

CUIEET

Gijón

Gijón,
25, 26 y 27 de
junio 2018

XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón

LIBRO DE ACTAS



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



LIBRO DE ACTAS DEL
XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa
En las Enseñanzas Técnicas
25-27 de junio de 2018
Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

© Universidad de Oviedo, 2018

ISBN: 978-84-17445-02-7

DL: AS 1893-2018

La importancia de las empresas como patrocinadores de los laboratorios de fabricación (Fab Labs)	1
La formación dual universitaria en el Grado en Ingeniería en Automoción de la IUE-EUI de Vitoria-Gasteiz. Requisitos de calidad	12
Prácticas formativas en la UPV: objetivo estratégico	24
Elaboración de <i>audioslides</i> para apoyo a la enseñanza en inglés en los grados bilingües	36
<i>Effect of Industry 4.0 on education systems: an outlook</i>	43
Uso de simuladores y herramientas de programación para facilitar la comprensión de la operación de los sistemas eléctricos	55
Aplicación de ejercicios resueltos de ingeniería del terreno con recursos de acceso libre para teléfonos móviles y tabletas electrónicas	67
<i>Proposal to determine learning styles in the classroom</i>	77
La soledad de los Millennials ricos en la EPI de Gijón	84
Mejora de la calidad de la formación postgraduada en ortodoncia de la Universidad de Oviedo	96
El plagio entre el alumnado universitario: un caso exploratorio	106
Competencias necesarias en el ejercicio de la profesión de Ingeniería Informática: experimento sobre la percepción de los estudiantes	116
El proyecto <i>Flying Challenge</i> , una experiencia de interconexión universidad-empresa utilizando mentoría entre iguales	127
Formación en ingeniería con la colaboración activa del entorno universitario	134
“Emprende en verde”. Proyecto de innovación docente de fomento del emprendimiento en el ámbito de las Ingenierías Agrarias	146
Competencia transversal de trabajo en equipo: evaluación en las enseñanzas técnicas	158
<i>Introducing sustainability in a software engineering curriculum through requirements engineering</i>	167

Índice de ponencias

Percepción de las competencias transversales de los alumnos con docencia en el área de producción vegetal	176
Experiencia de aprendizaje basado en proyectos con alumnos Erasmus	186
Elaboración de un juego de mesa para la adquisición de habilidades directivas en logística	198
Proyecto IMAI - innovación en la materia de acondicionamiento e instalaciones. Plan BIM	210
<i>BIM development of an industrial project in the context of a collaborative End of Degree Project</i>	221
Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje basado en proyectos en el marco de un proyecto coordinado en un Máster Universitario en Ingeniería Informática	231
Algunas propuestas metodológicas para el aprendizaje de competencias matemáticas en ingeniería	243
Riesgos psicosociales del docente universitario	255
<i>Face2Face</i> una actividad para la orientación profesional	267
Trabajo fin de grado. Una visión crítica	276
Gamificaci en el aula: “ <i>Escape Room</i> ” en tutorías grupales	284
Una evolución natural hacia la aplicación del aprendizaje basado en diseños en las asignaturas de la mención de sistemas electrónicos del Grado en Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Una experiencia docente desde la EPI de Gijón	296
Propuesta para compartir escenarios docentes a través de <i>visual thinking</i> . Bases de la termografía, equipos electromédicos termo-gráficos y su aplicación en salud	308
EMC: aspectos prácticos en el ámbito docente	316
Habilidades sociales en la ingeniería	327
Aprendizaje orientado a proyectos integradores y perfeccionamiento del trabajo en equipo caso - Máster Erasmus Mundus en Ingeniería Mecatrónica	339

Tendencias en la innovación docente en enseñanzas técnicas: análisis y propuesta de mejoras para la asignatura Mecánica de Fluidos	349
Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoeléctricos	361
Caso de estudio en el procedimiento de un grupo de estudiantes cuando se aplica Evaluación Formativa en diferentes materias de un Grado de Ingeniería	373
Visionado de vídeos como actividad formativa alternativa a los experimentos reales	385
Utilización de vídeos <i>screencast</i> para la mejora del aprendizaje de teoría de circuitos en grados de ingeniería	394
La invasión de los garbanzos	406
Evolución del sistema de gestión de prácticas eTUTOR entre los años 2010 y 2017	418
Implementación de juegos educativos en la enseñanza de química en los grados de ingeniería	430
Trabajando interactivamente con series de Fourier y trigonométricas	439
Aproximación de las inteligencias múltiples en ingeniería industrial hacia una ingeniería inteligente	450
Cooperando mayor satisfacción. Experiencias de dinámicas cooperativas en 1 ^{er} curso de ingeniería en el área de expresión gráfica.	461
Cognición a través de casos en el área de Acondicionamiento e Instalaciones de la E.T.S. de Arquitectura de Valladolid	473
Un instrumento para explorar las actitudes hacia la informática en estudiantes de matemáticas	482
La metodología <i>contest-based approach</i> en STEM: modelización de datos meteorológicos	493
Técnicas de gamificación en ingeniería electrónica	505
El reto del aprendizaje basado en proyectos para trabajar en competencias transversales. aplicación a asignaturas de electrónica en la ETSID de la UPV	521

