

PROCESO DE INSERCIÓN DE COMPETENCIAS GENÉRICAS EN LOS NUEVOS PLANES DE ESTUDIOS DE GRADO DE LA ETSETB DE ACUERDO CON EL MODELO CDIO

R. BRAGÓS, E. ALARCÓN, M. CABRERA, A. CALVERAS, J. COMELLAS,
J. O'CALLAGHAN, J. PEGUEROLES, L. PRAT, G. SÁEZ, J. SARDÀ Y E. SAYROL
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona.
Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona
sotsdirinnovacio@etsetb.upc.edu

Los distintos marcos normativos que fijan las condiciones de contorno en la elaboración de los nuevos planes de estudios ponen especial énfasis en el aprendizaje basado en competencias y en la inclusión de determinadas competencias genéricas. Después de comparar diversos planes de estudio y listados de competencias, se han establecido las competencias genéricas que deben incluir los nuevos grados de la ETSETB de la UPC y se ha diseñado su estructura para favorecer su aprendizaje. Para ello se ha utilizado como paradigma el modelo CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate).

Palabras clave: Plan de estudios, Competencias genéricas, CDIO

1. Introducción

Los diferentes marcos que fijan las condiciones de contorno del proceso de confección de los nuevos planes de estudios hacen énfasis en el uso del aprendizaje basado en competencias y en la inserción de determinadas competencias genéricas dentro de la estructura de los nuevos planes. Los informes de la comisión externa de expertos en el ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación y del consejo asesor de la Escuela formado por representantes empresariales y de instituciones públicas también recogen indicaciones en el mismo sentido. Para adoptar este nuevo enfoque del proceso educativo, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB, UPC) arrancó en enero de 2008 el proceso de elaboración de un nuevo Plan Estratégico como marco para la confección de los nuevos Planes de Estudios de Grado. Dentro de esta acción se detectó la necesidad de encontrar una metodología que permitiera incorporar el aprendizaje por competencias.

Se han estudiado tanto los materiales propuestos por el ICE de la UPC [1] como los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación [2], así como diversos listados de competencias (ABET, Tuning, ...). Adicionalmente, se analizaron [3] un conjunto de planes de estudios recientemente establecidos en diversas Universidades de prestigio internacional, con objeto tanto de fomentar la incorporación en el debate de las iniciativas llevadas a cabo por dichas Universidades, como de avalar la toma de decisiones en los aspectos más controversiales. Así, a partir de los respectivos planes de estudios, se extrajo y destiló la información necesaria para identificar aspectos tanto de la estructura del plan de estudios, como de metodología educativa y de garantía de calidad, a saber: (a) la existencia de diferentes tipos de grado (comunicaciones, telemática, electrónica, audio/video), (b) duración de los grados y master (c) curso de introducción a la ingeniería (d) curso de culminación *capstone* (e) investigación en pregrado (f) competencias específicas de ingeniería (g) competencias genéricas (h) criterios, métodos e instrumentos de evaluación. La comparativa incluyó, entre otras, MIT, Standford, UC Berkeley, Columbia, Wisconsin-Madison, GeorgiaTech, McGill, Toronto, Auckland, HongKong Polytechnic, KAIST, TU München, RWTH Aachen, DTU, KTH, Telecom Paris, Politecnico di Milano, ETH Zürich.

Respecto a las competencias genéricas y restringiéndonos a los que consideramos más representativos y a los que, por cuestiones normativas debemos atendernos, mostramos a continuación de forma resumida los listados de competencias definidos por la UPC (Tabla 1), el Ministerio (Tabla 2), ABET (Tabla 3) y CDIO (Tabla 4):

Tabla 1. Competencias genéricas definidas por el marco UPC, a incluir por todos los planes de estudios con la recomendación de ampliarlas hasta un máximo de 10.

1. Emprendeduría e innovación
2. Sostenibilidad y compromiso social
3. Tercera lengua (inglés)
4. Comunicación eficaz oral y escrita
5. Trabajo en equipo
6. Uso solvente de los recursos de información
7. Aprendizaje autónomo

Tabla 2. Competencias Orden Ministerial Anexo I del borrador (octubre 2008).

