

# La integración de las tecnologías electrónica, informática y comunicaciones: Diseño del nuevo grado en ingeniería de sistemas TIC

Rosa Giralt Mas, Pere Palà Schönwälder, Teresa Escobet Canal, Sebastià Vila Marta, Rosa Argelaguet Isanta

*Av. Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa, 938777200, 938777202,  
rosa.giralt@upc.edu*

## Resumen

La adaptación de las titulaciones al EEES ha supuesto un debate organizativo dentro de las universidades. En la EPSEM se decidió que uno de los grados que imparte fuera del ámbito TIC. Después de estudiar las necesidades de las empresas y el entorno industrial, el potencial interno de la escuela y los referentes externos, como pueden ser las recomendaciones de organizaciones profesionales y los grados impartidos por universidades extranjeras, se decidió apostar por un grado innovador y único en España: el grado en ingeniería de sistemas TIC. Este grado debería dar salida a titulados de un perfil generalista e integrador de las tecnologías electrónica, informática y de comunicaciones, dado que, hoy en día, ya no se conciben dispositivos que no integren al menos dos de estas tecnologías. La propuesta fue aprobada por la ANECA y el grado se ha empezado a impartir este curso con éxito.

**Palabras Clave:** Diseño de titulaciones, nuevos grados.

## Abstract

Adapting current degrees to EHEA has raised an organizational debate within universities. At the EPSEM, it was decided that one of the degrees offered should be in the ICT field. After studying the needs of business and industrial environment, the internal potential of the school and external benchmarks, such as the recommendations of professional organizations and the degrees offered by foreign universities, it was decided to bet on an innovative and unique degree in Spain: the degree of ICT systems engineering. This degree should provide graduates with a generalist profile integrating the fields of electronics, computing and communications, as nowadays virtually no system or device is conceived without integrating at least two of these fields. The proposal was approved by ANECA and the degree has started to be taught successfully this course.

**Keywords:** Curricula design, new degrees.

## 1. Introducción

La adaptación de las titulaciones de ingeniería técnica al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha comportado un debate organizativo interno tanto en el ámbito general de cada universidad como en los centros docentes que la componen. Éste es el caso de la Universidad Politècnica de Catalunya (UPC), y más concretamente la Escuela Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (EPSEM).

Ante la adaptación al EEES uno de los primeros temas de debate en la EPSEM consiste en las titulaciones de grado a impartir. En esta decisión se tienen en cuenta varios aspectos, entre los que destacamos el perfil de los docentes y el entorno socioeconómico del centro, ambos muy relacionados entre sí.

Desde el curso 1994/1995, en la EPSEM han estado conviviendo titulaciones de 1r ciclo de tres ámbitos distintos. Concretamente, en el ámbito de la *Ingeniería Técnica Industrial* se han estado impartiendo las especialidades de Electrónica Industrial, Química Industrial y Mecánica; se han estado impartiendo también la titulación de *Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones* especialidad en Sistemas Electrónicos y la titulación de *Ingeniería Técnica de Minas* especialidad Explotación de Minas. Todas ellas plenamente integradas en el entorno industrial del área de influencia de Manresa, población en donde está ubicada la EPSEM. Posteriormente, se incorporaron dos Ingenierías Superiores: la Ingeniería de Minas y la Ingeniería en Organización Industrial (modalidad semipresencial). Con este abanico docente, se puede deducir que el perfil del personal docente de la EPSEM es muy amplio y distribuido, hecho que, por una parte, le confiere una gran riqueza en amplitud de conocimiento pero, por otro lado, deriva en la existencia de microgrupos que dificultan la profundidad de conocimientos. Ello, junto con la política departamental de la UPC, que vinculó los departamentos con las áreas de conocimiento, derivó en la creación de muchas secciones departamentales integradas por pocos profesores.

