



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo

## Consejos Prácticos para la Reducción de las Interferencias Electromagnéticas: Material Audiovisual y Evaluación Objetiva. (PINN-18-B-011)

*Convocatoria de los Proyectos de Innovación Docente 2018*

Miguel Ángel José Prieto – mike@uniovi.es - DIEECS  
Alberto Martín Pernía – amartinp@uniovi.es - DIEECS  
Juan Antonio Martín Ramos – jamartin@uniovi.es - DIEECS  
Pedro José Villegas Sáiz – pedroj@uniovi.es - DIEECS

**Palabras clave: Compatibilidad Electromagnética. Soluciones Prácticas**

### Tipo de proyecto

Tipo A (PINN-18-A)	
--------------------	--

Tipo B (PINN-18-B)	X
--------------------	---

*Este proyecto es continuación del titulado “Material audiovisual en inglés para la mejora de las prácticas on-line de Compatibilidad Electromagnética y evaluación objetiva” correspondiente a la Convocatoria de Proyecto de Innovación Docente 2017. En el primer proyecto se presentaban los equipos de medida utilizados en los distintos ensayos de Compatibilidad Electromagnética, que permiten determinar si un determinado equipo cumple la norma o no. En este nuevo proyecto, se trata de proporcionar algunos consejos prácticos que pueden ayudar a conseguir que un equipo reduzca sus emisiones electromagnéticas hasta llegar a cumplir con la normativa vigente.*

### Resumen / Abstract

*Todos los equipos electrónicos tienen que cumplir la normativa de compatibilidad electromagnética (CEM) UNE-EN 61000-6-1 y 61000-6-3. Durante la realización de los Trabajos Fin de Grado y Máster se realizan prototipos en los que “nunca” se tiene en cuenta este tipo de problemática. Cuando el alumno finaliza sus estudios, tendrá que enfrentarse en el mundo laboral a la realización de diseños que, de forma obligada, van a tener que incorporar técnicas de que permitan el cumplimiento de la normativa CEM. Se considera imprescindible que el alumno tenga unos conocimientos básicos de cómo se realizan los ensayos CEM según la normativa vigente y de las técnicas de prevención de interferencias electromagnéticas que ha de incorporar en sus prototipos.*



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo

## 1 Contribución del proyecto a la consecución de los objetivos específicos y de los objetivos de la convocatoria

### 1.1 Objetivos específicos y objetivos prioritarios de la convocatoria conseguidos

*De los objetivos planteados en la solicitud del proyecto, se han conseguido claramente dos de ellos: los que suponían el mayor peso del proyecto total.*

*Por una parte, se ha conseguido un objetivo relacionado con la Innovación docente en el ámbito de la metodología docente. En este sentido, se ha potenciado el uso de vídeos como ayuda al desarrollo de la función docente. La publicación de vídeos disponibles en todo momento para el alumnado posibilita itinerarios adaptados a los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes, que pueden visualizarlos tantas veces como necesiten y en el momento que mejor les venga.*

*Por otro lado, se considera que también se ha conseguido contribuir a la innovación docente en el ámbito de la tutoría y la orientación de los estudiantes hacia su futuro laboral. Esto es así porque el tema tratado en estos vídeos no suele encontrar mucha cabida en los temarios habituales de las actuales titulaciones de Grado y Máster y, cuando lo hace, siempre es de una forma muy superficial. Sin embargo, todos los equipos electrónicos susceptibles de ser comercializados deben cumplir una determinada normativa de compatibilidad electromagnética, por lo que estos vídeos ponen el foco en un aspecto que los futuros diseñadores deberán tener en cuenta en su vida laboral.*

*En cuanto a los otros dos objetivos planteados en la solicitud, es más difícil cuantificar su grado de consecución. El presente proyecto sin duda pone los mimbres para que dichos objetivos se lleven a cabo, pero no deja de ser una herramienta que de la que los interesados pueden hacer uso o no. Así, por ejemplo, los autores consideran que se ha llevado a cabo innovación docente en el desarrollo de metodologías y actividades relacionadas con los Trabajos de Fin de Grado (TFG) y de Fin de Máster (TFM), ya que estos trabajos deberían aplicar los conocimientos que se imparten en este proyecto cuando se trata de llevar a cabo un diseño de un prototipo electrónico. Que esto sea efectivamente así o no depende en gran medida del grado de profundidad con que se plantee el TFX. Análogamente, la visualización de los vídeos desarrollados puede contribuir a fomentar la relación de los proyectos de innovación docente con otros proyectos de nuestra Universidad, con organismos y agentes externos y con acciones de intercambio virtual de carácter nacional e internacional. Como ejemplo cabe citar la publicación en el OCW de la asignatura Compatibilidad Electromagnética (ECM), aplicación directa del presente proyecto y que está disponible en <http://ocw.uniovi.es/course/view.php?id=195> desde el 3 de junio de 2019. La publicación de estos vídeos en un canal de acceso público (y no solo en el*