Dibujo asistido por ordenador, sí, pero con conocimiento de geometría	534
Introduciendo la infraestructura verde y los sistemas de drenaje sostenible en los estudios de grado y postgrado en ingeniería	547
Aprendizaje colaborativo en Teoría de Estructuras	559
Modelo de evaluación y seguimiento de los trabajos fin de grado (TFG) y trabajos fin de máster (TFM) tutorizados en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación	567
El Taller de Diseño como núcleo de innovación docente y eje de adquisición de competencias en la formación del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	579
Diseño y evaluación de un laboratorio virtual para visualizar en 3D el gradiente y la derivada direccional en un campo escalar bidimensional	588
La ludificación como herramienta de motivación en la asignatura bilingüe <i>Waves and Electromagnetism</i>	600
Gamificación en la impartición de Cálculo de Estructuras	612
Análisis de las actitudes visuales y verbales de alumnos noveles de Grado de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Cartagena	621
Diseño curricular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, Colombia	633
Evaluación significativa de prácticas de laboratorio: portfolios <i>versus</i> prueba final objetiva	644
Introducción de la Cultura Científica en Grados de Ingeniería	658
Detección de errores conceptuales en Matemáticas de los alumnos del grado en Ingeniería Informática del Software en su primer año de carrera.	665
Rúbrica de evaluación en un laboratorio de Ingeniería Química	676
Factores explicativos de la elección de grados en el área agroalimentaria	686
Diseño de una actividad para el desarrollo y evaluación de competencias transversales en el ámbito de la Teoría de Máquinas y Mecanismos	696

Necesitamos “engineers”. Programa para el desarrollo de las competencias de una ingeniera	708
Estudio de la Implantación de Competencias dentro del marco europeo: revisión prospectiva en las enseñanzas técnicas de la Universidad de Oviedo	718
Sostenibilidad e Ingeniería Industrial: estrategias para integrar la ética en los programas de formación	730
Una experiencia en proyectos europeos de ambito educativo	743
Modelos didácticos de Goma-EVA para visualizar conceptos y detalles en la enseñanza de estructuras metálicas	750
<i>Introduction to the Fluid Dynamics of Biological Flows. Innovation project using the CFD simulation of the lung air flow.</i>	762
Aprendizaje activo y cooperativo en el Area de Informática Industrial	772
Aprender en el contexto de la empresa	784
Valoración por las empresas de las competencias en las prácticas realizadas por alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	792
Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: Aula Universitaria de Arquitectura	804
Nuevas técnicas metodologías para el fomento de habilidades transversales y transferencia del conocimiento en universitarios	815
Formación en competencias socialmente responsables en la Universidad de Oviedo	823
Competencias transversales en la asignatura Tecnología Medioambiental	833
Actividad sobre la competencia emprendedora introduciendo <i>Lean Startup</i> en un grado de ingeniería	842
Evaluación de la competencia transversal ‘Comunicación Efectiva’ mediante presentaciones en vídeo	854
Dinamización del aprendizaje de VHDL a través del aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de máster	863
Proyecto Solar-F. Desarrollo de un prototipo de seguidor solar	875

Definición de tareas de aprendizaje basado en proyecto colaborativo para Ingeniería Mecatrónica	883
La investigación-acción participativa como herramienta de responsabilidad social universitaria	895
Implantación del Programa de Mentorías entre iguales MENTOR EPIGIJON	907
De Orienta a Mentor	919
Sello RIME de calidad de la función orientadora. Poniendo en valor la acción tutorial	931
Establecimiento de una relación productiva doctorando/supervisor: expectativas, roles y relación	943
Análisis de singularidades en transformaciones trifásicas, empleando una plataforma educativa para ingeniería	953
El cuadro de mandos como entorno educacional	961
DIBUTEK: plataforma web interactiva para la resolución de ejercicios gráficos en Ingeniería	975
Alumnos más participativos con el uso de herramientas de gamificación y colaboración	985
Utilización de prensa <i>online</i> , Campus Virtual y dispositivos móviles para el aprendizaje y aplicación de conceptos económico-empresariales en estudiantes de ingeniería	997
El rol de la práctica de campo en la clase inversa. Caso práctico sobre el diseño de productos para la <i>smartcity</i> en el contexto del Jardín del Túria	1008
Desarrollo de competencias transversales en ingeniería con el inglés como lengua vehicular y mejora de la participación con aprovechamiento en clase.	1019
Experiencia de desarrollo y evaluación de prácticas utilizando TIC	1031
Diseño e implementación de una herramienta de coordinación de los títulos que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales	1042
<i>Framework for the analysis of students association' interests & voices</i>	1054

Mejora continua en el proceso de internacionalización de la ETS de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	1066
Calidad del empleo de la/os egresada/os de Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en el período 2005-13: diferencias de género	1076
<i>Student's cognitive style towards innovation. A pilot study at ETSIDI-UPM</i>	1087
Optimización del proceso creativo en el aula: entrenamiento de la actitud creadora para reducir la complejidad multidimensional del pensamiento creativo en el equipo	1091
La formación específica en competencias transversales como contenido integrado en el plan docente	1096
Los alumnos deciden: Edublog de la asignatura Estadística	1102
La necesidad de la eficiencia energética en las infraestructuras universitarias	1106
<i>Learning by engineering: del Lean Manufacturing a la Industria 4.0</i>	1110
Prácticas de laboratorio avanzado en últimos cursos de grado	1114
Propuesta de actividad de aprendizaje colaborativo en una asignatura de máster universitario	1118
Mejora de la praxis docente mediante la inclusión de actividades para el desarrollo de las capacidades metacognitivas de los estudiantes	1122
Factores curriculares y evolución tecnológica que inciden en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales	1126
Ética y sostenibilidad: buscando hueco en los planes de estudios	1130
Descripción de una experiencia con el uso de las TICs basada en el uso de videos explicativos y cuestionarios para una mejor comprensión de las prácticas de Física de Ingeniería Industrial	1134
Banco de ensayos para instalaciones de autoconsumo fotovoltaico aisladas y/o conectadas a red	1144
Diseño de mini-videos y mini-audios esenciales para el seguimiento óptimo de las asignaturas y la prevención de su abandono	1148