Actualmente, y con el fin de adaptar l'EPSEM a las nuevas necesidades socioeconómicas del entorno, en la EPSEM se acuerda ofrecer cuatro grados en Ingeniería del ámbito industrial: Eléctrica, Electrónica Industrial y Automática, Mecánica y Química. La Ingeniería Técnica de Minas se transforma en un grado en Ingeniería de Recursos Minerales. Finalmente, se aprovechan las características internas de la escuela y las necesidades del mercado para sustituir la Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones por un nuevo grado oficial, que no capacita para ninguna profesión regulada, y que tiene como objetivo formar profesionales caracterizados por su capacidad de integración de las tecnologías Electrónica, Informática y Comunicaciones, al cual se ha denominado graduado o graduada en

Ingeniería de Sistemas TIC. Este grado fue aprobado por la ANECA en junio del 2010 y su memoria es accesible vía web: <http://www.epsem.upc.edu/estudis/grau>.

El objetivo de esta titulación es formar profesionales con un perfil generalista en el ámbito de las tecnologías electrónica, informática y de comunicaciones, desde una perspectiva integradora y con capacidad de fusionar realmente las ramas individuales y eliminando las fronteras que tradicionalmente las delimitan. Según numerosas organizaciones internacionales esta área se denomina bajo el nombre de Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TIC). Así lo considera, por ejemplo, la OCDE [1] o la UE [2]. El mismo Séptimo Programa Marco de la UE se centra en esta área y fija como uno de los pilares básicos los sistemas incorporados (empotrados), que son a su vez uno de los ámbitos laborales a los que se dirige este grado.

En este sentido, se pretende que los graduados tengan una buena perspectiva global de los sistemas basados en computadores de diversa complejidad, del hardware y el software para estos sistemas, del diseño de redes y técnicas de comunicación entre ellos así como un conocimiento detallado de los procesos involucrados en la especificación, el análisis, el diseño y la evaluación de cada uno de los subsistemas que los componen.

El diseño de este grado tendrá muchos grados de libertad, ya que al no corresponder a ninguna profesión regulada, la normativa vigente no exige la inclusión de unas competencias establecidas. El diseño será complejo y deberá estar basado exclusivamente en las competencias que se requieran para conseguir nuestro objetivo. La existencia de diversos organismos que recomiendan este perfil, así como la existencia de diferentes universidades que ofrecen estudios similares desde hace años, avalan el éxito de este grado.

## **2. Metodología seguida para el diseño del plan de estudios**

El diseño del plan de estudios para el grado en Ingeniería de Sistemas TIC (ITIC) no ha sido una tarea fácil. En primer lugar, porque al no disponerse de referentes en España, ha sido necesario recurrir a referentes externos; y en segundo lugar, porque, en el proyecto se debía implicar a las cuatro secciones departamentales relacionadas con las

áreas de la titulación: Automática, Electrónica, Informática y Telecomunicaciones. Como puntos favorables es preciso mencionar, por un lado, el gran interés que el perfil propuesto ha suscitado en las empresas y, por otro, el hecho coexistir en la EPSEM un colectivo de profesores preparados técnicamente en las distintas áreas, dispuestos a innovar, capaces de relacionarse con los implicados de las otras áreas e integrar conocimientos de éstas en una misma asignatura.

El proceso seguido para el diseño del grado se describe a continuación, en las siguientes subsecciones.

### **2.1. Necesidades de las empresas**

Las nuevas tecnologías están avanzando a pasos agigantados y cualquier empresa del ámbito de las TIC debe innovar y seguir el ritmo de estos avances si quiere sobrevivir. Para ello se requieren profesionales preparados para ello.

En las últimas décadas, áreas recientes de la tecnología como la electrónica, las comunicaciones o la informática han irrumpido con una fuerza inusitada en el panorama industrial y se han convertido en un elemento estratégico de primer orden.

Con el crecimiento de las TIC, y de la mano del fenómeno de la digitalización, están creciendo en volumen y valor estratégico los sistemas que integran elementos de dos o más de las tecnologías citadas. Este es el caso de infinidad de aplicaciones que van desde los sistemas empotrados, sutilmente presentes, por ejemplo, en electrodomésticos, automóviles o maquinaria de producción, hasta los sistemas de control de tránsito o el equipamiento médico pasando por nuevos paradigmas como el de *internet of things* o *ubiquitous computing*. El diseño de dichos sistemas requiere técnicos con una formación equilibrada y bien integrada en los ámbitos citados, que conozcan las interrelaciones entre las tres tecnologías, que puedan desplazar los diseños de uno a otro ámbito con el fin de optimizar la solución.

