

Aprendizaje de Electrónica de Potencia basado en competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior

María Isabel Muñoz San Ildefonso y José Ignacio García Quintanilla

Title— Power Electronics learning based on competencies within the European Higher Education Area.

Abstract— This paper presents the teaching-learning programme based on competency development and planned according to ECTS credits, that has been defined for the Power Electronics subject at Universidad of Deusto. The first section of the paper includes a review of those context aspects shared by every university engaged in the Bologna process and then introduces the specific characteristics of the Deusto Education Model. The programme, planned within this frame, is the result of a progressive cooperative work over six years and it has been validated with respect to the learning results obtained and students comments.

Index Terms— Education, Engineering, Learning by competencies, Power Electronics.

I. INTRODUCCION

LOS centros de educación superior inmersos en el proceso de convergencia europea están trabajando en la adaptación de sus titulaciones, estructuras y procesos de enseñanza-aprendizaje para poder alcanzar los objetivos que recoge la declaración de Bolonia, en cuanto a movilidad, transferibilidad, comprensibilidad y calidad. Los procesos de cambio llegan hasta las aulas, a cada materia, a cada profesor, a cada alumno. Es una oportunidad de acometer la innovación necesaria para que se garantice el aprendizaje para toda la vida (*Long Life Learning, LLL*) y la formación de ciudadanos íntegros que se desea [1].

Se ha creado la necesidad de que los profesores nos preguntemos qué enseñamos, qué queremos que aprendan nuestros alumnos, qué necesitan aprender estos alumnos y cómo deben ser diseñadas las tareas y actividades para que este aprendizaje significativo, que capacite para la profesión y la ciudadanía, tenga lugar en nuestros centros [2]. Es una inevitable ocasión de reflexionar sobre los perfiles académico-profesionales de los titulados, las modalidades, métodos y

materiales de enseñanza-aprendizaje y los instrumentos de evaluación [3].

La Universidad de Deusto ha definido su Modelo de Aprendizaje que se integra en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior y favorece el desarrollo de competencias, no sólo específicas, sino también genéricas o transversales. Un modelo que pretende que el alumno sea cada vez más autónomo y realice aprendizaje significativo, que no sea una mera reproducción, sino que permite una puesta en práctica competente en situaciones auténticas y complejas [4].

Los autores han compartido la docencia de la asignatura Electrónica de Potencia del tercer curso de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Electrónica Industrial (6 créditos), durante 6 años, en los que han mantenido reflexión constante sobre su planificación, la definición de los objetivos de aprendizaje y el diseño de estrategias y materiales docentes orientados a la consecución de los objetivos. Desde el inicio, se han considerado no sólo los conocimientos conceptuales, sino también aspectos procedimentales, actitudinales y de valores. En este momento, la asignatura está planificada en base a competencias y programada con medida en créditos ECTS.

Las características más destacables de la asignatura son:

- Asignatura Troncal.
- 6 créditos. 4,5 créditos teóricos y 1,5 créditos prácticos.
- 3 h/semana de clase en aula.
- 1 h/semana de clase en el laboratorio
- 30 horas semanales horario libre disponible para un total de 180 alumnos.
- 90 alumnos por grupo, subdivididos a su vez en 9 parejas, 18 alumnos, por cada hora de clase.

II. CONVERGENCIA EUROPEA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

La voluntad de la Unión Europea de convertirse para el final de la primera década del siglo XXI en una economía dinámica en el contexto mundial, basada en el conocimiento, inspiró los denominados *objetivos de Lisboa*, que se han traducido en unos objetivos educativos comunes que deberían alcanzarse para el año 2010. Estas metas están orientadas a mejorar la calidad y la eficacia de la educación, facilitar el acceso a la educación y la formación y abrir los sistemas educativos a un mundo más amplio.

Los autores pertenecen al departamento de Arquitectura de Computadores, Automática y Electrónica y Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingeniería (ESIDE) de la Universidad de Deusto (e-mail: jigarca@eside.deusto.es)

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

El segundo proceso es el proceso de Bolonia, que está obligando a los países europeos a adaptar sus estructuras educativas al nuevo *Espacio Europeo de Educación Superior*.

A. El proceso de Bolonia: la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

A partir de los principios de calidad, movilidad, diversidad y competitividad, esta iniciativa persigue el logro de objetivos estratégicos, como el incremento del empleo en la Unión Europea y la conversión del sistema Europeo de Formación Superior en un reclamo de calidad para estudiantes y profesores de otras partes del mundo, concretándolo en seis objetivos, que recoge la Declaración de Bolonia (junio de 1999), entre los que se cuentan el establecimiento de un sistema de créditos (ECTS) y la promoción de la cooperación europea para asegurar un nivel de calidad para el desarrollo de criterios y metodologías comparables [5] [6].

La piedra angular en la creación de esta área común y convergente es la formación de ciudadanos europeos, completos, íntegros y capaces de vivir, adaptarse y contribuir a la sociedad. El fin último es hacer posible y real el aprendizaje a lo largo de toda la vida y una formación que persiga el desempeño competente, es decir, un aprendizaje hacia la capacitación y cualificación de los alumnos que ahora llenan las aulas y que serán los profesionales del mañana [7].

B. Los créditos ECTS (European Credit Transfer System)

Uno de los objetivos clave de la declaración de Bolonia es la adopción del sistema de créditos ECTS de modo que los programas de estudios sean comprensibles y comparables para todos los estudiantes y se facilite la movilidad y el reconocimiento académico [8].

El ECTS se basa en una convención: 60 créditos miden la carga de trabajo académico de un estudiante medio a tiempo completo durante un año académico. En la Universidad de Deusto 1 crédito equivale a 25 horas de trabajo del estudiante.

El proceso de enseñanza-aprendizaje se compone de dos polos: enseñanza, cuyo protagonista principal es el profesorado, y aprendizaje, cuyo protagonista principal es el alumnado.

La adopción del crédito europeo supone no sólo un método de cuantificación sino la elección de una filosofía de fondo basada en el trabajo del estudiante (*workload*) que implicará un nuevo enfoque sobre métodos docentes [9].

