

Electrónica de Potencia y Créditos ECTS: Experiencia Piloto y Material Docente Empleado

J.D. Aguilar, F. Baena, F. Muñoz, J. Aguilera y M. Olid.

Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas s/n, 23071, Jaén, España.
jaguilar@ujaen.es

Resumen

En esta comunicación se presenta por una parte la adaptación de la asignatura Electrónica de Potencia a créditos ECTS, realizado en la Escuela Politécnica Superior de Jaén dentro de la Experiencia Piloto Andaluza y por otra, un trabajo realizado en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Jaén, sobre ésta materia, con el que se pretende potenciar la docencia de la misma; trabajo realizado sobre las diferentes unidades didácticas, en formato electrónico interactivo, incorporando hipertexto, gráficos, enlaces a sitios Web y problemas propuestos con sus correspondientes enlaces a las herramientas de simulación como Mathcad y Pspice.

INTRODUCCIÓN

Ya en un trabajo anterior [F. Trujillo et al, TAAE2004, Valencia] se presentó la experiencia piloto de créditos europeos en las universidades andaluzas y el caso concreto de la Electrónica de Potencia. Proceso que tuvo su inicio en el año 2003 con la elaboración de las primeras guías académicas en red de titulaciones adaptadas al nuevo concepto de crédito europeo. Algunas de las experiencias de las universidades Andaluzas se expusieron en unas jornadas de trabajo celebradas en Cádiz en 2008 (<http://www2.uca.es/orgobierno/rector/jornadas>).

El trascendente cambio que se produce al pasar del actual concepto de crédito (LRU) al que nace en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior(ECTS), obliga tanto a profesores como alumnos a una nueva dinámica de trabajo: a unos a aprender de forma mas autónoma y a otros a enseñar como aprender y ofrecer materiales elaborados. El cambio principal que plantea el nuevo sistema ECTS es el de valorar el trabajo que debe de realizar el alumno para preparar la asignatura, es decir, que el número de créditos de la asignatura no sea únicamente determinado a partir de las horas lectivas teóricas y prácticas, sino que debe de incluir la estimación de tiempo que un "alumno medio" debería de dedicar a la asignatura para su correcta asimilación y preparación [C Sánchez et al, TAAE2004,Valencia]

La Electrónica de Potencia, es una materia troncal y cuatrimestral en la titulación de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad Electrónica Industrial. Además, esta disciplina aparece en todos los currículos de ingeniería, bien como troncal, obligatoria u optativa. Durante estos últimos años de docencia de esta materia, se constata que es árida y difícil para los alumnos con un alto índice de alumnos no presentados. Es habitual, la realización de prácticas de circuitos de

carácter básico, con un apoyo muy fuerte de software de simulación[J.D.Aguilar, TAAE 2004,Valencia]. Si el fracaso académico es elevado y la asistencia a clases lectivas es baja, el único camino para salir de esta situación es potenciar la docencia con nuevos métodos, enseñándole al estudiante a pensar, huyendo de temarios enciclopédicos y de ciertas lecciones magistrales cuyo contenido el alumno puede estudiar en cualquier texto.

La disponibilidad generalizada de las nuevas tecnologías interactivas de la información y la comunicación abre una inmensa cantidad de posibilidades que se concretan en el desarrollo de nuevos modelos pedagógicos y la creación de nuevos materiales educativos que sean más eficaces y mejoren su calidad sin eliminar la enseñanza tradicional [M.Castro et al, FIE 2004 *Frontiers in Education .USA*; M. Castro et al, TAAE 2006]

OBJETIVOS

Con el presente trabajo hemos tratado de cumplir los siguientes objetivos:

- Organizar El desarrollo de la asignatura troncal de Electrónica de Potencia de acuerdo a las nuevas tendencias [J.M.Burdio, TAAE 2002.Las Palmas de Gran Canaria; Helbert L. Hess,1998, *Int. J.Engng* 14, N° 4:282-288;Karady G.G. & Heydt G.T. 2000.*IEEE Trans. on Power Systems*, 15, no. 1:16-21]
- Adaptar los contenidos al nuevo sistema de créditos ECTS y establecer un sistema de evaluación mas acorde a esta filosofía
- Realización de material sobre las diferentes unidades didácticas, en formato electrónico interactivo.
- Realización de un CD a disposición del alumno con el material didáctico elaborado con la posibilidad de disponer on-line en Internet del material elaborado (<http://voltio.ujaen.es/jaguilar>)