A. Capacidad para redactar y desarrollar proyectos en el ámbito de su especialidad.
B. Conocimiento de materias básicas y tecnologías, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías, así como que le dote de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
C. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del ingeniero técnico de telecomunicación.
D. Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos del ámbito de su especialidad.
E. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planificación de tareas y otros trabajos análogos en el ámbito de su especialidad.
F. Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
G. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
H. Conocer y aplicar elementos básicos de economía y de gestión de recursos humanos, organización y planificación de proyectos, así como de legislación, regulación y normalización en las telecomunicaciones.
I. Capacidad de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
J. Capacidad de trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

Tabla 3. Resultados del aprendizaje de los programas de ingeniería según ABET

a. An ability to apply knowledge of mathematics, science and engineering
b. An ability to design and conduct experiments, as well as to analyze and interpret data.
c. An ability to design a system, component, or process to meet desired needs.
d. An ability to function on multi-disciplinary teams.
e. An ability to identify, formulate, and solve engineering problems.
f. An understanding of professional and ethical responsibility.
g. An ability to communicate effectively.
h. The broad education necessary to understand the impact of engineering solutions in a global society context.
i. A recognition of the need for, and an ability to engage in life-long learning.
j. A knowledge of contemporary issues.
k. An ability to use techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice.

Tabla 4. CDIO Syllabus. Listado de competencias de nivel 2. El detalle de nivel 3 comprende 70 ítems [4].

1 Technical knowledge and reasoning 1.1. Knowledge of underlying sciences 1.2. Core engineering fundamental knowledge 1.3. Advanced engineering fundamental knowledge
2 Personal and professional skills and attributes 2.1. Engineering reasoning and problem solving 2.2. Experimentation and knowledge discovery 2.3. System thinking 2.4. Personal skills and attitudes 2.5. Professional skills and attitudes
3 Interpersonal skills: teamwork and communication 3.1. Teamwork 3.2. Communication 3.3. Communication in foreign languages
4 Conceiving, designing, implementing and operating systems in the enterprise and societal context 4.1. External and societal context 4.2. Enterprise and business context 4.3. Conceiving and engineering systems 4.4. Designing 4.5. Implementing 4.6. Operating

2. Comparación de los listados de competencias

Se han llevado a cabo tablas de comparación cruzada entre los distintos listados, teniendo en cuenta su descripción detallada en los casos en que ésta existe. Se muestran a continuación dichas tablas. La comparación entre los estándares CDIO y ABET puede encontrarse en [4].

Tabla 5. Correlación entre las competencias del Syllabus CDIO y el Marco UPC

CDIO vs Marco UPC	1	2	3	4	5	6	7
1.1. KNOWLEDGE OF UNDERLYING SCIENCES							
1.2. CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE							
1.3. ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE							
2.1. ENGINEERING REASONING AND PROBLEM SOLVING							
2.2. EXPERIMENTATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY						X	
2.3. SYSTEM THINKING							
2.4. PERSONAL SKILLS AND ATTITUDES							X
2.5. PROFESSIONAL SKILLS AND ATTITUDES							
3.1. TEAMWORK					X		
3.2. COMMUNICATION				X			
3.3. COMMUNICATION IN FOREIGN LANGUAGES			X				
4.1. EXTERNAL AND SOCIETAL CONTEXT		X					
4.2. ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT	X						
4.3. CONCEIVING AND ENGINEERING SYSTEMS							
4.4. DESIGNING							
4.5. IMPLEMENTING							
4.5. OPERATING		X					

Tabla 6. Correlación entre las competencias del Syllabus CDIO y la ficha definida por la Orden Ministerial Anexo I del borrador (octubre 2008) para la Ingeniería Técnica de Telecomunicación

CDIO vs Ficha ITT	A	B	C	D	E	F	G	H	I	-
1.1. KNOWLEDGE OF UNDERLYING SCIENCES										
1.2. CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE										
1.3. ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE										
2.1. ENGINEERING REASONING AND PROBLEM SOLVING					X					
2.2. EXPERIMENTATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY					X					
2.3. SYSTEM THINKING										
2.4. PERSONAL SKILLS AND ATTITUDES		X	X							
2.5. PROFESSIONAL SKILLS AND ATTITUDES										
3.1. TEAMWORK				X						X
3.2. COMMUNICATION										X
3.3. COMMUNICATION IN FOREIGN LANGUAGES										X
4.1. EXTERNAL AND SOCIETAL CONTEXT						X	X			
4.2. ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT								X		
4.3. CONCEIVING AND ENGINEERING SYSTEMS	X									
4.4. DESIGNING										
4.5. IMPLEMENTING										
4.5. OPERATING							X			