C. De la enseñanza al aprendizaje: cambio del centro del proceso

Sin enseñanza no puede existir aprendizaje. La enseñanza puede ser intencional o no, pero la intencionalidad es consustancial a la educación universitaria [10]. Lo esencial de la enseñanza es facilitar los procesos de aprendizaje [2] [11] [12]. En ocasiones se imparte enseñanza y no se produce aprendizaje.

El proceso de construcción del Espacio Europeo de Educación Superior conlleva una serie de cambios que pueden representar una buena oportunidad para introducir en la universidad aires nuevos que la empujen a replantearse

prácticas docentes aún muy extendidas que parecen olvidar que no se puede pensar en enseñanza sin hacerlo a la vez en aprendizaje [3].

La tarea de aprender también debe ser cualificada: se distinguen, básicamente, el aprendizaje superficial y el profundo.

Lo que aprende un estudiante a partir de unos motivos y estrategias superficiales es solamente un conjunto de conocimientos técnicos con una fecha de caducidad, en el sentido de que no será capaz de desarrollar unas estructuras sólidas que le permitan actuar como un profesional dinámico y activo en una sociedad cambiante. Sin embargo, un estudiante que afronte las tareas de aprendizaje adoptando un enfoque profundo, comprendiéndolas y dándoles significado, estará desarrollando no solamente competencias técnicas (saber) sino también y quizás de forma más importante estará desarrollando competencias metodológicas (saber hacer), participativas (saber estar) y personales (saber ser).

Estas competencias le prepararán para la vida en sociedad, para su inserción en el mercado laboral, y quizás, como uno de los aspectos más importantes en torno a las bondades del enfoque profundo en este sentido harán posible, viable y factible el reto del aprendizaje a lo largo de toda la vida.

Podemos decir, de forma sintética, que el aprendizaje superficial es un aprendizaje orientado hacia la reproducción, mientras que el aprendizaje profundo es un aprendizaje orientado hacia el significado y es el único compatible con el desarrollo de competencias [13].

D. Nuevo escenario: nuevo rol del profesor y nuevas estrategias docentes

El EEES otorga un nuevo papel al profesor: su misión no es tanto enseñar como lograr que el alumno aprenda, y que no sólo aprenda conocimientos, sino que también desarrolle competencias profesionales [14] [15].

Así, una tarea importante del profesor va a ser *el diseñar tareas de estudio y aprendizaje autónomo* [16]. El profesor se convierte en un facilitador del aprendizaje. Son necesarias unas herramientas docentes que activen la reflexión y la experimentación. La metodología expositiva se complementa con otros métodos como: estudio de casos, seminarios, aprendizaje basado en problemas, etc.[17].

En cuanto al papel del alumno, será necesaria una mayor implicación y dedicación a su propio aprendizaje, en el que será menos dependiente y más autónomo, en un proceso progresivo desde los primeros cursos hacia los últimos.

III. FORMACIÓN EN COMPETENCIAS

A. En qué consiste la formación en base a competencias

“La competencia es un conjunto de conductas organizadas en el seno de una estructura mental, también organizada y relativamente estable y movilizable cuando es preciso” [18]. En consecuencia, las competencias están vinculadas a una actividad o a una tarea determinada. Este aspecto las

distinguen también de las aptitudes, entendidas como rasgos latentes y potenciales.

En la Universidad de Deusto entendemos por **competencia** “la capacidad de un buen desempeño en contextos complejos y auténticos. Se basa en la integración y activación de conocimientos, habilidades y destrezas, actitudes y valores”.

B. Planificación en base a competencias

Este nuevo escenario exige a las universidades [19]:

- Definir perfiles profesionales y resultados académicos deseables en las diferentes titulaciones a través de competencias específicas de cada una.
- Describir competencias comunes a todas las titulaciones universitarias, que forman parte del bagaje formativo universitario; son las competencias genéricas o transversales.
- Diseñar proyectos formativos adecuados para el desarrollo de los perfiles.
- Diseñar y programar currículos tomando como referencia el trabajo del alumno (crédito ECTS).
- Elaborar diseños metodológicos que favorezcan una formación apoyada en el aprendizaje activo del estudiante y propuestas que garanticen la calidad de los procesos de aprendizaje y de los resultados en cada titulación.

Las competencias específicas son las propias exclusivamente de un perfil o compartidas por un escaso número de ellos. Generalmente, se expresan a través de conocimientos relacionados con las disciplinas o habilidades específicas de las prácticas profesionales más comunes en el perfil definido.

El mapa de competencias de la titulación es el reflejo del proyecto formativo e incluye competencias genéricas y específicas. Las competencias incluyen saber, saber hacer, saber ser y saber estar. A partir del proyecto formativo, cada profesor puede programar las asignaturas como un proyecto docente. La programación en equipo facilita la tarea y dota de mayor coherencia a los proyectos parciales que componen el proyecto formativo de cada titulación.

La tarea del profesor es diseñar métodos y estrategias, acompañados de tareas concretas y materiales, que permitan al alumno ser el protagonista y responsable de su proceso de aprendizaje, para realizar el desarrollo de competencias que se propone como objetivo [20]. En este proceso, la evaluación debe ser un elemento que se va definiendo transversalmente e integrado con los objetivos y la metodología, en la definición de modalidad y métodos de enseñanza. y en la definición y planificación de tareas y actividades [21].

No se pueden evaluar competencias si la metodología no se orienta a su desarrollo, por eso la planificación de todo el currículum debe realizarse en base a competencias.