Es evidente que estas necesidades existen por los avances de la tecnología, pero además algunas empresas del sector expresan su preocupación. Cuando incorporan a ingenieros en su empresa que son especialistas en una de las 3 áreas de las TIC, siempre acaban formándolos para que tengan los conocimientos suficientes de las

otras 2 áreas. Esto acostumbra a suceder más en el caso de las pequeñas y medianas empresas, donde es más difícil que tengan personal especializado en todas las áreas. Debemos recalcar que las pymes son, precisamente, el perfil de la empresa típica tanto de nuestro país en particular como especialmente del área de influencia de la EPSEM.

Es, pues, evidente que serían útiles ingenieros con un perfil más generalista e integrador. Por razones históricas y de tradición académica, la formación en las tecnologías electrónica, de comunicaciones e informática se ha impartido en nuestro país en base a títulos diferenciados, aunque no ha sido así en otras universidades extranjeras, especialmente europeas y estadounidenses. De otro lado tenemos que los perfiles formativos de amplio espectro gozan en nuestro país de un gran reconocimiento y una gran demanda en el sector industrial, especialmente en la pequeña y mediana empresa que, dado su tamaño, aprecia la versatilidad de dichos perfiles. Quizás el mayor caso de éxito de este modelo formativo sea el de la Ingeniería Industrial. El perfil del grado que se presenta se ha diseñado a raíz de las constataciones anteriores y siguiendo el espíritu generalista de la formación de grado que el EEES propugna.

## **2.2. Potencial interno**

La EPSEM está ubicada en Manresa, en la comarca del Bages y es la universidad politécnica pública que da servicio al resto de las comarcas de la Cataluña Central (Anoia, Solsonès, Bergadà y Osona). Es una escuela relativamente pequeña, que, como ya se ha comentado anteriormente, ofrece 6 grados de ámbitos diferentes: Minas, Industriales y TIC. Ésto implica que coexistan en la escuela diversos departamentos o secciones departamentales de áreas diferentes y dimensiones pequeñas. Todo el profesorado está acostumbrado a compartir docencia en diferentes titulaciones y a coordinarse entre ellos para ofrecer asignaturas de calidad. Así pues, la docencia de las áreas básicas comunes a todas las ingenierías, como las matemáticas, la física o la organización de empresas, está asegurada.

Puede parecer más complicado encontrar profesorado especialista en el área TIC, pero eso no es así. De hecho ya se estaba impartiendo la Ingeniería Técnica de

Telecomunicaciones y la Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica Industrial. La docencia de esas dos especialidades (sin contar las asignaturas básicas o transversales) quedaba prácticamente cubierta por 4 secciones departamentales vinculadas a las áreas de la automática, la electrónica, la informática y las comunicaciones. Todo el personal y los laboratorios docentes y de investigación quedan a disposición de los dos grados relacionados: Ingeniería Electrónica Industrial y Automática y Ingeniería de Sistemas TIC. Este profesorado está ubicado en la escuela y también está acostumbrado a trabajar conjuntamente.

Para favorecer aun más la relación entre las áreas pertenecientes a las TIC, se decidió finalmente crear un departamento de campus, al que se le dio el nombre de Diseño y Programación de Sistemas Electrónicos (DiPSE). Este incluye el profesorado ubicado anteriormente en 4 secciones departamentales pequeñas: Ingeniería Electrónica (EEL), Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial (ESAI), Lenguajes y Sistemas Informáticos (LSI) y Teoría de la Señal y Comunicaciones (TSC). El departamento tiene ahora la sede principal en la EPSEM y comparte unos intereses comunes, por lo que ha sido fácil reunir el profesorado de las áreas TIC para que trabaje conjuntamente en el diseño del nuevo grado. Esto hubiera sido más difícil en un entorno diferente, donde los departamentos implicados en la titulación hubieran estado ubicados en escuelas diferentes y no hubieran trabajado nunca conjuntamente.