Aplicación interactiva <i>online</i> para el aprendizaje del fenómeno del pandeo en elementos metálicos sometidos a compresión simple	1152
Evaluación continua, compartida y progresiva aplicada al Grado de Ingeniería. Caso de estudio	1157
Diseño e implantación sistemática de evocaciones y de evaluación por rúbricas en Ingeniería Gráfica por medio de herramientas TIC	1163
Asignaturas de nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica. Ejemplo de Electrónica	1171
La competencia de responsabilidad	1183
MediaLab: nueva formación tecnológica y humanística en la Universidad de Oviedo	1196
Mejora de la calidad de los TFG en grados de ingeniería	1200
Desarrollo de competencias profesionales en las prácticas de laboratorio/taller	1204
La enseñanza de Estadística Aplicada en el Grado de Ingeniería Forestal: para y por ingenieros	1214
La redacción de informes técnicos y periciales como formación transversal en ingeniería	1225
BEE A DOER – Emprendiendo y aprendiendo impresión 3D	1230
Propuesta de curso NOOC: Iniciación a la química para titulaciones de ingeniería	1237
<i>Two-Storey building model for testing some vibration mitigation devices</i>	1241
Plataforma Web para el entrenamiento de las presentaciones orales del Trabajo Fin de Grado (TFG)	1245
Aprendizaje competencial efectivo mediante las prácticas del laboratorio de las asignaturas del área de Mecánica de Fluidos de los estudios de Grado y Máster de Ingeniería Industrial de la Escuela de Ingeniería de Bilbao	1249
Fabricación y caracterización de materiales compuestos. <i>Composite Materials: manufacturing and characterization</i>	1256

Desarrollo de competencias transversales en grados de ingeniería industrial mediante metodologías activas de enseñanza-aprendizaje basadas en el <i>mentoring</i> y ABP	1264
Planificación de prácticas de laboratorio basadas en un amplificador de radiofrecuencia de bajo coste orientadas a la enseñanza de asignaturas de Electrónica de Comunicaciones	1276
Orientación universitaria de estudiantes de ingeniería. Plan de acción tutorial de la Escuela Politécnica superior de Jaén (PAT-EPSJ)	1280
Experiencia innovadora en “las ciencias de la naturaleza de educación infantil”	1284
Actividad práctica de diseño para la fabricación asistida con CATIA: Doblado de chapa metálica	1290
La investigación como parte del proceso educativo de la enseñanza superior	1294
Aprendizaje Orientado a Proyectos en el diseño de sistemas mecánicos	1298
Evaluación del déficit de atención en niños mediante el análisis de tiempos de respuesta	1302
Desarrollo de proyectos didácticos para adquirir competencias transversales	1308
Competencias genéricas percibidas por los alumnos con formación en producción vegetal	1312
Enseñanza grupal. Estudio por casos de empresas Valencianas	1318
Implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje mediante Trabajos Fin de Grado/Máster en Ingeniería de Telecomunicación	1322
<i>An example of company-university cooperation: Mathematical modeling and numerical simulation of heat dissipation in led bulbs</i>	1326
Aprendizaje centrado en el proyecto de estructuras adaptados a la enseñanza universitaria	1331
Nuevo enfoque pedagógico en la formación del perfil profesional para el desarrollo de proyectos de automatización industrial a través de un concepto de integración total	1335
Convenios de cooperación educativa en el ámbito náutico: universidad- empresa	1339

Índice de ponencias

Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: proyecto de investigación ERGONUI-TME	1344
Estudio comparativo entre estudiantes de ingeniería de la Universidad de León mediante el <i>test Force Concept Inventory</i>	1350
Innovación para el desarrollo de nueva propuesta de máster semipresencial en prevención de riesgos laborales	1354
El círculo de Mohr y la innovación docente en educación superior	1359



EMC: aspectos prácticos en el ámbito docente

Alberto M. Pernía, Juan A. Martín-Ramos, Pedro J. Villegas, J.A. Martínez, Miguel J. Prieto

Universidad de Oviedo-Área de Tecnología Electrónica Gijón, Spain. Email: amartinp@uniovi.es,

Abstract

Electromagnetic Compatibility is a key aspect in the design of electronic systems, however, the teaching dedication assigned to a large part of the electronic profile technical qualifications is minimal or non-existent. The knowledge of fundamental aspects related to the interactions between systems due to the presence of electromagnetic fields, as well as a description of the existing regulations that must be observed, will improve the profile of our graduates to face the future designs that the technological environment will demand.

The teaching orientation towards the practical aspects of this discipline will facilitate the understanding of the existing phenomena both in the field of emission and electromagnetic immunity. That is why our proposal is oriented towards the physical visualization of different electromagnetic coupling modes.

The knowledge of the effects derived from the emission and reception of electromagnetic fields and the methods followed for their measurement, will provide students with the knowledge to apply the prevention techniques during design, improving their technological capacities.

Keywords: *Electromagnetic compatibility (EMC), electromagnetic interferences (EMI), immunity, emission..*

Resumen

La Compatibilidad Electromagnética es un aspecto clave en el diseño de sistemas electrónicos, sin embargo la dedicación docente asignada en gran parte de las titulaciones técnicas de perfil electrónico es mínima o inexistente. El conocimiento de aspectos fundamentales relativos a las interacciones entre sistemas debido a la presencia de campos electromagnéticos, así como una descripción de la normativa existente que ha de ser observada, permitirá

mejorar el perfil de nuestros egresados para enfrentarse de forma eficaz a los futuros diseños que demandará el entorno tecnológico en el que se encuentren.