La programación de materias en la UD incluye:

- Justificación en el perfil profesional
- Prerrequisitos
- Competencias (expresión de los resultados de aprendizaje)
- Contenido

- Estrategias de enseñanza-aprendizaje (con detalle de los tiempos asignados)
- Sistema de evaluación
- Documentación

IV. LA ASIGNATURA ELECTRÓNICA DE POTENCIA

A. Situación de la planificación de la asignatura en otras universidades españolas

Se ha revisado la información que las universidades españolas ofrecen al público en sus páginas web sobre las asignaturas equivalentes a esta en la misma titulación y se puede concluir que:

- No se han encontrado evidencias explícitas de la integración de las prácticas de laboratorio en la secuencia de aprendizaje con las enseñanzas teóricas; para el aprendizaje teórico y el aprendizaje práctico se siguen metodologías aisladas. Quizás en el desarrollo de la enseñanza sí se produce esa integración.
- La evaluación se especifica con poco detalle.
- Se observa una coincidencia en la dificultad de incluir las memorias o informes de prácticas de los alumnos en la evaluación y calificación. Esto lleva a decisiones como valorar las prácticas sólo con apto/no apto, o que su peso en la calificación sea prácticamente residual.
- Se confirma que la evaluación sigue siendo un punto débil en la enseñanza universitaria.

Se han encontrado algunos trabajos presentados en forma de comunicaciones en congresos de adaptación de asignaturas equivalentes en otras universidades españolas [22][23].

B. Electrónica de Potencia y Modelo de Aprendizaje de la Universidad de Deusto

La modalidad de enseñanza diseñada incluye clases presenciales de aula y laboratorio. Estas sesiones incluyen tiempos expositivos, por parte del profesor, y de actividad por parte del alumno. Además, el alumno realiza ejercicios de aplicación y completa las prácticas de laboratorio en horario libre. Los materiales proporcionados son un libro de texto, que incluye desarrollos teóricos, ejemplos de aplicación y ejercicios propuestos, y el libro de prácticas que contiene los guiones y cuestionarios de prácticas.

El diseño se ha hecho en base al Modelo de Aprendizaje de la Universidad de Deusto, que tiene estructura cíclica en cinco fases:

- Contexto experiencial
- Observación reflexiva
- Conceptualización
- Experimentación activa
- Evaluación.

Las clases en aula junto con el trabajo personal de estudio del alumno, constituyen la fase de conceptualización.

Las clases prácticas y el trabajo en horario abierto, son los medios de realización de las fases de observación reflexiva y

experimentación activa. La correlación de contenidos teóricos y prácticos y sincronización en su desarrollo, permite que las prácticas de la asignatura constituyan realmente una fase integrada en un único proceso de aprendizaje [24].

La observación es un método natural de aprendizaje; por sí misma, podría ser asistemática y acientífica, pero acompañada de la reflexión se convierte en un proceso fértil para la generación de aprendizaje.

El propósito de esta fase del ciclo es que la persona que aprende se haga preguntas, ya que no puede haber aprendizaje significativo si uno no se pregunta. Los alumnos suelen tener dificultades para hacerse preguntas; están demasiado acostumbrados a no preguntarse ellos mismos, sino a dirigir, en todo caso, sus preguntas a sus profesores. Esta realidad pone de manifiesto una actitud de dependencia, que es contraria a la pretendida autonomía. Vemos así, que significatividad y autonomía en el aprendizaje, son aspectos caracterizados como diferentes pero no completamente independientes y que se favorecen mutuamente [14].

A continuación se explica cada una de las metodologías y estrategias, medios de enseñanza aprendizaje en la asignatura, con especial detalle en lo concerniente a las prácticas:

- Clases de aula

Son fundamentalmente expositivas, si bien se procura favorecer la participación activa del alumno provocándole interrogantes.

- Clases de prácticas

El laboratorio de Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas de la Facultad de Ingeniería está equipado con mesas y paneles que facilitan su uso con múltiple propósito a la vez que cumple con la normativa en materia de seguridad e higiene. Además, las normas y recomendaciones de seguridad se incorporan en la gestión y organización de las prácticas (guiones, montajes y diseño de experimentos). El laboratorio está dotado de los medios y equipos de seguridad adecuados (protecciones eléctricas, extintores y botiquín).

El máximo número de alumnos que está simultáneamente en el laboratorio durante una clase práctica es 18, en parejas, ocupando 9 puestos de trabajo. El contenido práctico se desarrolla a través de clases semanales de 50 minutos de duración. Al dedicarse una mañana a las prácticas de laboratorio de dos asignaturas troncales (Electrónica de Potencia e Informática Industrial), los grupos por parejas se confeccionan de tal manera que no se solapen los horarios y que las mismas parejas que trabajan en una asignatura lo hagan en la otra.

Cada alumno dispone de un libro de prácticas en el que se incluyen: objetivos, presentación de equipos, instrucciones para la realización de los montajes y un cuestionario para cada práctica. El profesor realiza una breve explicación al comienzo de la clase si se introduce equipamiento nuevo. En los cuestionarios los alumnos recogen los resultados experimentales y responden a las preguntas que tienen como objetivo ayudarles a reflexionar, relacionar los conceptos teóricos y prácticos con la realidad física y comprenderlos para poder aprenderlos. La mayoría de las prácticas para ser

completadas requieren más tiempo del que disponen los alumnos en una clase práctica.

- Horario abierto en el laboratorio

Aquellos alumnos interesados y/o necesitados en avanzar en su tarea de estudio y aprendizaje pueden continuar la realización de las prácticas en el tiempo de horario abierto de los laboratorios, respetando un plazo máximo de 15 días desde la clase práctica. El alumno tiene a su disposición todo el equipamiento del laboratorio y el apoyo de dos alumnos (monitores) de 2º ciclo. La Universidad de Deusto destina dos becas de colaboración a estos dos alumnos.

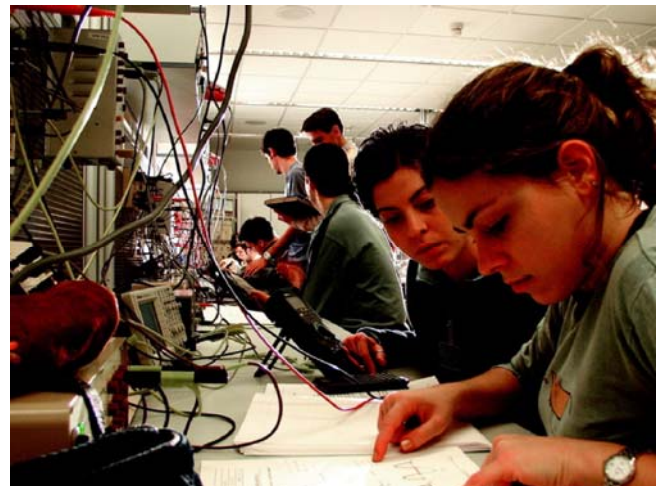


Fig. 1. Alumnos completando los cuestionarios en el laboratorio de Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas.