ADAPTACIÓN DE ELECTRÓNCA DE POTENCIA AL SISTEMA ECTS

La Electrónica de Potencia, es una materia troncal, con una carga lectiva de 4.5 créditos teóricos y 1.5 créditos prácticos LRU. Hasta hace muy poco, la mayoría de los alumnos solían restringir sus estudios a los apuntes suministrados por el profesor y realizar colecciones de problemas propuestos en exámenes anteriores o problemas tipo propuestos por el profesor, de forma que cuando hay una variación importante sobre los mismos el fracaso es elevado. El sistema de calificación utilizado hasta ahora ha sido el clásico, que consistía en un examen final (o dos parciales) con un porcentaje final de la nota del 70% y unas prácticas de laboratorio con un 30%.

La experiencia piloto realizada en la comunidad Autónoma Andaluza pretende:

- El entrenamiento del profesorado en el nuevo modelo educativo
- La creación de una opinión andaluza, tanto en la forma de desarrollar las enseñanzas como en la próxima reestructuración de las titulaciones.
- Adaptarse lo más posible al modelo de Crédito Europeo pero respetando

la legalidad vigente: sólo el 30% de las horas del crédito actual se pueden destinar a otras actividades.

El Real Decreto 779/1998 define el crédito académico como la unidad de valoración de las enseñanzas y que corresponderá a diez horas de enseñanza teórica, práctica o de sus equivalencias, entre las que podrán incluirse actividades académicas dirigidas, que habrán de preverse en el correspondiente plan docente junto con los mecanismos y medios objetivos de comprobación de los resultados académicos de las mismas. En ningún caso el porcentaje del crédito correspondiente a las actividades académicas dirigidas será superior al 30%.

Pretendemos modificar la estructura tradicional de la asignatura Electrónica de Potencia, adaptándola al nuevo sistema de créditos ECTS, sin que dicho cambio suponga un incremento de la carga docente para el alumno.

CRÉDITO ECTS		
COMPONENTE LRU (nº cred. LRUx10)		RESTO (hasta completar el total de horas de trabajo del estudiante)
70%	30%	
Clases Teóricas Clases Prácticas, incluyendo <ul style="list-style-type: none"> • prácticas de campo • prácticas de laboratorio • prácticas asistenciales Todas ellas en la proporción establecida en el Plan de Estudios	<ul style="list-style-type: none"> • Seminarios • Exposiciones de trabajos por los estudiantes • Excursiones y visitas • Tutorías colectivas • Elaboración de trabajos prácticos con presencia del profesor • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de Actividades Académicas Dirigidas sin presencia del profesor • Otro Trabajo Personal Autónomo (entendido, en general, como horas de estudio, Trabajo Personal...) • Tutorías individuales • Realización de exámenes • ...

Figura 1. Componente de crédito ECTS a partir de la definición de crédito LRU (Experiencia Piloto Andaluza).

En nuestro caso tomamos como base un número de horas crédito de 26,7 (puede oscilar entre 25-30). Si el número de créditos LRU, de Electrónica de Potencia es de 6 (4.5T+1.5P), dentro de un plan de estudios que contempla 75 créditos por curso, el número de créditos ECTS por curso será ahora de 60, por lo que mediante un simple cálculo obtendremos el número de créditos ECTS de esta asignatura ($6 \cdot 60 / 75 = 4.8$). Tomando en consideración el número de horas de trabajo del alumno de 40 horas a la semana y 40 semanas de trabajo, se elige el valor de 1600 horas por curso académico (RD1125/2003). Lo que en nuestro caso equivale a 128 horas para Electrónica de Potencia ($26.7 \cdot 4.8 = 128$).