Tabla 7. Correlación entre las competencias Marco UPC y la ficha definida por la Orden Ministerial Anexo I del borrador (octubre 2008) para la Ingeniería Técnica de Telecomunicación

Marco UPC vs ficha ITT	<	≡	∪	∩	⊂	⊆	⊇	⊈	—
1. Emprendeduría e innovación								x	
2. Sostenibilidad y compromiso social							x		
3. Tercera lengua (inglés)									x
4. Comunicación eficaz oral y escrita			x						x
5. Trabajo en equipo									x
6. Uso solvente de los recursos de información						x			
7. Aprendizaje autónomo		x							

Como puede apreciarse, el marco UPC limita su alcance a las denominadas “soft skills”, ya que los aspectos más relacionados con la práctica de la ingeniería se consideran ligados al ámbito de las competencias específicas (contenidos). Sin embargo, los demás estándares y las recomendaciones de los distintos colectivos hacen hincapié en estas habilidades propias de la ingeniería. En el proceso de comparación, hemos detectado como sistema más completo y estructurado el que propone la iniciativa CDIO [4], desarrollada inicialmente por el MIT y las universidades suecas de Chalmers, KTH y Linköping y a la que hoy se acogen más de 40 programas de instituciones educativas del ámbito de la ingeniería en todo el mundo. La iniciativa CDIO define un listado de competencias (Syllabus) a varios niveles. En la tabla 4 hemos podido ver el nivel 2, pero el detalle de nivel 3 comprende 70 ítems cada uno de los cuales está desarrollado a mayor profundidad que un simple enunciado. Define además 12 estándares para la implantación y seguimiento de dicha metodología. De forma muy resumida, establece que el ciclo de vida de un producto (concepción, diseño implementación y operación) es el entorno idóneo para el estudio de la ingeniería y promueve el aprendizaje de las competencias como el contexto adecuado para el desarrollo de las asignaturas, imbricándolo en ellas y sin entrar en conflicto con los contenidos. Promueve además la adopción de metodologías activas de aprendizaje y la inclusión de diversas actividades de diseño e implementación a lo largo de los estudios.

A modo de resumen del proceso seguido para la definición de las competencias genéricas propias de la ETSETB, en la figura 1 (Adaptada de [4]) se pueden ver las competencias genéricas CDIO agrupadas en dos columnas, de forma que definen un bloque común (izquierda), que, combinado con las específicas de la columna central, dan lugar a los distintos perfiles profesionales de la ingeniería (derecha). Se ha marcado con elipses de color naranja las competencias que, aunque parcialmente, se cubren con las que propone el Marco UPC, y se identifican con elipses verdes dos grandes grupos [engineering reasoning and problem solving, experimentation, system thinking] y [conceiving, designing, implementing, operating]. Estas competencias deberían cubrirse para poder abarcar todos los perfiles profesionales. Se han definido pues 3 competencias adicionales a las propuestas por la UPC de acuerdo con estos criterios y, en su desarrollo a 3 niveles, se han tenido en cuenta los descriptores de los distintos marcos que se mencionan en este documento. Las tres competencias adicionales que se proponen son:

8. Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
9. Capacidad para concebir, diseñar, implementar y operar sistemas complejos en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
10. Experimentalidad y conocimiento de la instrumentación