- Trabajo del alumno en el laboratorio

El trabajo del alumno es aprender y no rellenar o simplemente cumplir con el horario de clases prácticas. Se exige la asistencia y el trabajo en los 50 minutos de clase; el trabajo durante el horario libre será responsabilidad del alumno según su disponibilidad y necesidad. Este trabajo personal añadido, si es realizado, es evaluado y valorado positivamente.

Este sistema de trabajo tiene una gran aceptación entre los alumnos que, en general, tienden a completar todas las prácticas. Se trata no de un tiempo robado al estudio sino de un medio para facilitar y garantizar el estudio comprensivo. Las actividades que deben realizar constituyen el medio para la experimentación activa, y las preguntas planteadas, a las que deben dar respuesta, son la guía para la observación reflexiva. Como media, cada alumno dedica 20 horas en horario abierto a lo largo del semestre.

La fase de experimentación activa incluye toda “actividad que favorezca el desarrollo de las habilidades y destrezas de los alumnos en la aplicación de conceptos, teorías o modelos con el fin de obtener un mayor afianzamiento de los mismos, con un propósito de resolución de problemas, o con la finalidad de realizar un diseño o implementación de un modelo o estrategia” [14].

La experimentación activa en esta asignatura ocurre, evidentemente, en el laboratorio. Al realizar el montaje en el

laboratorio, una vez conocida la resolución matemática a través de su desarrollo en la clase de teoría, el alumno observa el funcionamiento real de los dispositivos y circuitos, corroborando así la validez del modelo. El conocimiento previo del modelo matemático y la solución de las ecuaciones que describen su comportamiento permite al alumno la detección de errores en el montaje y su corrección [25].

La idoneidad de la guía para la práctica (datos que debe recoger e interpretar, cuestiones que debe razonar y argumentar) es la garantía de que habrá observación reflexiva. Se espera que el alumno sepa responder a las preguntas que se plantean en el cuestionario, dando razón de su respuesta y de lo que ocurre, que sepa argumentar, relacionando la práctica con el comportamiento predicho por la naturaleza física de los dispositivos y las leyes físicas que rigen su comportamiento, que son la base del modelo matemático que describe los sistemas. Así, el alumno hace suyo lo expuesto por el profesor expresándolo en forma de explicación en una situación concreta, de modo que se cierra, de alguna manera, el ciclo en una fase de conceptualización.

El desarrollo de las clases de prácticas en grupos de no más de 9 puestos de trabajo permite una atención suficientemente directa del profesor, que favorece la detección y clarificación de errores conceptuales “en el momento” y el planteamiento de preguntas al alumno para que pueda detectarlos.

El trabajo de los alumnos en parejas en los puestos de trabajo del laboratorio, ofrece también oportunidad de reflexión y contraste en el trabajo compartido.

V. PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA ASIGNATURA ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN BASE A COMPETENCIAS Y EN CRÉDITOS ECTS

Como se ha dicho, el trabajo de colaboración continuado a lo largo de seis cursos, ha dado lugar a la planificación de la asignatura que ahora se presenta. En las sucesivas revisiones, se han considerado elementos de evaluación de la metodología, como son el análisis de los resultados académicos, la opinión de los alumnos, (a través de cuestionarios) y el análisis de los datos objetivos de permanencia de los alumnos en el laboratorio en horario libre.

A. Justificación

El Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Electrónica Industrial, debe manejar con soltura los conceptos relativos a la conversión electrónica de potencia. La electrónica de potencia se basa principalmente en la conmutación de dispositivos de potencia (diodos, tiristores y transistores) implementados en materiales semiconductores. El avance tecnológico de estos dispositivos ha sido rápido y permanente en las últimas décadas, de forma que en el momento actual, la capacidad de control de potencia y la velocidad de conmutación los ha convertido en elementos imprescindibles en cualquier instalación industrial [26]. El Ingeniero Técnico Industrial debe estar capacitado para desarrollar y aplicar estos avances tecnológicos. Además, ya no hay ninguna duda de

que, en los próximos años, la electrónica de potencia va a controlar y acondicionar la electricidad en algún punto de la red de transmisión entre su generación y los usuarios [27].

Alcanzados los objetivos de la asignatura, el estudiante que se enfrente a un problema de control y conversión de energía eléctrica sabrá diferenciar y elegir el dispositivo más adecuado para la aplicación, estará familiarizado con sus valores característicos y su comportamiento en servicio y será capaz de integrarlo en sistemas electrónicos de potencia.

B. Prerrequisitos

El alumno debe tener conocimientos previos sobre:

- Circuitos eléctricos, transformación trifásica de energía.
- Análisis, simulación e implementación de circuitos analógicos (Electrónica Analógica)
- Conceptos y procedimientos para afrontar el análisis de sistemas físicos en el dominio del tiempo y de la frecuencia (Sistemas y Señales).

C. Resultados de aprendizaje en términos de competencias genéricas y específicas

1) Competencias genéricas

- *Orientación al aprendizaje.* Es la capacidad de las personas para utilizar el aprendizaje de manera estratégica y flexible en función del objetivo perseguido, a partir del reconocimiento del propio sistema de aprendizaje y de la conciencia del aprendizaje mismo (relacionando la nueva información con los esquemas mentales previos y la utilización del nuevo esquema mental generado).
- *Resolución de problemas.* Es la capacidad de identificar, analizar y definir los elementos significativos que constituyen un problema para resolverlo con criterio y de forma efectiva.
- *Planificación.* Es la capacidad de determinar eficazmente los objetivos, prioridades, método y controles para desempeñar tareas mediante la organización de las actividades con los plazos y los medios disponibles.
- *Gestión del tiempo.* Es la capacidad de distribuir el tiempo de manera ponderada en función de las prioridades, teniendo en cuenta los objetivos personales a corto, medio y largo plazo y las áreas personales y profesionales que interesa desarrollar.