La Electrónica de Potencia se define como la aplicación de la electrónica a la conversión de energía eléctrica, es decir, a la modificación de la forma en la que se presenta dicha energía eléctrica, utilizando para ello dispositivos electrónicos de potencia. Esto da origen a los objetivos básicos de esta asignatura:

1. El estudio de los dispositivos semiconductores más empleados y el análisis de sus condiciones de funcionamiento.
2. Analizar los principales tipos de topologías de convertidores conmutados de potencia, principios de funcionamiento y campos de aplicación.

Con todo ello, se aporta al alumnado los principios básicos necesarios para, analizar, diseñar, y aplicar los convertidores basados en semiconductores de potencia.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN		ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE JAEN Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática <i>Ingeniero Técnico Industrial Electrónica Industrial (plan 1995)</i>			
		PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: ELECTRONICA DE POTENCIA (Código: 5820)			
CARACTER	(Troncal)	CRÉDITOS TEÓRICOS:	4,5(3,6ECTS)	CRÉDITOS PRÁCTICOS:	1,5(1,2ECTS)
CURSO ACADÉMICO:	2007/08	CICLO:	1	CURSO:	2
ÁREA DE CONOCIMIENTO:	Tecnología Electrónica				
DESCRIPTORES SEGÚN B.O.E.					
(BOE 22/12/92 y 04/02/95) Dispositivos de Potencia. Configuraciones básicas convertidores estáticos. Aplicaciones					

Figura 2. Datos básicos relativos a la asignatura Electrónica de Potencia.

BLOQUES TEMÁTICOS Y COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Se definen básicamente tres bloques temáticos de contenido básico común para las diferentes universidades de Andalucía que participan en este proyecto piloto.

Bloque 1: Introducción a la Electrónica de Pot. y Repaso de conceptos fundamentales

Bloque 2: Dispositivos semiconductores de potencia

Bloque 3: Convertidores estáticos

Competencia es la capacidad para enfrentarse con garantía de éxito a una situación en un determinado contexto. Se distinguen las competencias generales o transversales y las competencias específicas.

GENÉRICAS O TRANSVERSALES

Capacidad de análisis y síntesis. Resolución de problemas. Toma de decisiones. Trabajo en equipo. Razonamiento crítico. Aprendizaje autónomo. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.

ESPECÍFICAS:

- Cognitivas (Saber): Principio de funcionamiento de los dispositivos semiconductores de potencia. Configuraciones típicas de los Convertidores Conmutados de Potencia. Aplicaciones de la Electrónica de Potencia.
- Procedimentales/Instrumentales (Saber hacer): Planteamiento y resolución de problemas reales. Valoración de aplicaciones electrónicas

de potencia a través del cálculo y diseño. Interpretación de documentación técnica. Empleo de técnicas de simulación electrónica. Realización de mediciones y cálculos relacionados con la Electrónica de Potencia.

- Actitudinales (Ser): Capacidad para la comunicación. Aprendizaje autónomo. Adoptar un planteamiento estructurado y ordenado para analizar y resolver problemas. Capacidad para la organización y planificación. Trabajo en equipo.

	Teoría	Real(07/08)
NUMERO DE HORAS (26,7horas/crédito ECTS*4,8)	128	128
Clases Teóricas (4,5LRU*10*70%)	32	27
Clases Prácticas (1,5LRU*10*70%)	12	12
PRESENCIALES T/P	44	39
Exposiciones y seminarios		14
Tutorías especializadas		
Seminarios		11
Colectivas		2
Individuales		1
TOTAL PRESENCIALES		53
TRABAJO PERSONAL AUTONOMO		75
Horas estudio		
Teoría		48
Práctica		6
Preparacion Trabajo Personal		15
Examen		3
Examen con PC Trabajo personal		3

Figura 3. Distribución temporal de cada una de las actividades y de las horas de trabajo.