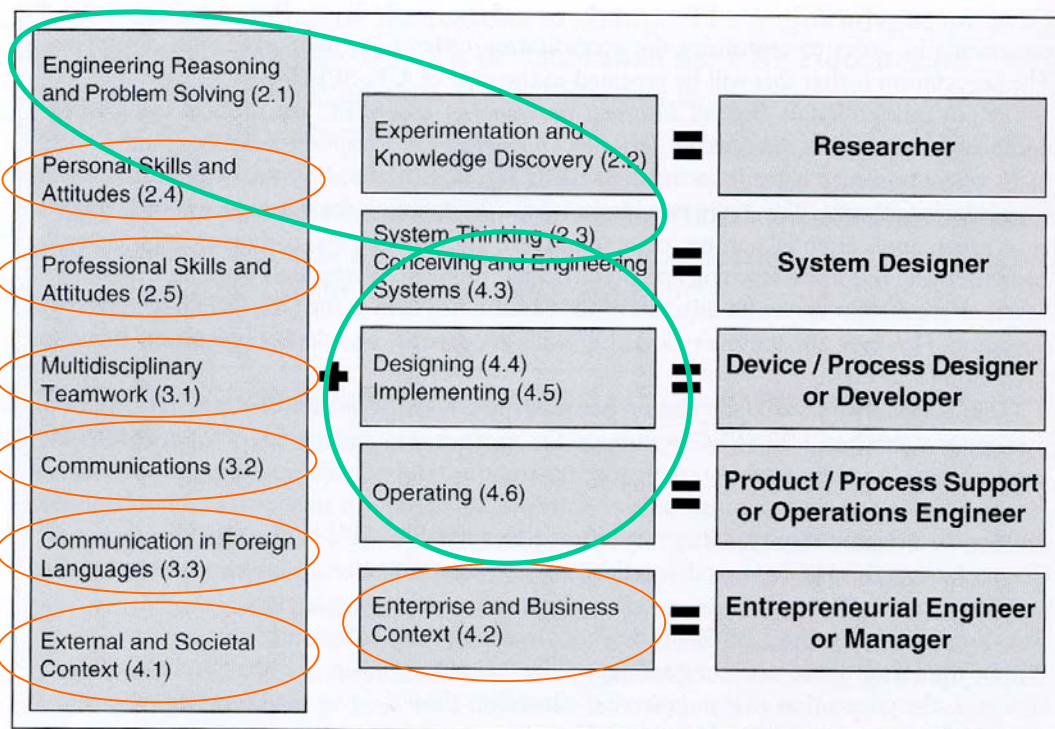


Figura 1. Adaptado de [4], figura 3.6. Combinaciones de competencias genéricas que dan lugar a los distintos perfiles profesionales identificando las que están parcialmente cubiertas por el marco UPC (naranja) y las áreas a cubrir por las nuevas competencias específicas de la ETSETB (verde).

El desarrollo de las 7 competencias UPC puede encontrarse en las guías de trabajo del ICE [5]. Por lo que respecta a las tres nuevas competencias propuestas por la ETSETB, se muestra a continuación su definición básica y el desarrollo de objetivos a nivel elemental, medio y avanzado:

8. Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

Capacidad para plantear y resolver problemas de ingeniería en el ámbito TIC con iniciativa, toma de decisiones y creatividad. Desarrollar un método de análisis y solución de problemas sistemático y creativo.

Objetivos por niveles

8.1 – Identificar la complejidad de los problemas tratados en las materias. Plantear correctamente el problema a partir del enunciado propuesto. Identificar las opciones para su resolución. Escoger una opción, aplicarla e identificar si es necesario modificarla si no se llega a una solución. Disponer de herramientas o métodos para verificar si la solución es correcta o, como mínimo, coherente. Identificar el papel de la creatividad en la ciencia y la tecnología

8.2 – Identificar, modelar y plantear problemas a partir de situaciones abiertas. Explorar las alternativas para su resolución, escoger la alternativa óptima de acuerdo a un criterio justificado. Manejar aproximaciones. Plantear y aplicar métodos para validar la bondad de las soluciones. Tener una visión de sistema complejo y de las interacciones entre sus partes constitutivas.

8.3 – Identificar y modelar sistemas complejos. Identificar los métodos y herramientas adecuados para plantear las ecuaciones o descripciones asociadas a los modelos y resolverlas. Llevar a cabo análisis cualitativos y aproximaciones. Establecer la incertidumbre de los resultados. Plantear hipótesis y proponer

métodos experimentales para validarlas. Establecer y manejar compromisos. Identificar componentes principales y establecer prioridades. Desarrollar un pensamiento crítico.

9. Capacidad para concebir, diseñar, implementar y operar sistemas complejos en el ámbito de las TIC.

Capacidad para cubrir el ciclo de vida completo (concepción, diseño, implementación y operación) de un producto, proceso, sistema o servicio en el ámbito TIC. Esto incluye la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito de la especialidad, el conocimiento de las materias básicas y tecnologías, la toma de decisiones, la dirección de las actividades objeto de los proyectos, la realización de mediciones, cálculos y valoraciones, el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento, la valoración del impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas adoptadas, la valoración económica y de recursos materiales y humanos involucrados en el proyecto, con una visión sistémica e integradora.