Así pues, encontramos que el potencial interno de la escuela era favorable a la creación del nuevo grado. Si además contamos con un entorno donde las empresas necesitan estos titulados, parece pues, que todo está a nuestro favor.

### **2.3. Referentes externos**

Una vez visto que hay necesidad en el mercado de titulados con este perfil y que en la escuela hay profesorado preparado para ofrecer este grado, se debe averiguar que ofrecen en otras universidades a nivel mundial y que recomiendan las diversas organizaciones profesionales.

Career Space, por ejemplo, es un consorcio formado por once grandes compañías del sector TIC: BT, Cisco, IBM, Intel, Microsoft, Nokia, Nortel, Philips, Siemens, Telefónica

y Thales además de EICTA. Uno de los informes fundamentales de este consorcio es el titulado "Directrices para el desarrollo curricular" [3]. En este informe se aporta información y sugerencias para el diseño de nuevos currículos universitarios en el ámbito de las TIC basadas en la experiencia empresarial del consorcio. Una de las conclusiones fundamentales de este informe es la necesidad de un perfil formativo como el que aquí se propone.

La *Association for Information Systems*, el *Institute of Electrical and Electronical Engineering* y la *Association for Computing Machinery*, son tres asociaciones profesionales estadounidenses de gran prestigio a nivel internacional. Entre las muchas labores que desarrollan se encuentra la llamada "*The Joint Task Force for Computing Curricula*". Esta task-force se encarga de estudiar y publicar recomendaciones para la confección de currículos en el área que nos ocupa. Las primeras recomendaciones datan del año 1980. En el informe titulado "*The Overview Report 2005*" [4] se identifica con claridad el perfil llamado "*Computer Engineering*". Este perfil se corresponde en gran medida con el propuesto en este grado.

Además se han publicado diversos artículos que definen aspectos sobre el diseño de titulaciones de sistemas empujados [5-9], que también es un perfil relacionado con el grado propuesto.

Por lo que a las universidades se refiere, son numerosas las europeas que ofertan grados de un espectro similar al de esta propuesta. En Estados Unidos, la oferta equiparable es también numerosa. Sin embargo, en el caso americano, la identificación de este perfil es más compleja, ya que existen notables diferencias organizativas entre los bachelors norteamericanos y nuestros grados. Así, es frecuente encontrarse con universidades en las que un bachelor en *computer engineering* o en *electrical engineering* ofrezca suficiente optatividad como para trazar un perfil equiparable al propuesto. Otras universidades ofrecen la posibilidad, por ejemplo, de cursar un *major* en *electrical engineering* conjuntamente con un *minor* en *computer science*, opción que también conduce a perfiles homologables al que nos ocupa. Finalmente, otras universidades ofrecen bachelors con denominaciones específicas que se comparan favorablemente a esta propuesta. A continuación se citan algunos de los títulos

ofrecidos por universidades europeas y estadounidenses que son equiparables a esta propuesta:

- Bachelor in Electrical Engineering and Information Technology. ETH de Zurich, Suiza
- Bachelor of Sciences in Computer Science and Communications Engineering. Duisburg University, Alemania.
- Computer Science and Engineering. University of California at Davis, USA.
- MEng Electronic Engineering with Computer Systems. Southampton University, Inglaterra.
- Computer engineering. Manchester University, Reino Unido.
- Computer Hardware and Software Engineering BEng Honours degree. Coventry University, Reino Unido.
- Computer engineering. Waterloo University, Canada.

Así pues, queda claro que el perfil de este título es recomendado por las principales asociaciones profesionales, y que a nivel europeo y americano, numerosas universidades ofrecen títulos con perfiles muy similares al propuesto.