CATÁLOGO DE TÉCNICAS DOCENTES EMPLEADAS

- Sesiones académicas teóricas donde se desarrollan y exponen los contenidos teóricos fundamentales de cada tema.
- Sesiones académicas prácticas (laboratorio y/o simulación) resolviendo problemas tipo acordes con los temas impartidos en las sesiones académicas teóricas.
- Actividades académicas dirigidas, en las que se desarrollan ejercicios de análisis y diseño propuestos. Estos ejercicios tienen como objetivo consolidar los conocimientos adquiridos y poder evaluar el grado de dominio de la asignatura. Constituyen un recurso elemental para que el propio alumno se haga su propia evaluación. Parte de estos ejercicios son posteriormente resueltos en el aula, de forma que los alumnos puedan aportar sus soluciones y evaluar los resultados. Finalmente el alumno entregará una memoria detallada con la solución y simulación

de las diversas actividades (laboratorio virtual de electrónica de potencia).

- Entornos virtuales de aprendizaje (correo electrónico, página Web, plataforma de teleformación Web, en nuestro caso utilizamos la plataforma ILIAS (<http://www.ilias.de/index.html>)).
- Tutorías individuales.
- Seminarios: sesiones para el todo el grupo de alumnos en las que el profesor explicará sobre aspectos diversos relacionados con los contenidos teóricos de la materia.

EVALUACIÓN

Para aprobar la asignatura es necesario superar una parte teórica y otra práctica, la asistencia al laboratorio es obligatoria; La asistencia a prácticas, la entrega de memorias y el aprovechamiento en el laboratorio, a juicio del profesor, serán los criterios utilizados para calificar esta parte.

La parte teórica se compone de dos bloques:

- Un examen en aula, realizado a mitad del cuatrimestre de los bloques temáticos I y II, consistente en unas cuestiones verdaderas y falsas, unas cuestiones teóricas de corta duración y unos problemas.
- Un examen al final del cuatrimestre en el laboratorio con ordenador personal, pudiendo utilizar el alumno los libros y material que estime oportuno sobre el trabajo "laboratorio virtual de electrónica de potencia" (simulación con Pspice).

Se valorará la participación activa de los alumnos en las actividades planteadas, la asistencia a las sesiones presenciales y participación en clase.

CONTENIDOS Y MÉTODO

La distribución de contenidos del trabajo desarrollado de apoyo se adapta al temario de la asignatura en cuestión de Electrónica de Potencia.

UNIDAD Nº 0. Introducción a la electrónica de potencia

UNIDAD Nº 1. Repaso de conceptos. Dispositivos semiconductores de potencia.

UNIDAD Nº 2. Amplificadores de potencia

UNIDAD Nº 3. Dispositivos de cuatro capas

UNIDAD Nº 4. Convertidores

Para la realización del trabajo partimos de los antiguos apuntes de la asignatura, repasando, corrigiendo, añadiendo o eliminando apartados, figuras y problemas. Añadimos algunos problemas en soporte Mathcad (<http://www.mathsoft.com/>), que facilita la comprensión por parte del alumno, al poder introducir variaciones de los mismos y recalcularse en tiempo real, junto con las simulaciones por ordenador.

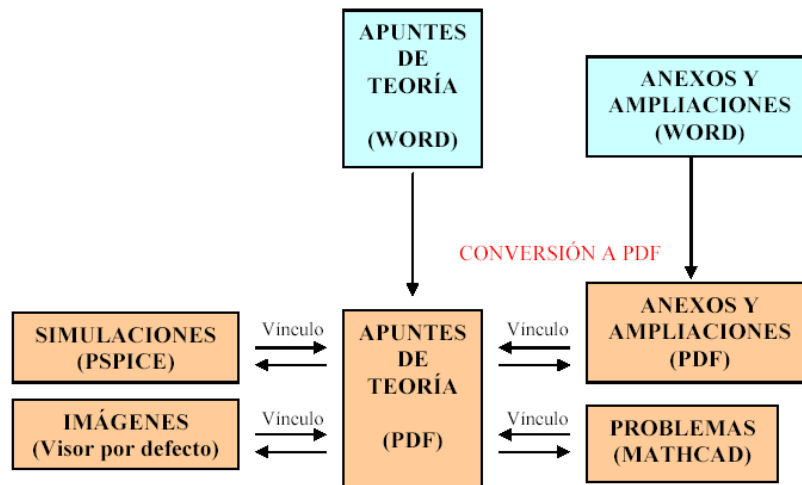


Figura 4. Diagrama de bloques del proceso seguido en la realización de trabajo.