La orientación docente hacia los aspectos prácticos de esta disciplina va a facilitar la comprensión de los fenómenos existentes tanto en el ámbito de la emisión como de la inmunidad electromagnética. Es por ello que la propuesta docente que se realiza está orientada hacia la visualización física de los distintos modos de acoplamiento.

El conocimiento de los efectos derivados de la emisión y recepción de campos electromagnéticos y los métodos seguidos para su medición, dotará a los alumnos de los conocimientos para aplicar las técnicas de prevención durante la fase de diseño, mejorándose sus capacidades.

Palabras clave: *Compatibilidad electromagnética (CEM), interferencia electromagnética, emisión, inmunidad.*

Introducción

Hoy en día la incorporación de productos electrónicos en el mercado internacional pasa por el cumplimiento de un conjunto de normas en distintos ámbitos: seguridad, fiabilidad, etc. que garantizan la calidad de nuestros productos [1]. El no cumplimiento de alguna de ellas puede conllevar la imposibilidad de introducir el producto en el mercado o la retirada de los mismos con las consiguientes pérdidas económicas para la empresa [2].

En Europa la reglamentación aplicable se traduce en el conocido marcado CE, que constituye una prueba de que los productos han sido ensayados con arreglo a la normativa europea y que cumplen con los requisitos de medio ambiente, seguridad y sanidad exigidos en la Unión Europea. La importancia del conocimiento tanto de las normas como de los métodos de ensayo proporciona una visión de que aspectos han de tratarse durante el diseño de los productos. Es por lo tanto necesario que los alumnos incorporen entre sus competencias conocimientos básicos sobre las normativas en las que van a desarrollar su trabajo [3].

En las titulaciones [4] cuyo perfil técnico se orienta hacia la electrónica en sus distintos campos, la compatibilidad electromagnética es un aspecto fundamental no solo por las implicaciones regulatorias impuestas, sino por las consecuencias sobre el correcto funcionamiento de los equipos y en algunos casos sobre la seguridad de las personas [5]. Si nos centramos en los aspectos puramente tecnológicos, la proliferación de todo tipo de equipos electrónicos tanto de uso personal como profesional plantea interesantes interrogantes en cuanto a dos conceptos fundamentales de la compatibilidad electromagnética: como se

contaminan el ambiente radioeléctrico y como son de susceptibles nuestros equipos electrónicos al entorno electromagnético en el que operan [6].

Estos dos conceptos engloban los conocimientos básicos necesarios para cualquier técnico que tenga entre sus funciones el diseño de equipos electrónicos. Se plantea por lo tanto abordar los mecanismos por los cuales un sistema electrónico emite radiación electromagnética a través de un medio (Emisión), que puede ser el aire o los conductores presentes en el sistema [7]. En segundo lugar, observar los fenómenos por los cuales una radiación electromagnética transmitida a través del aire u otro tipo de medio físico puede afectar al correcto funcionamiento de un circuito electrónico (Inmunidad) [8].

El planteamiento de ambos conceptos puede ser estudiado de forma teórica a partir de las ecuaciones de Maxwell con la dificultad que entraña y la desmotivación que puede causar en algunos de los estudiantes [9]. Por otra parte la percepción física de lo que ocurre ante determinadas situaciones mediante la medida experimental de los problemas que plantean tanto la emisión como la inmunidad en nuestros equipos, proporciona una visualización práctica difícil de olvidar por los alumnos. Es por ello que se considera especialmente útil el aprendizaje los conceptos básicos relacionados con la compatibilidad electromagnética a través de actividades prácticas. Con esta finalidad se proponen algunos experimentos sencillos que permitan identificar los distintos mecanismos que intervienen y son causa frecuente de problemas en los equipos electrónicos debidos a interferencias electromagnéticas.

Objetivos de aprendizaje

Se trata de introducir al alumno en conceptos básicos de compatibilidad electromagnética, que le permitan plantear sus diseños no solo por su funcionalidad sino también por criterios de reducción de emisiones o inmunidad ante ruidos externos [10]. En este sentido se plantea como conceptos esenciales el conocimiento de:

- Las técnicas de acoplamiento electromagnético
- Atenuar la emisión de ruido electromagnético
- Como minimizar la susceptibilidad de un equipo ante campos electromagnéticos

Se trata de clarificar como la existencia de campos electromagnéticos externos puede llegar a condicionar el correcto funcionamiento de un sistema electrónico (Susceptibilidad) o como nuestros prototipos contaminan el entorno (Emisión). En ambos casos tendremos que diferenciar cuando el medio por el que se transmite el ruido es el aire, en cuyo caso tendremos emisión o inmunidad radiada, y cuando el medio físico que transmiten la señal ruidosa son los cables, fenómeno conocido por emisión o inmunidad conducida.

Para alcanzar los objetivos propuestos se plantea identificar en primer lugar cuales son las técnicas de acoplamiento entre los circuitos: acoplamiento capacitivo, inductivo y por im-

pedancia común. Conocidas estas, será mucho más intuitivo prevenir sus consecuencias y proponer medidas que atenúen sus efectos. Cada una de ellas puede ser tratada a través de una sencilla práctica donde se visualicen las corrientes o tensiones inducidas en cada caso, su amplitud y como la frecuencia de la señal interviene en este parámetro.