2) Competencias específicas:

- Seleccionar los dispositivos semiconductores de potencia (diodos, tiristores o transistores) más adecuados para una aplicación determinada.
- Diferenciar los principios de activación y desactivación de cada dispositivo y estudiar sus valores característicos conociendo su comportamiento en servicio.
- Diferenciar y estudiar los valores característicos y el comportamiento en servicio los dispositivos de potencia que han aparecido en los últimos años.
- Reconocer los circuitos básicos asociados a cada dispositivo de potencia.
- Determinar los efectos de un sistema electrónico de potencia sobre la red de alimentación.

- Integrar los esquemas básicos de potencia en sistemas electrónicos más complejos.
- Estudiar y diseñar circuitos electrónicos de potencia con la ayuda de una herramienta software de simulación.
- Considerar el mayor número de soluciones posibles para un sistema electrónico de potencia concreto (rectificadores, inversores, pulsadores, etc).

D. Contenidos

En la tabla I se presenta en contenido teórico:

TABLA I
CONTENIDO TEÓRICO

--Diodos semiconductores de potencia y circuitos básicos asociados.
Tema 1. Diodos semiconductores de potencia.
Tema 2. Circuitos con diodos y circuitos rectificadores.
--Tiristores y circuitos básicos asociados.
Tema 3. Tipos de tiristores.
Tema 4. Convertidores monofásicos y trifásicos.
--Nuevos dispositivos de potencia. Transistores de potencia.
Tema 5. Tipos de transistores.
Tema 6. Circuitos inversores y convertidores de continua.
--Sistemas electrónicos de potencia.
Tema 7. Reacción de los convertidores de corriente sobre la red.
Tema 8. Variadores de corriente continua.
Tema 9. Convertidores de frecuencia directos.
Tema 10. Inversores con circuito intermedio.
Tema 11. Aplicaciones de Electrónica de Potencia.

El contenido práctico correspondiente a las prácticas de laboratorio se presenta en la tabla II.

TABLA II
CONTENIDO PRÁCTICO (PRÁCTICAS DE LABORATORIO)

Práctica 1. Diodos. Circuitos monofásicos básicos
Práctica 2-3. Diodos. Rectificadores trifásicos
Práctica 4. Tiristores. Rectificadores controlados monofásicos.
Práctica 5. Tiristores. Convertidores trifásicos.
Práctica 6. Convertidor de corriente bidireccional.
Práctica 7. Transistores BJT, MOSFET y IGBT.
Práctica 8. Variadores de corriente continua.
Práctica 9. Convertidores de frecuencia.
Práctica 10. Modelización de sistemas de potencia. <i>Simulink</i> ®

TABLA III
INTEGRACIÓN TEÓRICO-PRÁCTICA DE CONTENIDOS

Contenido teórico	Contenido práctico	Tiempo del alumno (solo aula)	Tiempo del alumno (laboratorio)
Tema 1	Práctica 1	2 h	3 h
Tema 2	Prácticas 2,3 y 4	6 h	9 h
Tema 3	Práctica 5	3 h	3 h
Tema 4	Práctica 6, 7, 8 y 10	7 h	3 h
Tema 5	Práctica 7	3 h	1 h
Tema 6	Práctica 8 y 9	4 h	2 h
Tema 7	Práctica 7 y 10	2 h	2 h
Tema 8	Práctica 8	3 h	1 h
Tema 9	Práctica 6	3 h	1 h
Tema 10	Práctica 6 y 9	3 h	2 h
Tema 11	Práctica 8, 9 y 10	3 h	3 h

En la tabla III, de acuerdo con los contenidos teóricos y prácticos presentados en las tablas I y II, se muestra la

distribución temporal estimada para dichos contenidos.

Las competencias transversales, por su propia naturaleza, están distribuidas a lo largo del semestre.

E. Estrategias de enseñanza-aprendizaje

Se utiliza una metodología de aprendizaje autónomo y significativo, con diseño intencional de las fases de experimentación activa y observación reflexiva a través de las clases de prácticas de laboratorio [28].

En las sesiones de clase de aula (45 sesiones de 50 minutos de duración) se explican los diferentes tipos de dispositivos de potencia, los circuitos básicos asociados a cada uno y su integración en sistemas electrónicos de potencia más complejos. Asimismo, se plantean y resuelven ejercicios numéricos de aplicación, se facilita a los estudiantes una colección de problemas en cada tema con y sin soluciones. También se les facilitan problemas resueltos (incluidos los de examen de cursos anteriores) con la recomendación de bibliografía especializada que aborde problemas acordes con los conocimientos y métodos aprendidos.

Las clases en aula, junto con el trabajo personal de estudio del alumno, constituyen la fase de conceptualización. Las clases prácticas y el trabajo en horario abierto (fuera de su horario lectivo en el que el laboratorio está a su disposición), son los medios de realización de las fases de observación reflexiva y experimentación activa. Los contenidos teóricos desarrollados en aula a través de las herramientas matemáticas para el análisis de los circuitos se experimentan y observan realizando el montaje en el laboratorio.

El contenido de prácticas de laboratorio se desarrolla a través de clases semanales de 50 minutos de duración en el laboratorio de Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas. En estas sesiones (15 en todo el semestre) se realizan un número importante de ejercicios prácticos trabajando directamente con dispositivos semiconductores de potencia reales formando parte de los circuitos electrónicos de potencia presentados y analizados en las clases teóricas. Como ya se ha expuesto, los alumnos cuentan con una guía de la práctica para reflejar los resultados y responder a las cuestiones con el objeto de ayudarles a reflexionar y comprender significativamente los conceptos de modo que sean competentes para transferirlos y aplicarlos en otras situaciones.

El trabajo durante el horario libre, en el que cuentan con el apoyo de monitores y del profesor encargado del laboratorio, permite al alumno completar o ampliar trabajos, y contribuye a que el alumno desarrolle mayores niveles de autonomía y responsabilidad, así como de organización de su tiempo, priorización de tareas y toma de decisiones [29].