Una vez finalizado cada tema se convierten a documento PDF y se procede a añadir hiperactividad al documento a través de la herramienta vínculo de Acrobat. Así, cada unidad tiene vinculados otros documentos PDF, imágenes, problemas en Mathcad, animaciones, hojas de características suministradas por el fabricante de cada componente o simulaciones de circuitos. En cuanto a las simulaciones éstas se llevarán a cabo a través del Software PSpice Student (versión 9.1) (<http://www.cadence.com/>) del que existen diferentes referencias docentes relacionada [J.D.Aguilar, Rama 1995; J.L.Calvo, RAma 2003]. En la figura 6 se puede observar el esquema planteado.

La simulación de circuitos electrónicos con Pspice es una herramienta muy potente que favorece el proceso de aprendizaje; al incorporarse en los problemas planteados en el temario, aumentan la comprensión del comportamiento de los distintos dispositivos y convertidores. El interfaz gráfico que acompaña a Pspice es muy intuitivo y fácil de usar, permite visualizar las diferentes formas de onda, incluyendo cursores de medida. En este momento existen gran cantidad de libros de texto y aplicaciones de Electrónica de Potencia con ficheros correspondientes a los ejemplos y aplicaciones planteadas [Rashid, Prentice hall 1993. <http://www.uwf.edu/mrashid>; N. Mohan et al. Prentice Hall 2002; D.Hart, Prentice hall 2001 <http://diamond.gem.valpo.edu/dhat/>].

Al alumno se le ofrece (mediante vínculos) los siguientes enlaces:

- Archivos de extensión .cir: Contienen información sobre el circuito y el tipo de análisis que se va a llevar a cabo con Pspice. Pueden ser editados con un editor de textos que incluye la aplicación Pspice AD (dentro del paquete Orcad-Pspice) o el bloc de notas de Windows.
- Ficheros Mathcad, para visualizar de manera interactiva los planteamientos y los cálculos matemáticos
- Diferentes enlaces a herramientas didácticas relacionadas con la electrónica de potencia, disponibles en la red como iPES (<http://www.ipes.ethz.ch>), que aborda los temas agrupados en cuatro secciones: Circuitos básicos, circuitos avanzados, magnetismo y aspectos térmicos o el programa Simeep (<http://www.iie.edu.uy>), que

es un conjunto de utilidades software, dedicadas a la simulación y análisis de circuitos de Electrónica de Potencia en el dominio del tiempo.

- Enlaces a gráficos, animaciones, formas de onda reales y hojas de características de dispositivos semiconductores, que amplían y refuerzan los conceptos estudiados.

Los diferentes símbolos empleados a lo largo del trabajo hemos procurado que sean uniformes, claros, sencillos y adaptados a cada elemento a los que se refiere. Se presentan en el la **figura 5**.

	Enlace a un documento PDF		Importante
 ANIMACIÓN	Enlace a una animación		Cuestión didáctica
	Enlace a una imagen		Problema propuesto
	Enlace a una ampliación		Nota aclaratoria
 PSpice	Enlace al cir		Ejemplo
 Mathcad	Enlace al problema resuelto en Mathcad		Demo de Fluke
	Enlace a internet		Máquina virtual Java

Figura 5. Simbología empleada en el trabajo

CONCLUSIONES

Hemos realizado un trabajo docente, que sirve de apoyo a la docencia de la asignatura de Electrónica de Potencia. Incorporando aquellas herramientas que facilitan la comprensión de los diferentes conceptos relacionados y que son de utilización generalizada en las carreras de Ingeniería. Tratamos de cambiar las tareas del docente, de acuerdo con las nuevas teorías y de ser un mero transmisor de conocimientos, ha de convertirse en un elemento activo del aprendizaje individual del alumno, pasando a ser "Maestro". El hecho de tener unos apuntes perfectamente estructurados con recursos docentes de apoyo, permite al profesor centrarse en aquellos aspectos que considera de más interés.

AGRADECIMIENTOS

Parte de este trabajo ha sido financiado por la UJA con la II Convocatoria de Proyectos de Innovación Docente del Vicerrectorado de Ordenación Docente y Profesorado de la Universidad De Jaén (Febrero 2006).