Conocidas las técnicas de acoplamiento y su efecto en los circuitos se pueden proponer técnicas de filtrado específicas según el tipo de señal. Habitualmente el filtrado se centrará en la incorporación de bobinas que incrementen la impedancia de los caminos seguidos por la corriente y condensadores que estabilicen las tensiones de determinados conductores o proporcionen caminos de baja impedancia a las corrientes ruidosas de alta frecuencia.

Otro aspecto a tener en cuenta será la presencia de impedancias comunes, caso típico de las conexiones a masa. La presencia de impedancias compartidas por varios circuitos hace que todos se encuentren acoplados y los cambios que uno de ellos sufra se trasladará en mayor o menor medida al resto. Esta es una causa muy extendida de problemas en los diseños de los circuitos impresos (PCB) y que en muchas ocasiones se solventa con un diseño correcto de los planos de masa.

La observación experimental de los conceptos mencionados anteriormente muestra la importancia que tiene un correcto trazado de las pistas en una PCB desde el inicio del diseño sin necesidad de esperar a la realización de ensayos CEM que lo cuantifiquen. Se trata no tanto de cuantificar los fenómenos, sino de transmitir la idea de su importancia y de las consecuencias que pueden acarrear en el funcionamiento de los equipos. Inculcar la prevención y la preocupación por un correcto diseño, para evitar la incorporación de elementos adicionales (filtros, ferritas, apantallamientos, etc.) cuando el equipo ya está finalizado.

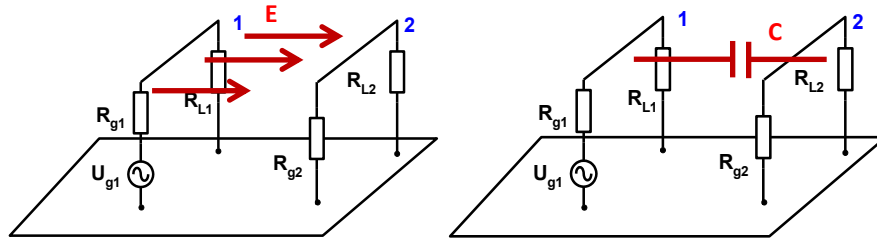
Metodología

Para analizar la eficacia de la propuesta se plantea la realización de un test inicial para identificar si los alumnos conocen algunos de los conceptos básicos relacionados con la compatibilidad electromagnética y el diseño de PCB's. Conceptos relacionados con los modos de acoplamiento, influencia de la frecuencia, efecto de los bucles en las PCB's, ventajas del trenzado de cables y la presencia de planos de masa, etc. Estos resultados mostrarán los conocimientos de los que parten los alumnos y podrán ser comparados al final de las sesiones con las nuevas capacidades adquiridas. Se plantean a continuación algunas actividades que podrán ser incorporadas a las asignaturas con contenidos específicos de compatibilidad electromagnética o aquellas relacionadas con el diseño electrónico en general.

A.- Acoplamiento Eléctrico

En la figura 1 se muestra como dos circuitos que tan solo comparten un punto en común (plano de masa) pueden interactuar ocasionándose tensiones en algún nodo (ej. Nodo 2) sin que existan en la malla fuentes que lo provoquen.

Figura 1. Acoplamiento eléctrico



La diferencia de potencial entre elementos metálicos separados por algún tipo de aislante que actúa como dieléctrico puede fácilmente modelarse como una capacidad equivalente. La impedancia que presenta ese condensador parásito dependerá de la frecuencia ($x_C=1/j\omega C$) y por lo tanto será un camino fácil para aquellas corriente de alta frecuencia.

Para visualizar este efecto no tenemos más que acercar dos pistas conductoras y aplicar una tensión senoidal tal y como se indica en la figura 2. La carga forma un bucle con la fuente de tensión a través del equivalente capacitivo que ofrece la superficie enfrentada de ambas pistas. Podríamos estimar numéricamente la capacidad entre pistas mediante la expresión:

$$\frac{C}{l} = \frac{\pi \epsilon_0 \epsilon_r}{\ln\left(\frac{\pi(d-w)}{w+t} + 1\right)} \quad (1)$$

Donde d es la distancia entre pistas, w el ancho de la pista y t el espesor de la misma. La medida con un analizador de impedancia nos proporciona un valor de $C=6,7\text{pF}$. Por lo que al esquema de la figura 2 se transforma en el circuito equivalente mostrado debajo. La presencia del campo eléctrico también puede simularse fácilmente con un programa libre de elementos finitos como el FEMM (figura 3).

Figura 2. Modelo equivalente de dos pistas. Tensión generada en la carga mediante el acoplamiento eléctrico, $f=5\text{MHz}$, $R=1\text{k}\Omega$ (Dcha).

