante aclarar que las materias troncales no son asignaturas. Son contenidos que deben estar incluidos en el conjunto de asignaturas que componen el plan de estudios correspondiente. Existen, por tanto, diversos modos de cubrir la troncalidad: bien, definiendo "asignaturas troncales" cada una de las cuales cubra completamente una materia troncal; bien, definiendo para cada materia troncal un "área de troncalidad" constituida por un conjunto de asignaturas, cada una de las cuales ponga el énfasis en puntos concretos de la troncalidad, en cuyo caso el estudiante debería elegir dentro del área un número de asig-

MATERIA TRONCALES DE INGENIERIA ELECTRONICA	CREDITOS
Tecnología de Dispositivos y Componentes Electrónicos y Fotónicos. Propiedades, funcionamiento y limitaciones de los dispositivos electrónicos y fotónicos. Modelos físicos y circuitales. Materiales y procesos tecnológicos. Tecnologías de fabricación.	12
Diseño de circuitos y sistemas electrónicos. Técnicas de diseño de circuitos, sistemas electrónicos y circuitos integrados de tipo específico y semiespecífico. Herramientas software para el diseño.	12
Sistemas electrónicos para el tratamiento de la información. Microprocesadores de propósito general avanzados. Microcontroladores. Procesadores específicos para tratamiento de señal. Sistemas multiprocesador. Controladores integrados de periféricos. Diseño de sistemas digitales complejos.	12
Instrumentación y equipos electrónicos. Instrumentación y electrónica avanzada: sensores, acondicionamiento y procesamiento de señal. Circuitos y equipos electrónicos especiales. Aplicaciones de alta frecuencia, potencia, comunicaciones y control.	21
Tratamiento y transmisión de señales. Tratamiento avanzado de señales. Componentes y sistemas de radiocomunicación. Componentes y medios de transmisión por ondas guiadas.	9
Sistemas Telemáticos. Arquitecturas de sistemas en tiempo real. Sistemas operativos. Redes y servicios telemáticos.	9
Proyectos. Metodología, formulación y elaboración de proyectos.	6

naturas cuyos créditos sumaran una cantidad no inferior a la señalada en la materia troncal correspondiente. O bien, combinaciones intermedias entre las dos posibilidades mencionadas.

Tal como puede observarse en la tabla I, la troncalidad exigida es de 57 créditos en disciplinas electrónicas (1 crédito equivale a una carta lectiva de 10 horas), 9 créditos en el área de las comunicaciones, y otros 9 en la de telemática. También se establecen 6 créditos en Proyectos. Por tanto, la troncalidad exige un total de 81 créditos, lo cual representa el 67,5% de la carga lectiva mínima de la titulación y el 45% de la máxima.

Además del cumplimiento de la troncalidad los nuevos Planes de estudios tienen que ajustarse a unas normas generales. Debe haber un mínimo del 10% de la carga lectiva total dedicada a

Tabla I.- Troncalidad en la titulación de Ingeniero en Electrónica.

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

materias de libre elección por el estudiante, entre las que se recomiendan las humanísticas y las lenguas modernas. También se establece que la carga lectiva semanal debe situarse entre las 20 y las 30 horas, de las cuales las correspondientes a teoría no deben superar las 15.

Una primera observación de la tabla de troncalidad es que tiene un peso relativo muy importante. Si se tendiera a una carga lectiva mínima con objeto de fomentar al máximo el trabajo personal de estudiante, la troncalidad más las asignaturas de libre elección supondrían un mínimo de 77,5%. La autonomía de las universidades para definir su propios planes de estudio tendría un "margen" de un 20%, lo que pone en entredicho el objetivo de competencia entre universidades a través de la diferenciación entre sus titulados.

Una aspecto importante a analizar dentro del marco legal es el que hace referencia al acceso a los estudios de Ingeniería en Electrónica.

La troncalidad propuesta para las titulaciones que dan acceso directo a la Ingeniería en Electrónica se resume en la figura 2, en la cual para cada titulación se indican con una E los créditos troncales de materias electrónicas, con una SC los correspondientes a señal y comunicaciones, con una IT los de informática-telemática, y con MF los relativos a matemáticas y física.

Este esquema de troncalidades pone de manifiesto dos aspectos importantes. Primero, es

enormemente dispar. Los conocimientos de electrónica, pongamos por caso, de un alumno procedente de Ingeniería Técnica en Sistemas Electrónicos son muchísimo superiores (>600 horas) que los que puede tener otro procedente de Ingeniería Técnica de Telecomunicación (120 horas). Si se pretende organizar un plan de estudios de Ingeniería Electrónica útil y realista, debe buscarse una solución adecuada a estas diferencias de formación inicial.