Los cuestionarios no pueden completarse fuera del laboratorio, deben ser entregados al monitor al finalizar la experimentación, de manera que se garantiza que no habrá copias entre los alumnos.

De acuerdo con los 5 créditos ECTS asignados, la dedicación media requerida al alumnado para el seguimiento de la asignatura y el cumplimiento de sus requisitos es de

125h, distribuidas de acuerdo con las estimaciones presentadas en la tabla IV.

TABLA IV
ESTIMACIÓN DE HORAS DE DEDICACIÓN

Exposición del profesor en el aula	26 h
Trabajo y actividades prácticas en el aula	13 h
Exposición del profesor en el laboratorio	2 h
Trabajo y actividades prácticas de laboratorio	10 h
Trabajo presencial en el aula / laboratorio (suma)	51 h
Trabajo de laboratorio en horario libre	20 h
Lectura y estudio del material de laboratorio	4 h
Estudio y preparación de examen	25 h
Resolución de ejercicios fuera del aula	20 h
Tutoría y consultas	1 h
Tiempo de exámenes: aula (2,5 h) y laboratorio (1,5 h)	4 h
Trabajo fuera del aula / laboratorio (suma)	74 h
Total (51h + 74 h)	125 h

F. Evaluación

1) Sistema de evaluación

El sistema de evaluación está básicamente formado dos partes: el examen de aula y el laboratorio con examen y evaluación de los cuestionarios.

- Examen de aula

Para evaluar el desarrollo de las competencias se hará un examen escrito, de 2,5 h de duración, que tendrá una parte teórica y una parte práctica, de aplicación. La parte teórica constará de varias preguntas que permiten detectar si el alumno ha asimilado los conceptos básicos de la asignatura (desarrollo de algún tema, preguntas de comprensión, análisis y comparación de comportamientos en servicio de dispositivos de potencia) y la parte práctica constará de tres ejercicios numéricos sobre los diferentes circuitos electrónicos de potencia tratados a lo largo del curso.

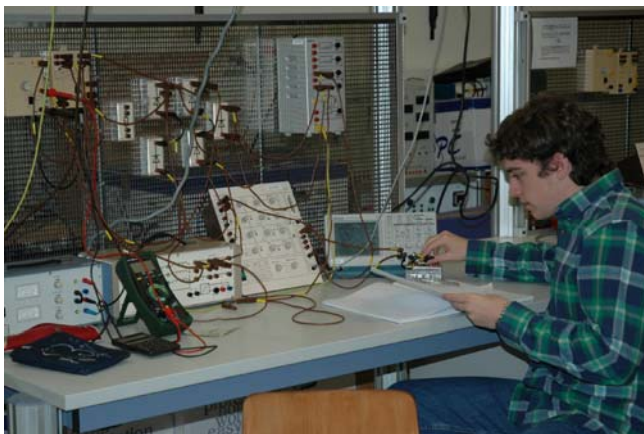


Fig. 2. Puesto de trabajo disponible para el alumno para completar o ampliar trabajos en horario libre.

- Laboratorio

Durante el curso, los alumnos, por parejas, deberán contestar un cuestionario por cada práctica realizada basándose en los resultados experimentales obtenidos en el laboratorio. Los cuestionarios se entregarán al finalizar la clase y deben ser completados hasta un mínimo establecido

por el profesor. Estos cuestionarios serán corregidos y aportarán datos para la evaluación. El trabajo personal añadido por el alumno por encima del mínimo establecido, también será evaluado y valorado positivamente.

Además, el alumno es convocado a un examen individual de prácticas de laboratorio, en el que realizará correctamente algunas de las prácticas desarrolladas a lo largo del curso.

La asistencia al laboratorio en horario libre queda registrada por los monitores del laboratorio y se tiene en cuenta para mejorar la calificación de prácticas.

La asistencia a todas las clases de laboratorio y la superación del examen de laboratorio son condiciones imprescindibles para superar esta parte de la asignatura.

2) Calificación:

La evaluación correspondiente a cada parte, aula y laboratorio, es individual. La calificación total (una vez superadas ambas partes) se obtiene con peso del 65% para los contenidos teóricos y ejercicios de aplicación y un 35% para las prácticas de laboratorio.

Es imprescindible obtener el 50% de la calificación asignada a las competencias genéricas para superar la asignatura. Estas competencias se evalúan en la aplicación en el examen escrito, donde se formulan algunas cuestiones en las que, además del contenido, se pone de manifiesto el grado de desarrollo de la competencia.

Se valorará positivamente, mejorando la nota de la asignatura, la realización de un trabajo que aborde temas de actualidad en el campo de la Electrónica de Potencia, pero en ningún caso libera de la obligación de realizar y aprobar los exámenes de teoría y laboratorio. Podrá tener un peso de hasta un 20% de la nota final siempre que se hayan superado las partes teórica y práctica de la asignatura. Se trata de trabajos de temas propuestos por los alumnos y aceptados por el profesor que consisten en la búsqueda de información y elaboración de la misma relacionándolo con los contenidos de la asignatura. El alumno escoge si desea exponerlo o entregar memoria escrita.

- Examen de aula

Parte teórica del examen escrito: desarrollo de un tema, preguntas de comprensión, preguntas de análisis y comparación de comportamientos en servicio de dispositivos de potencia) (50%).

Ejercicios de aplicación del examen escrito (40%).

La evaluación de las competencias genéricas tendrá un peso del 10 % en la calificación final de teoría, correspondiendo un 5% a “Orientación al aprendizaje” y el restante 5% a “Resolución de problemas”.

- Laboratorio

Cuestionarios entregados por los alumnos hasta el grado de completitud mínimo, establecido por el profesor (35%).

Examen de prácticas (25%).

Trabajo personal añadido (incluyendo el tiempo dedicado a las prácticas de la asignatura en horario libre y grado de completitud de la práctica y el cuestionario), si es realizado, es evaluado y valorado positivamente con un máximo del 30% de la calificación de prácticas de laboratorio.