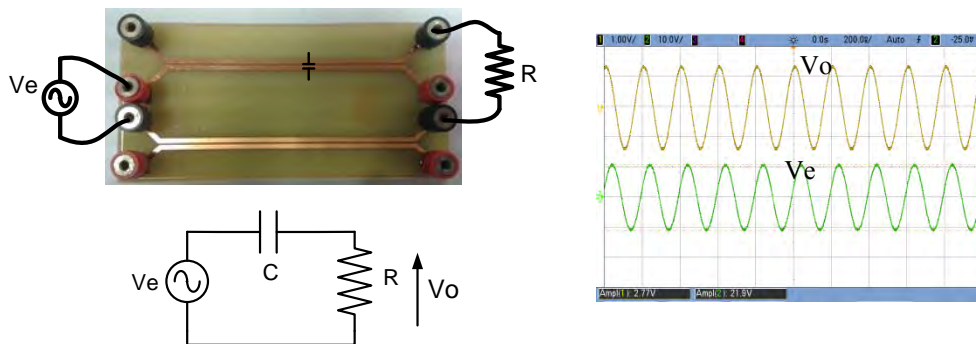
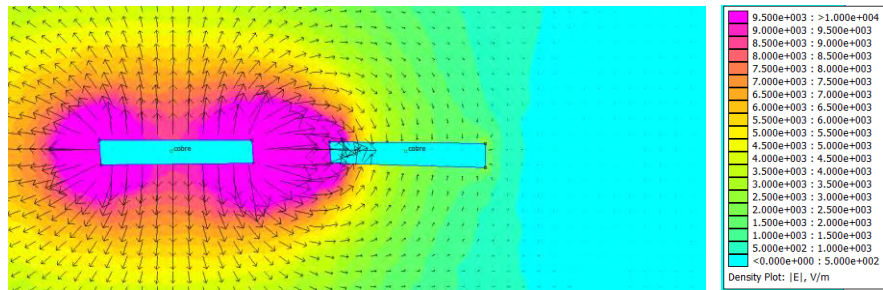


Figura 3. Simulación del campo eléctrico con FEMM



Aplicando en el circuito de la figura 2 una tensión de 10V a la frecuencia de 5MHz con una resistencia $R=1k\Omega$, se observan las formas de onda indicadas (figura 2, dcha), donde queda patente la importancia de tener en cuenta la presencia de capacidades parásitas en los circuitos.

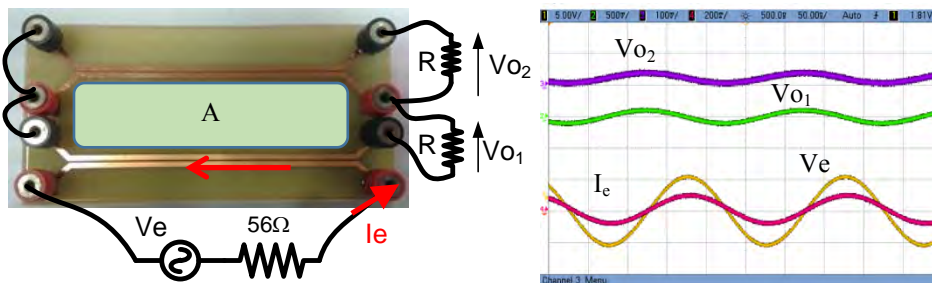
La variación de la frecuencia durante el ensayo mostrará al alumno la clara dependencia de los efectos capacitivos con la frecuencia y como las corrientes de alta frecuencia encuentran un camino de baja impedancia a través de las capacidades parásitas presentes en los circuitos, dando en muchos casos lugar a corrientes de modo común.

B.- Acoplamiento Magnético

Con un esquema similar se puede mostrar la influencia de los bucles que forman las pistas en una PCB y cómo pueden verse influenciados por corrientes próximas. En el esquema de la figura 5 se indican dos cargas cortocircuitadas a través de un bucle con una superficie A y otro cuya superficie es prácticamente despreciable. Midiendo la tensión en cada carga (figura 5) se observa la importancia de reducir los bucles formados por los distintos conductores.

$$u = N \frac{d\phi}{dt} = A \frac{dB}{dt} \tag{2}$$

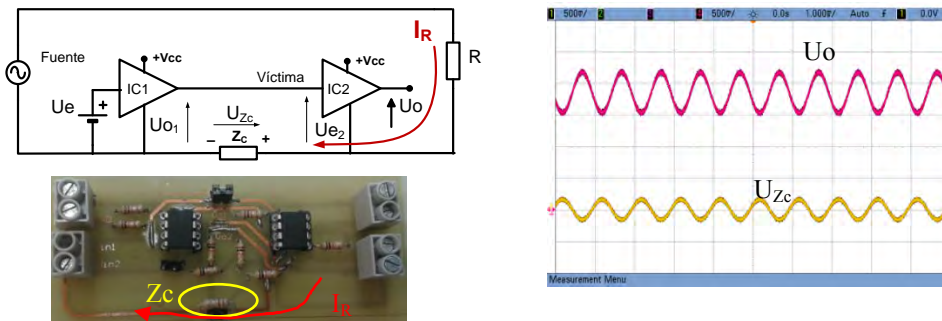
Figura 5. Efecto del acoplamiento magnético. Dcha, tensión inducida Vo1 [0,5V/div], Vo2 [0,1V/div].



C.- Acoplamiento por impedancia común

Para identificar como la presencia de una impedancia común entre dos circuitos puede afectar a la respuesta de uno de ellos, se plantea la conexión en cascada de dos amplificadores con ganancia $G=2$, en los que la conexión del terminal de referencia entre ambos se realiza a través de una pequeña resistencia según el esquema de la figura 6. Se observa como aparece una componente de alterna en la salida U_o cuya amplitud depende del valor de dicha resistencia.

Figura 6. Acoplamiento por Z_c común. Dcha, tensión inducida U_o con una corriente de 300mA



D.- Casos prácticos

Una vez que los tipos de acoplamiento han sido identificados aparece la necesidad de prevenir sus efectos y en caso contrario proceder al filtrado de las señales no deseadas. La prevención pasa por tres reglas básicas que durante los ensayos realizados en los apartados anteriores ya se perciben :

- Reducir bucles (previene tanto emisión como inmunidad)
- Introducir planos de masa (minimiza impedancias comunes)
- Estabilizar tensiones (reduce la emisión electromagnética)

En este sentido para afianzar los conceptos previos, se muestran varias situaciones prácticas en las que se detecta y corrige el efecto de las interferencias electromagnéticas.