Objetivos por niveles

9.1 – Identificar las funciones de la ingeniería y los procesos involucrados en el ciclo de vida de un producto, proceso o servicio. Valorar la necesidad de la sistematización del proceso de diseño. Identificar e interpretar los pasos de un documento de especificación del proceso de diseño (PDS). Completar y mejorar documentos de especificación y planificación. Aplicar un proceso de diseño sistemático en sus fases de implementación y operación. Elaborar informes de progreso de un proceso de diseño. Manejar herramientas de apoyo a la gestión de proyectos. Elaborar un informe final correspondiente a un proceso de diseño sencillo. Conocer los aspectos económicos básicos asociados al producto – proceso- servicio que se está diseñando.

9.2 – Identificar las necesidades del usuario y elaborar una definición de producto-proceso-servicio y unas especificaciones iniciales. Elaborar una especificación del proceso de diseño. Diseñar y seguir un modelo de gestión del proceso de diseño basado en un estándar. Conocer profundamente los pasos asociados a las fases de diseño, implementación y operación. Utilizar de forma coherente los conocimientos y herramientas adquiridos en las diferentes materias en el proceso de diseño e implementación. Evaluar y proponer mejoras al diseño realizado. Evaluar la aplicación de la legislación, normativa y regulación de las telecomunicaciones en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

9.3 – Identificar las necesidades y oportunidades del mercado. Recoger información que permita elaborar las especificaciones de un nuevo producto proceso o servicio. Elaborar un plan de negocio básico. Concebir un nuevo producto, proceso o servicio. Elaborar y llevar a cabo la planificación de un proceso de diseño. Llevar a cabo las diferentes fases de un proceso de diseño.

10. Experimentalidad y conocimiento de la instrumentación

Capacidad para desenvolverse competentemente en un entorno de laboratorio del ámbito TIC. Capacidad para operar instrumentación y herramientas propias de las ingenierías de telecomunicación y electrónica e interpretar sus manuales y especificaciones. Capacidad de evaluar los errores y las limitaciones asociados a las medidas y resultados de simulaciones.

Objetivos por niveles

G10.1 – Conocer y utilizar correctamente las herramientas, instrumentos y aplicativos software disponibles en los laboratorios de las materias básicas. Seguir los manuales de las prácticas de laboratorio, recoger datos de las medidas y llevar a cabo análisis básicos con ellos.

G10.2 – Utilizar de forma autónoma las herramientas, instrumentos y aplicativos software disponibles en los laboratorios de las materias básicas y avanzadas. Conocer el funcionamiento y las limitaciones de estas herramientas. Entender sus manuales y especificaciones. Analizar los resultados de las medidas y simulaciones críticamente. Llevar a cabo análisis avanzados con los datos.

G10.3 – Diseñar experimentos y medidas para verificar hipótesis o validar el funcionamiento de equipos, procesos, sistemas o servicios en el ámbito TIC. Seleccionar los equipos o herramientas software

adecuadas. Valorar críticamente sus especificaciones. Llevar a cabo análisis avanzados con los datos recogidos.

La competencia 10 podría haberse considerado incluida en la 8 y 9 pero se ha querido mantener de forma explícita para consolidar uno de los aspectos más positivos del anterior plan de estudios, que fue la apuesta por la experimentalidad.

3. Propuesta de metodología para el aprendizaje de las competencias genéricas en la ETSETB

Para la inclusión en el plan de estudios de las competencias genéricas citadas en el apartado anterior, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- No son aconsejables las asignaturas específicas de competencias
- Se recomienda que en cada curso se trabajen de manera simultánea distintas competencias genéricas desde las diferentes asignaturas del curso
- No es aconsejable sobrecargar las asignaturas
- No es aconsejable no asignar ninguna competencia genérica a una asignatura
- Se requerirá coordinación vertical para los itinerarios competenciales

Por otra parte, los diversos marcos, y en particular la iniciativa CDIO, proponen construir un currículum integrado, con las competencias imbricadas en las asignaturas. CDIO propone además insertar diversas asignaturas de proyectos en las que, de manera natural, se desarrollan diversas competencias, tanto personales, interpersonales, como específicas de la ingeniería. En particular, se recomienda llevar a cabo una asignatura específica en primer curso en el que se realice una introducción a la ingeniería y un primer proyecto a fin de que el estudiante pueda identificar el contexto en el que se desarrollará su formación y enfocar correctamente el resto de asignaturas del grado. Se trata, en resumen, de considerar las competencias genéricas como el contexto del aprendizaje de la ingeniería y no su contenido, que seguirá constituido por las competencias específicas de las distintas materias.