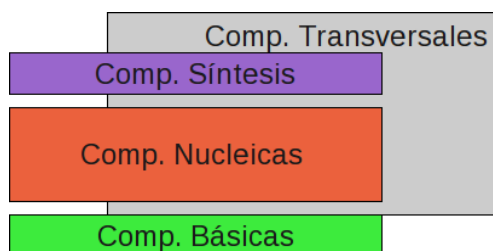
#### **2.4. Proceso de definición**

Una vez establecida la viabilidad de ofrecer un grado con un perfil generalista en el área TIC, ahora queda la parte más complicada, definir exactamente las competencias del graduado o graduada. Las competencias no vienen reguladas por el BOE, entonces se creyó oportuno empezar por el objetivo final a conseguir, y describir las que denominamos competencias de síntesis que englobarían la integración de más de una de las áreas de las TIC. A partir de aquí, se buscaron todos los conocimientos que son necesarios para llegar a esta meta. Algunos autores [10] definen métodos similares.

Siguiendo este procedimiento, se obtuvieron como resultado final el conjunto de competencias que configuran la titulación. Concretamente, las competencias



específicas del título se pueden englobar en una estructura de 4 capas o niveles, como la que se muestra (figura 1).



*Figura 1. Estructura de las competencias por niveles*

**Nivel básico:** formado por competencias que son comunes en el ámbito de la ingeniería y que tienen como propósito establecer una base común para acceder al siguiente nivel de competencias. Están relacionadas con las materias básicas que la ley fija para los títulos de grado en ingeniería.

**Nivel nucleico:** formado por una colección de competencias del ámbito TIC que forman el núcleo de conocimiento de este título. Dada la naturaleza del título se corresponden con las áreas de Informática, Comunicaciones y Electrónica.

**Nivel de síntesis:** formado por un conjunto de competencias del ámbito TIC en las que concurren una o más áreas. Son pues competencias que solo pueden alcanzarse una vez se han adquirido las competencias del nivel específico.

**Nivel transversal TIC:** formado por competencias que no forman parte de un ámbito específico sino que son transversales a diversos de ellos. Se adquieren a la vez que las competencias específicas y de síntesis.

### **3. Resultados obtenidos**

Una vez seguido todo el proceso de definición, se ha obtenido como resultado el plan de estudios del nuevo grado en Ingeniería de Sistemas TIC. Éste se estructura en diversas materias agrupadas del siguiente modo: de formación básica, obligatorias, optativas y trabajo fin de grado (TFG).

El curso académico se estructura en semestres, siendo todas las asignaturas semestrales. Todas las materias, excepto el TFG que representa 24 ECTS, se

estructuran en asignaturas de 6 ECTS y cada semestre supone 30 ECTS. Cada ECTS representa 25 horas de trabajo para el estudiante, de las cuales 10 son de trabajo guiado por el profesor y el resto son trabajo autónomo por parte del estudiantes. De estas 10 horas presenciales, entre un 25 y un 50% son prácticas para la gran mayoría de las asignaturas.

El plan de estudios propuesto dispone de 60 ECTS de formación básica vinculados a las materias de la rama de Ingeniería y Arquitectura que figuran en el anexo II del R.D. 1393/2007. Al tratarse de una titulación generalista en el ámbito de las TIC, las materias que constituyen la formación básica permiten adquirir competencias básicas similares a las de las titulaciones de grado del ámbito de la Informática o las Telecomunicaciones. Estas materias se imparten en los primeros dos años académicos. En la tabla 1 se indican las materias básicas, sus créditos y el semestre de impartición.

*Tabla 1. Materias básicas, créditos y semestre.*

<b>Materias básicas</b>	<b>ECTS</b>	<b>Semestre</b>
Matemáticas	24	S1-S2-S3
Física	12	S1-S2
Informática	18	S1-S2
Empresa	6	S3

Las materias obligatorias vienen definidas por las competencias específicas definidas para el grado dentro del nivel nucleico y de síntesis. La distribución en materias, créditos y semestre donde se imparten se refleja en la Tabla 2.