Segundo, la intersección de troncalidades en las titulaciones de primer ciclo es mínima. Aparte de unos fundamentos materiales y físicos, sólo hay común la materia troncal denominada componentes y circuitos electrónicos, con unos créditos que pueden variar entre 12 y 18, y la denominada análisis de circuitos y sistemas lineales, con un margen de variación entre 9 y 15 créditos. Esta ausencia de núcleo común en las troncalidades puede conducir a una mutilación de los perfiles formativos de los nuevos ingenieros, en los cuales todo el énfasis se ponga en la especialización en detrimento de una sólida formación interdisciplinar en las Tecnologías de la Información.

Aunque uno de los objetivos centrales del proceso de reforma de las enseñanzas universitarias era una organización cíclica de las enseñanzas, el anterior cuadro de troncalidades parece inspirado en la conservación de la actual estructuración no cíclica de los estudios. Por un lado, las troncalidades de las Ingenierías Técnicas, que reflejan los estudios que se realizan actual-

INGENIERIA ELECTRONICA			
E: 57			
SC: 9			
IT: 9			
MF: —			

I. TECNICA DE TELECOM	I. TELECOM. 1er Ciclo	I. TECNICA S. ELECTRON.	I. TECNICA SONIDO/IMAG.
E: 12	E: 24	E: 60	E: 15
SC: 48	SC: 24	SC: 9	*SC: 60
IT: 15	IT: 24	IT: 6	IT: —
MF: 18	MF: 18	MF: 18	MF: 18

* Se incluye los créditos en acústica

Figura 2.- Accesos directos a la Ingeniería en electrónica y resumen de su troncalidad. (E: créditos en disciplinas electrónicas; SC en señal y comunicaciones; IT en informática y telemática; MF en matemáticas y física).

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

mente en las Escuelas Universitarias. Por otro, las titulaciones de segundo ciclo, que reflejan los planes de estudios actuales de las Escuelas Técnicas Superiores, en las cuales los primeros años se dedican a materias básicas y fundamentales y los últimos a materias de especialización.

Algunos criterios sobre la organización de los estudios de ingeniería en Electrónica

En el primer apartado de este artículo, hemos expresado nuestra concepción del Ingeniero en Electrónica: un ingeniero en Tecnologías de la Información especializado en "hardware". Esto significa una formación sólida en las disciplinas que configuran las Tecnologías de la Información: Electrónica, Informática, Señal y Comunicaciones, y Control, junto a un conocimiento amplio de las técnicas específicamente electrónicas.

Por el contrario, el énfasis en la Ingeniería Técnica en Sistemas Electrónicos debería situarse en proporcionar conocimientos específicos en electrónica, que capaciten a este titulado a llevar a cabo una actividad profesional, y asimismo en proporcionar las bases sobre las que asentar un proceso de formación continua.

Así pues, en una organización estrictamente cíclica de las enseñanzas el primer ciclo debería poner el acento en las técnicas específicamente electrónicas y el segundo completar la formación en las áreas de Señal y Comunicaciones, Informática y Telemática y Control.

Sin embargo, la troncalidad aprobada para la Ingeniería Superior de Telecomunicación (e implícitamente la de Electrónica) responde a un esquema contrario: interdisciplinariedad en el primer ciclo y especialización en el segundo.

Así pues, una trayectoria formativa basada en el primer ciclo de ingeniería de Telecomunicación

seguida del segundo ciclo de Ingeniería Electrónica presenta una troncalidad global equilibrada, que responde al criterio pluridisciplinar con especialización en electrónica formulado anteriormente, (81 créditos en electrónica, 33 en señal y comunicaciones y 3 en informática y telemática). Sin embargo, la trayectoria cíclica Ingeniería Técnica en Sistemas Electrónicos seguida de la Ingeniería en Electrónica está claramente descompensada (117 créditos en electrónica, 18 en señal y comunicaciones y 15 en informática y telemática).

Los accesos directos desde las Ingenierías Técnicas de Sonido e Imagen y de Sistemas de Telecomunicación acaban de complicar el panorama debido a la disparidad de currículos. Argumentar que los eventuales déficits formativos pueden suplirse por la madurez intelectual alcanzada por el estudiante en el primer ciclo es una verdad a medias de la que no se puede abusar.