Figura 7. Interferencias radiadas en un medio puente

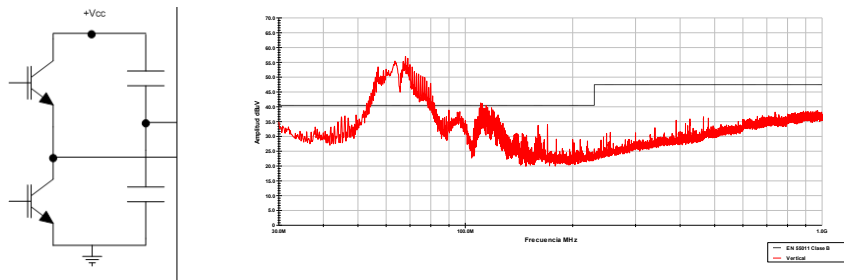
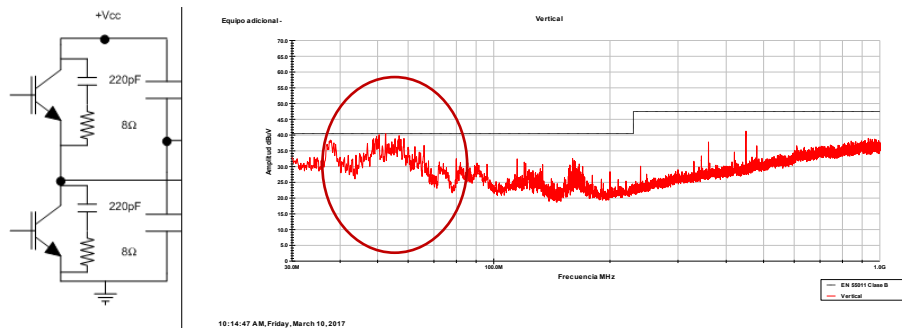
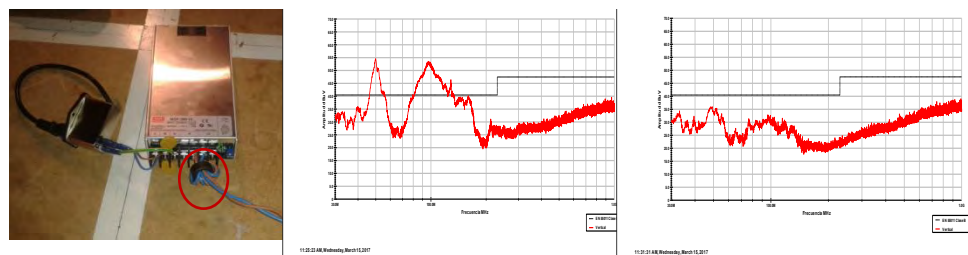


Figura 8. Reducción del EMI radiado en un medio puente gracias a la presencia de un snubber RC



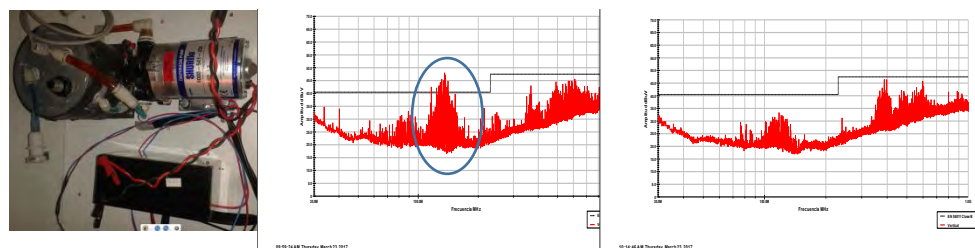
La figura 7 y 8 muestran la eficacia de suavizar las señales de alta frecuencia presentes en los interruptores de las topologías de potencia mediante simples redes de ayuda a la conmutación.

Figura 9. Efecto de ferritas en cables de alimentación.



El filtrado correcto de los cables de alimentación permite reducir notablemente la radiación electromagnética emitida. En la figura 9 (izda.) se muestra una fuente de alimentación comercial conectada a través de cables que si no son filtrados adecuadamente provocan una emisión que supera la normativa (fig.9 centro). En cambio la incorporación de una ferrita aumenta la impedancia en alta frecuencia y reduce notablemente el ruido emitido (fig.9 dcha.). Las conexiones a tierra de las estructuras metálicas facilitan el apantallamiento del ruido electromagnético radiado, como puede observarse en la bomba de la figura 10. Solamente cuando se conecta la carcasa a tierra (fig. 10 dcha.) el ruido generado se reduce sustancialmente. Por el contrario si se deja la carcasa flotante el sistema no cumple con la normativa (fig. 10 centro)