La evaluación de las competencias genéricas tendrá un peso del 10% en la calificación final de laboratorio.

G. Resultados

La experiencia de los seis años de esta asignatura, compartida por dos profesores y más de mil alumnos, y los resultados obtenidos permiten concluir que el sistema satisface objetivos de integración teoría-práctica, acercamiento a la forma de trabajo profesional, desarrollo de destrezas y habilidades propias del perfil profesional de la titulación, autonomía personal y actitud colaborativa en el aprendizaje, toma de conciencia del protagonismo en el proceso de aprendizaje y trabajo necesario para alcanzarlo.

Los resultados obtenidos por los alumnos en la evaluación han mejorado en el transcurso de estos años. En la convocatoria ordinaria se ha pasado de 1/3 hasta casi 1/2 de alumnos que superan la asignatura y en la extraordinaria de 1/2 hasta casi 2/3.

Se constata un incremento de las horas dedicadas al trabajo en laboratorio por los alumnos, pasando de 12 horas/semana a 20 h/semana en los últimos 6 años. Esto significa una dedicación adicional de 2 horas por cada hora de clase práctica.

TABLA V
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN POR PARTE DE LOS ALUMNOS

	1	2
1 La metodología de la asignatura facilita la comprensión de los contenidos prácticos a través de las clases de teóricas.	3,5	0,8
2 La metodología de la asignatura facilita la comprensión de los contenidos teóricos a través de las prácticas.	3,6	0,9
3 Es positivo que el trabajo en horario libre no sea obligatorio.	4	0,9
4 Es un buen sistema que el alumno pueda decidir cuánto completa las prácticas o si no las completa, cuándo lo hace,...	4,1	0,8
5 El plazo de dos semanas para completar las prácticas (excepto las dos últimas) es adecuado.	3,9	1
6 Este sistema podría aplicarse a más asignaturas.	3,8	1,1
7 Me gustaría que este sistema se aplicara a otras asignaturas.	3,6	1,1
8 La relación de carga teoría/práctica es adecuada al reparto de créditos (4,5 - 1,5) de la asignatura.	3,1	1,1
9 Me parece adecuado que no se exija llegar a 5 en teoría y se pueda superar la asignatura haciendo media con las prácticas.	4,4	0,9
10 Es positivo el mismo profesor de teoría y prácticas.	4,4	0,8
11 Existe una buena correlación entre los contenidos teóricos y prácticos a lo largo de la asignatura.	3,8	0,8
12 Pienso que en esta asignatura hay una buena integración entre conocimientos teóricos, ejercicios de aplicación y prácticas.	3,5	0,9
13 El libro de prácticas es un buen material para la asignatura.	3,5	0,9
14 Los cuestionarios de las prácticas ayudan a su realización y comprensión.	3,5	0,8
15 Estoy satisfecho/a con el sistema de evaluación de la parte práctica (cuestionarios y examen).	3,4	1,1
16 Estoy satisfecho/a con el sistema de evaluación de la asignatura.	3,5	1
17 En conjunto, valoro la metodología de aprendizaje de esta asignatura como bastante buena en comparación con otras.	3,7	1

Para recabar la visión de los alumnos se les realizó una encuesta de 17 afirmaciones con las que manifestaron su grado de acuerdo (de 1 a 5, de menos a más). Este cuestionario fue respondido por una muestra de 183 alumnos meses después de haber concluido la asignatura.

Las afirmaciones se refieren a los siguientes aspectos:

- Metodología que facilita la comprensión de la teoría y la práctica.
- Capacidad de decisión del alumno en cuanto al trabajo fuera del horario lectivo.
- Integración del sistema de evaluación teoría/práctica.
- Correlación del desarrollo de contenidos teórico-prácticos.
- Libro de prácticas y cuestionarios.

Los resultados de la evaluación por parte de los alumnos se muestran en la tabla V: (1: Media, 2: Desviación Típica).

VI. CONCLUSIÓN

La experiencia de estos años, el análisis de los datos y las reflexiones, permiten concluir que:

- El diseño de las modalidades de aprendizaje, metodología, actividades y materiales realizado favorecen la responsabilidad y autonomía del estudiante. Esta afirmación queda avalada por los datos recogidos en los cuestionarios anónimos que responden los alumnos y en los datos consignados en los registros de permanencia en el laboratorio en horario abierto y los cuestionarios de prácticas evaluados.
- Una de las mayores dificultades a las que nos enfrentamos en el nuevo escenario es la falta de cultura de aprendizaje autónomo de nuestros alumnos, por lo que es fundamental el diseño de actividades y materiales adecuados para favorecer el aprendizaje autónomo y de calidad, en cuanto a significatividad y profundidad.
- Los estudiantes responden positivamente a la propuesta de toma de decisión personal sobre el tiempo a invertir en el aprendizaje en el laboratorio, que estará en función de sus necesidades y disponibilidad.
- La evaluación ha sido tradicionalmente uno de los puntos más débiles de nuestro sistema universitario, y aún lo sigue siendo en esta nueva propuesta, por lo que es uno de los aspectos que merece mayor atención y mejora.
- El planteamiento de la asignatura que se presenta en este trabajo es pionero en el panorama universitario español en su área y puede ser un buen punto de partida inspirador para la reflexión y diseño de nuestros colegas.

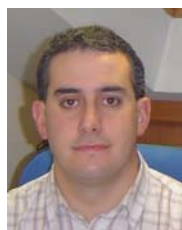
REFERENCIAS

- [1] J. Delors, Introducción "La educación o la utopía necesaria" en Informe a la UNESCO. La educación encierra un tesoro. Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI, presidida por Jacques Delors, Madrid: Santillana, Ediciones UNESCO, 1996.
- [2] M.A. Zabalza, "La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas", Madrid: Narcea, 2002.
- [3] A. Parcerisa, "Materiales para la docencia universitaria. Orientaciones para elaborarlos y mejorarlos", Barcelona: Octaedro, 2005.
- [4] Universidad de Deusto, "Marco Pedagógico UD. Orientaciones Generales", Bilbao, 2001.