*Tabla 2. Materias obligatorias, créditos y semestre*

<b>Materias obligatorias</b>	<b>Créditos ECTS</b>	<b>Semestre</b>
Sistemas digitales	18	S2-S3-S4
Sistemas analógicos	12	S3-S4
Comunicaciones	18	S5
Informática avanzada	18	S4-S5
Redes de comunicaciones	12	S5-S6
Sistemas automáticos y de control	12	S6-S7
Integración de sistemas	18	S6-S7
Ingeniería y proyectos	18	S2-S3-S5

El plan de estudios dispone así mismo de 30 ECTS en concepto de créditos optativos. Estos créditos se sitúan en los últimos años académicos de la titulación, concretamente en los semestres 6, 7 y 8. Este conjunto comprende la posibilidad de obtención de los mismos mediante diferentes mecanismos:

- Formación en materias específicas que profundizan en aspectos concretos de la Ingeniería Electrónica, Informática y de Comunicaciones.
- Formación en materias transversales de la ingeniería que profundizan aspectos de energía, empresa y gestión.
- Formación en materias básicas o comunes a la rama de ingeniería industrial para facilitar una orientación profesional hacia esta rama a los estudiantes que así lo prefieran.
- Formación en prácticas en empresas.
- Participación en programas de movilidad realizados en otras universidades españolas o extranjeras.

#### **4. Conclusiones**

Ante la necesidad de las empresas, el potencial interno que existe en nuestra escuela y las recomendaciones de diversas instituciones, se decidió definir el nuevo grado en ingeniería de sistemas TIC, único en España y con un perfil generalista e integrador de las tecnologías electrónica, informática y de comunicaciones. La memoria de Verificación fue aprobada por la ANECA en junio del 2010 y 3 meses después se empezaba a impartir el grado en la EPSEM. Se trataba de un grado innovador y desconocido por los estudiantes, lo que suponía un riesgo. Por este motivo se ofrecieron solamente 30 plazas, que se agotaron en la preinscripción de junio.

El primer semestre empezó con ilusión por parte del profesorado y con motivación por parte del estudiantado. Los resultados de este semestre han sido buenos, pero no es ningún dato significativo todavía, se deberá esperar a finalizar el primer año para tener datos más concretos sobre el rendimiento en la fase inicial.

Al ser un grado totalmente nuevo en nuestro país, no existen referencias anteriores. Por este motivo se deberá realizar un seguimiento exhaustivo de los estudiantes, realizar diversas encuestas de satisfacción y detectar cualquier problema que pueda surgir.

## 5. Referencias

1. OCDE, Information economy – Sector definitions based on the international standard industry classification (ISIC 4), 05-Mar-2007.
2. UE, Comunicación de la comisión al consejo, al parlamento europeo y al comité económico y social europeo y al comité de las regiones “i2010 – Una sociedad de la información europea para el crecimiento y el empleo”, pág. 9
3. Carrer Space, “*Directrices para el desarrollo curricular*”, Luxemburgo: Oficina de publicaciones oficiales de las comunidades europeas. ISBN 92-896-0072-1. (2001)
4. ACM, AIS, IEEE-CS, “*Computing Curricula 2005. The Overview Report*”, Piscataway: IEEE Service Center. ISBN 1-59593-359-X. (2005).
5. R.E. Seviora, “A Curriculum for Embedded System Engineering”, *ACM Trans. on Embedded Computing Systems*, Vol. 4, No. 3, pp. 569-586.
6. P. Caspi et al., “Guidelines for a Graduate Curriculum on Embedded Software and Systems”, *ACM Trans. on Embedded Computing Systems*, Vol. 4, No. 3, pp. 587-661.
7. P. Koopman et al., “Undergraduate Embedded System Education at Carnegie Mellon”, *ACM Trans. on Embedded Computing Systems*, Vol. 4, No. 3, pp. 500-528, 2005
8. K.G. Ricks et al., “An Embedded Systems Curriculum Based on the IEEE/ACM Model Curriculum”, *IEEE Trans. on Education*, Vol. 51, No. 2, pp. 262-270, 2008.
9. T.S. Hall et al., “A Novel Approach to an Embedded Systems Curriculum”, *Proc. Of the 36th. IEEE Frontiers in Education Conference*, San Diego, CA, 2006.
10. M. Díaz, M. Riesco, J. R. Pérez, A. A. Juan, *Actas de XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, Cómo afrontar el diseño de nuevas titulaciones dentro del marco del EEES: Estrategia de desarrollo, Teruel, 2007.