Figura 10. Apantallamiento de una bomba mediante conexión a tierra de la carcasa



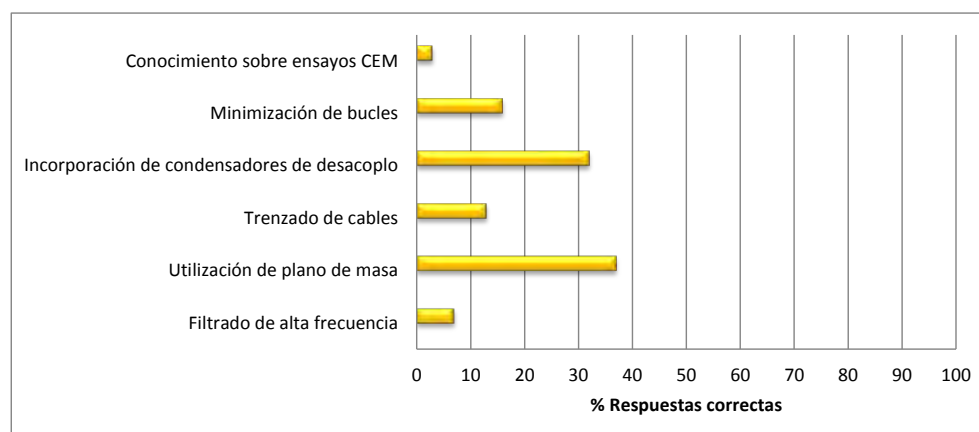
A través de la observación de diversas situaciones reales el alumno va adquiriendo la percepción práctica de cómo se propagan los campos electromagnéticos, como inciden en los equipos y cuáles son las soluciones a su alcance que pueden ser implementadas en sus diseños.

La descripción de cada uno de los ensayos que se realizan en el laboratorio de precertificación se llevó a cabo mediante la creación de vídeos explicativos que se cargaron en el Campus Virtual de la asignatura. El alumno dispone de los vídeos con suficiente antelación para que pueda visualizarlos antes de la evaluación de sus conocimientos.

Resultados

Para validar la experiencia de transmitir conocimientos relativos a la compatibilidad electromagnética a través de la experimentación práctica, se realizó a los alumnos un test inicial con el objetivo de identificar sus conocimientos previos. Las preguntas del test estaban orientadas hacia las técnicas más comunes para la reducción de interferencias y filtrado.

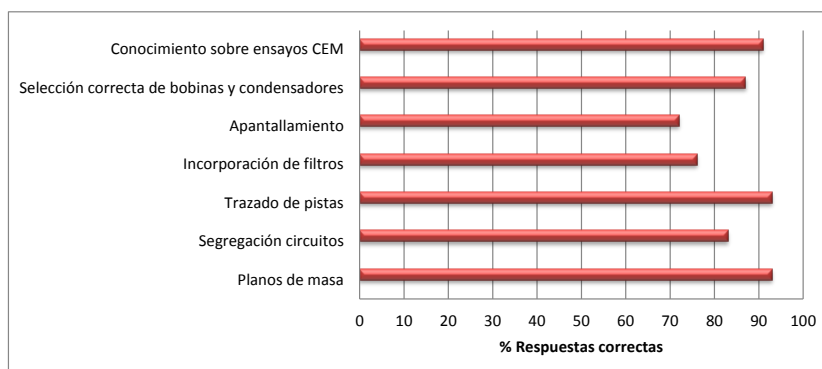
Figura 11. Resultados test inicial sobre una población de 21 alumnos



Una vez realizadas las prácticas propuestas y mostrados casos prácticos como los incluidos en las figuras 7-10, se propuso un nuevo test haciendo hincapié en conceptos similares y se comprobó en los prototipos que habían desarrollado :

- El correcto diseño de planos de masa
- La segregación de circuitos según su funcionalidad, frecuencia, potencia, etc.
- La correcta interconexión de señales potencialmente ruidosas (Ej. Driver)
- La minimización de bucles y correcto cableado
- La incorporación de filtros y condensadores de desacoplo

Figura 11. Resultados finales sobre una población de 25 alumnos



Los resultados obtenidos muestran una clara mejoría de los diseños realizados por los alumnos en titulaciones de Master orientadas al ámbito electrónico. Las reglas básicas de diseño de PCB's así como la selección adecuada de los componentes, no solo por su funcionalidad sino por sus características dependientes de la frecuencia, fueron utilizadas adecuadamente en sus desarrollos prácticos.

Conclusiones

La utilización de sencillas prácticas que afiancen los conceptos relativos a los mecanismos de acoplamiento electromagnético así como la visualización de problemas reales en equipos comerciales ha permitido una mejora sustancial de los conocimientos adquiridos por los alumnos para el desarrollo de sus diseños electrónicos.

La incorporación de videos de corta duración con contenidos relativos al funcionamiento específico de un laboratorio de pre-certificación EMC, proporciona un conocimiento detallado de los ensayos, que predispone hacia un diseño electrónico no solo funcional sino también orientado al cumplimiento de la normativa vigente.

Referencias

- [1] «UNE-EN_61000-6-32007.pdf». .
- [2] N. Wainwright, «Understanding the importance of administrative compliance», 2014, pp. 3539.
- [3] J. Balcells Sendra, *Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos*. Barcelona: Marcombo, 2005.
- [4] «Máster Universitario en Conversión de Energía Eléctrica y Sistemas de Potencia - Inicio». [En línea]. Disponible en: <http://mastereecps.uniovi.es/>. [Accedido: 01-feb-2018].
- [5] H. W. Ott, *Electromagnetic Compatibility Engineering: Ott/Electromagnetic Compatibility*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

- [6] C. R. Paul, *Introduction to electromagnetic compatibility*, 2nd ed. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience, 2006.
- [7] J. L. Sebastián Franco, *Fundamentos de compatibilidad electromagnética*. Madrid: Addison-Wesley, 2007.
- [8] K. Armstrong, «Cost-effective Risk Management of EMC without special EMC design expertise or testing». IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), 2013, pp. 386-391.
- [9] Y. Zhao y K. Y. See, «A Practical Approach to EMC Education at the Undergraduate Level», *IEEE Trans. Educ.*, vol. 47, n.º 4, pp. 425-429, nov. 2004.
- [10] V. Kus y P. Drabek, «The education of EMC -the strategy and teaching overview at the UWB». IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), 2011, pp. 976-981.