"La Ingeniería
Electrónica sólo tiene
sentido si es operativa
en el contexto amplio
de las Tecnologías de
la Información"

Por tanto, debe buscarse una solución imaginativa que permita el acceso a los estudios de Ingeniería Electrónica a estudiantes con perfiles de conocimientos muy diferentes y que a la vez permita garantizar que todos los titulados que acaben estos estudios posean un perfil formativo similar: formación sólida generalista en las disciplinas que forman las Tecnologías de la Información, y una

especialización profunda en electrónica.

Algunas líneas de actuación que pueden ayudar a avanzar hacia esta concepción de la organización de los estudios son las siguientes:

a) Incidir sobre los planes de estudio que dan acceso directo a la titulación de Ingeniería Electrónica, en el sentido de aumentar la intersección de conocimientos entre ellos. Mediante un equilibrio adecuado entre asignaturas obligatorias y optativas puede conseguirse un núcleo común amplio en todas las titulaciones

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

de primer ciclo de las Tecnologías de la Información.

b) Definir en segundo ciclo curricula distintos según los estudios previos de los estudiantes, pero asegurando un perfil final de conocimientos similar. Así por ejemplo, para los estudiantes procedentes de la Ingeniería Técnica en Sistemas Electrónicos debería ponerse el énfasis en materias de Comunicaciones, Control e Informática, mientras que los que procedan desde la Ingeniería Técnica de Telecomunicación, deberían concentrar su carga lectiva en asignaturas específicamente electrónicas. Esta adecuación del curriculum en función de la formación previa del alumno podría lograrse, por ejemplo, definiendo un Plan de estudios con carga lectiva máxima (180 créditos). En función de la procedencia de cada alumno se le convalidaría una u otras asignaturas de forma que la carga real se situase en torno a los 150 créditos.

c) Diseñar el curriculum del segundo ciclo para que asegure una formación sólida de carácter pluridisciplinar en el área de las Tecnologías de la Información. Para ello, es conveniente no sobrepasar los 57 créditos de materias específicamente electrónicas exigidos por la troncalidad, e incrementar los dedicados a otras disciplinas.

d) La optatividad, objetivo deseable y explícitamente deseado en las Reformas de las Enseñanzas Universitarias podría conseguirse usando el concepto de "área de troncalidad" anteriormente descrito. Así, por ejemplo, para cubrir la troncalidad exigida en la materia troncal "Tecnología de dispositivos y componentes electrónicos y fotónicos", podría pensarse en una asig-

MATERIAS	CREDITOS	
P.F.C.	30	(6)
L.E.	18	(18)
M+F+G	24	(0)
SC+IT+CL	48	(18)
E	60	(57)

Figura 3.- Propuesta de estructura de materias y créditos para la titulación de Ingeniería en Electrónica. Total carga lectiva 180 créditos. (P.F.C. Proyecto Final de Carrera; L.E.: Asignaturas de Libre Elección; M: Matemáticas; F: Física; G: Gestión; SC: Señal y Comunicaciones; IT: Informática y Telemática; CL: Control; E: Electrónica). Las cifras entre paréntesis en la columna de créditos indican la troncalidad exigida.

natura obligatoria de 6 créditos que proporcionara una visión global y básica de la materia, y en un conjunto de asignaturas dentro de ésta área, cada una de las cuales profundizará en aspectos específicos señalados en la descripción de la materia troncal. El estudiante debería cursar además de la obligatoria, otra asignatura de por lo menos 6 créditos dentro de este área.

Un ejercicio de concreción de las ideas expuestas en este artículo se detalla en la figura 3. La distribución de créditos pretende garantizar una sólida formación en el núcleo de las Tecnologías de la Información, y al mismo tiempo una especialización en electrónica. La suma total de créditos corresponde a la carga máxima, pero deberían convalidarse asignaturas según los estudios previos realizados por cada alumno. La optatividad se implementaría mediante el concepto de áreas de troncalidad.

Lluís Prat Viñas, Ingeniero de Telecomunicación por la ETSIT de la UPM en 1971. Doctor Ingeniero por la UPC en 1981. Profesor del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC. Imparte clases en la ETSI de Telecomunicación de Barcelona desde 1972.



Ramón Alcubilla González, Ingeniero de Telecomunicación (UPC) 1981. Doctor Ingeniero (Université Paul Sabatier) 1985. Profesor del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC. Imparte clases en la ETSI de Telecomunicación de Barcelona desde 1986.