Así, los planes de estudio diseñados incluyen en su estructura un conjunto de asignaturas de proyectos que no deben entenderse como contenedores de competencias sino que deben tener un triple impacto:

- Consolidar el aprendizaje de los contenidos de las materias que se cursan en paralelo y de las anteriores.
- Motivar al estudiante
- Trabajar en el contexto de la ingeniería y, como consecuencia, ofrecer un marco para desarrollar de manera natural la mayor parte de las competencias genéricas y específicas.

Se ha incluido una asignatura de 6 créditos ECTS en el segundo semestre de primero, dentro de la materia de economía, en la que además de los conceptos básicos de economía y empresa, se muestra la visión de sistema y de negocio de los distintos productos y servicios del ámbito TIC, la metodología de gestión de proyectos y se lleva a cabo un primer proyecto parcialmente guiado en grupos de 4 estudiantes.

En el segundo semestre de segundo y tercer curso se han programado dos asignaturas de proyectos de ingeniería (proyecto básico y proyecto avanzado) de 6 y 12 créditos ECTS respectivamente. En éstas el 80% del tiempo se dedica a la realización de proyectos abiertos y el 20% a seminarios. El proyecto básico se llevará a cabo en equipos de 5-6 estudiantes y tendrá un contenido fundamentalmente técnico, mientras que el proyecto avanzado lo realizarán grupos grandes de estudiantes (9-12) trabajando en subproyectos

que deberán coordinarse entre ellos. Aparte de la componente técnica, tendrán una fuerte carga de gestión y de aspectos económicos y de innovación.

A las demás asignaturas se les ha asignado, de acuerdo con sus coordinadores, un conjunto de competencias genéricas que pueden desarrollar a uno de sus tres niveles, con énfasis en dos de ellas, para las que deberán diseñar actividades formativas específicas que incluyan resultados evaluables. Se establecen así los itinerarios de competencias, por los que cada competencia genérica se imparte y evalúa en un mínimo de dos asignaturas por nivel a lo largo del grado.

4. Conclusiones

Los nuevos planes de estudios de grado de la ETSETB de la UPC [6], ya verificados por la ANECA y dos de los cuales se han empezado a impartir este curso 2009-2010, tienen una estructura que favorece el aprendizaje de competencias genéricas mediante una fórmula mixta: por una parte éstas se imbrican en todas las asignaturas definiendo itinerarios verticales de competencias y por otra se establecen 3 asignaturas de proyectos, además del TFG, en las que, además de reforzar el aprendizaje de los contenidos de las demás asignaturas, se desarrollan las competencias genéricas de manera natural mediante actividades próximas al ejercicio de la ingeniería. Este esquema cumple con los estándares definidos por la iniciativa CDIO, a la que se ha incorporado la ETSETB en julio de 2009.

Referencias

- [1] J. F. Córdoba, I. del Corral, J. Domingo, R. Piqué, I. Torra. *Aproximació al disseny de titulacions basat en competències*. http://www-ice.upc.edu/documents/ees/disseny_titulacions_competencies.pdf. ICE, UPC, (2007)
- [2] Orden Ministerial por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación. BOE 20-2-2009 2894
- [3] J. M. Jornet, E. Alarcón, E. Sayrol, "Electrical Engineering Curricula: international overview", UPC opencourseware, (2009)
- [4] E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. Brodeur. *Rethinking engineering education: the CDIO approach*. Springer, (2007).
- [5] Diversos autores. *Guies per desenvolupar les competències genèriques en el disseny de titulacions*. http://www.upc.edu/ees/guia_disseny/competencies. ICE, UPC (2008-2009)
- [6] Solicitud de verificación de la titulación. Grado en Ingeniería de Sistemas Electrónicos por la Universitat Politècnica de Catalunya - ETSETB. <http://hdl.handle.net/2117/2838> (2008).