- [5] J. González, R. Wagenaar, "Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final. Fase I", Universidad de Deusto, Bilbao, 2003.
- [6] J. González, R. Wagenaar, "Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final. Fase II La contribución de las universidades al proceso de Bolonia", Universidad de Deusto, Bilbao, 2006.
- [7] P. Colás, J. Pablo, "La Universidad en la Unión Europea. El Espacio Europeo de Educación Superior y su impacto en la docencia", Málaga: Aljibe, 2005.
- [8] R. Lavigne, "Créditos ECTS y Métodos para su asignación", ECTS Counsellor for ECTS & Diploma Supplement Promoter for the European Commission, 2003.
- [9] R. Pagani, "El crédito europeo y el sistema educativo español. Informe Técnico", Madrid, 2002.
- [10] A. Hannan, H. Silver, "La innovación en la Enseñanza Superior. Enseñanza, aprendizaje y culturas institucionales", Madrid: Narcea, 2005.
- [11] P. Hernández, L.A. García, "Psicología y enseñanza del estudio", Madrid: Pirámide, 1991.
- [12] P. Morales, "Implicaciones para el profesor de una enseñanza centrada en el alumno", Madrid: UPCo., 2005.
- [13] F. Hernández, P. Martínez, P. Rosario, M. Rubio, "Aprendizaje, competencias y rendimiento en Educación Superior", Madrid: La Muralla, 2005.
- [14] M.A. Zabalza, "Competencias docentes del profesorado universitario. Calidad y desarrollo profesional", Madrid: Narcea, 2003.
- [15] C. Yániz, "Las competencias en el currículo universitario: implicaciones para la formación del profesorado". Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria, 2005, Vol. 4 nº 2. pag. 31-39.
- [16] A. Benito, A. Cruz, "Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior", Madrid: Narcea, 2005.
- [17] P. Morales, "Lectio de la investidura como Doctor Honoris Causa en Humanidades. Universidad Rafael Landívar. Guatemala de la Asunción, 21 de Agosto de 2004, en "Hacia una Enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje. Libro homenaje a Pedro Morales Vallejo, S.J. ", Madrid: Publicaciones de la Universidad Pontificia Comillas, 2004.
- [18] C. Levy-Leboyer, J.M. Prieto, "Gestión de las competencias: cómo analizarlas, cómo evaluarlas, cómo desarrollarlas". Barcelona: Gestión 2000, 1997
- [19] C. Yániz, L. Villardon, "Planificar desde competencias para promover el aprendizaje. El reto de la sociedad del conocimiento para el profesorado universitario", Universidad de Deusto, Bilbao, 2006.
- [20] A. Villa, "Convergencia europea y actualización del profesorado, en "Hacia una Enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje. Libro homenaje a Pedro Morales Vallejo, S.J. ", Madrid: Publicaciones de la Universidad Pontificia Comillas, 2004.
- [21] F.D. Trujillo, J.D. Aguilar, E. Duran, J. García-Aznar, A. Quiros, J.J. González "Experiencia piloto de créditos europeos en las universidades andaluzas: el caso de la electrónica de potencia" Libro de actas del 7º congreso "Tecnologías aplicadas a la enseñanza de la electrónica", TAAE 2006, Madrid 2006.
- [22] M.I. Muñoz, J.I. García, "Una experiencia integradora: prácticas de Electrónica de Potencia" Libro de Actas del SAAEF'02, Alcalá de Henares, 2002, Vol. II pag 389-392.
- [23] M. Miguel, "Metodología de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior", Madrid: Alianza Editorial, 2006.
- [24] J.K. Espinosa, J. Jiménez, M. Olabe, X. Basogain, "Innovación docente para el desarrollo de competencias en el EEES" Libro de actas del 7º congreso "Tecnologías aplicadas a la enseñanza de la electrónica", TAAE 2006, Madrid 2006.
- [25] J.I. García, M.I. Muñoz, "Laboratorio de Electrónica de Potencia: Observación reflexiva y experimentación activa", III Symposium Iberoamericano de docencia Universitaria, Bilbao, 2004.
- [26] M.H. Rashid, "Electrónica de potencia (tercera edición)" Prentice Hall, 2004.
- [27] D.W. Hart, "Electrónica de potencia", Prentice Hall, 2001.
- [28] J.I. García, M.I. Muñoz, "Prácticas de Electrónica de Potencia", Libro de Actas del 4º Congreso internacional "Docencia universitaria e innovación", Barcelona, 2006.
- [29] M.I. Muñoz, J.I. García, "Prácticas de Electrónica de Potencia: horario libre en laboratorio" I Jornadas de Innovación y calidad "Buenas prácticas pedagógicas en la Docencia Universitaria", Bilbao, 2005.



Mª Isabel Muñoz es Licenciada en C. Físicas, especialidad en Automática y Electrónica, por la Universidad del País Vasco y es Master of Science in Advanced Manufacturing Technologies por la Victoria University of Manchester. Ha obtenido el Diploma de Especialización en Docencia Universitaria en la Universidad de Deusto y el Diploma de Estudios Avanzados (Suficiencia Investigadora) en la misma universidad. Ha participado en proyectos de innovación pedagógica y de adaptación al EEES. Su línea de investigación se centra en la enseñanza-aprendizaje en ingeniería. Ha sido docente en la Universidad Pontificia Comillas de Madrid, en la Universidad Politécnica de Madrid y en centros de secundaria y bachillerato. En la actualidad es profesora en el Departamento de Arquitectura de Computadores, Automática y Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad de Deusto (Bilbao).



José Ignacio García es Ingeniero Industrial, especialidad Electricidad, por la Universidad del País Vasco. En la actualidad es doctorando de la universidad de Deusto habiendo obtenido el Diploma de Estudios Avanzados (Suficiencia investigadora) en la misma universidad. Sus líneas de investigación se centran en la enseñanza-aprendizaje en ingeniería y el control de sistemas eólicos de generación de energía. En la actualidad es profesor en el Departamento de Arquitectura de Computadores, Automática y Telecomunicaciones de la Universidad de Deusto (Bilbao).