*Campus Virtual de la Universidad de Oviedo) contribuirá a dar más difusión a este tema y a facilitar futuras relaciones con agentes externos.*

- 1.2 Mejoras a la convocatoria, grado de pertinencia de las mismas, modificaciones al proyecto inicial y justificación de los cambios**  
*No ha habido ninguna mejora/modificación sobre lo propuesto en la solicitud.*

## 2 Contribución del proyecto al plan estratégico de la Universidad y repercusiones en la docencia.

- 2.1 Alineamiento del Proyecto de Innovación Docente con el Plan Estratégico 2018-2022 de la Universidad de Oviedo en materia docente.**

*Se recogen a continuación los objetivos indicados en la solicitud del proyecto junto con una estimación del grado de cumplimiento de los mismos.*

FAE	% Adecuación	Grado cumplim.
<b>FAE 5: Puesta en marcha de un programa de actualización en métodos educativos.</b>		
Extender nuevas técnicas docentes en los estudios de grado y máster de la Universidad.	10%	●
<b>FAE 6: Puesta en marcha de un programa de herramientas digitales para la enseñanza.</b>		
Aumentar los procesos formativos online en la enseñanza presencial.	10%	●
Potenciar la oferta formativa a distancia.	10%	●
Mejorar la calidad de las actividades formativas online.	10%	●
<b>FAE 7: Puesta en marcha de un programa para la financiación de proyectos de innovación docente.</b>		
Mejorar los resultados académicos de los estudiantes.	8%	●
Incrementar la motivación del profesorado.	2%	●
Aumentar el número de experiencias innovadoras formativas.	8%	●
<b>FAE 11: Implantación de herramientas de control del plagio.</b>		
Asegurar la seguridad en la originalidad de los trabajos, documentos, etc.	0%	—
Disuadir del plagio.	0%	—
Vigilar la propiedad intelectual del personal investigador de la Universidad.	0%	—
<b>FAE 14: Programa de formación transversal para el estudiantado.</b>		
Mejorar las competencias transversales y extracurriculares del estudiantado.	5%	●
<b>FAE 15: Puesta en marcha de un observatorio de innovación docente y la orientación vocacional en colaboración con el gobierno del principado de Asturias.</b>		
Incrementar la colaboración entre todos los agentes del sistema educativo.	5%	●
Identificar necesidades de formación, carencias y problemas que pueden conducir al fracaso de los alumnos.	4%	●
Reducir el fracaso escolar	2%	●
<b>FAE 19: Mejora de la atención a los colectivos con necesidades específicas.</b>		
Desarrollar medidas de equiparación e igualdad de oportunidades.	0%	—
Reducir la tasa de abandono universitario.	2%	●
<b>FAE 31: Puesta en marcha de un plan de formación en abierto a través de internet.</b>		
Intensificar las acciones formativas llevadas a cabo en Internet.	7%	●



Conseguir una utilización amplia de contenidos de calidad creados en la Universidad de Oviedo.	8%	●
<b>IT</b>	<b>% Adecuación</b>	<b>Grado cumplim.</b>
<b>IT 13: Desarrollo de un programa para la financiación de la participación en redes, estrategias, plataformas y otros organismos internacionales.</b>		
Aumentar el número de socios extranjeros con los que se colabora (academia, instituciones y empresas).	4%	–
<b>IT 17: Desarrollo de un plan para el fomento de la participación en proyectos sociales de interés autonómico y local.</b>		
Mayor coordinación con las administraciones autonómica y local.	0%	–
Incremento del número de entidades con las que se colabora.	5%	–

## 2.2 Grado de consecución de las repercusiones esperadas del proyecto (en la docencia específica y en el entorno docente)

*Por lo que se refiere a las repercusiones esperadas del proyecto en el ámbito académico de la Universidad de Oviedo, se incluye a continuación la tabla resumen de las mismas junto con su correspondiente grado de cumplimiento.*

Repercusiones	% Adecuación	Grado cumplim.
Posibilidad de poner el proyecto en práctica en otras asignaturas, cursos, carreras o con otros profesores.	40%	●
Aumentar la colaboración entre varios centros, departamentos, áreas, profesores, másters, etc.	0%	–
Fomentar la colaboración con profesores de otras instituciones autonómicas, nacionales o extranjeras (Universidades, Centros de Enseñanza Primaria o Secundaria, redes de colaboración internacional, etc.)	20%	–
Publicación de resultados en revistas, libros, jornadas o congresos distinto de las Jornadas de Innovación Docente de UniOvi.	5%	–
Utilización de herramientas y aplicaciones tecnológicas avanzadas al servicio de la propuesta metodológica	5%	●
Posibilidades de dar continuidad al proyecto en cursos posteriores ampliándolo o mejorándolo	30%	●

## 3 Memoria del Proyecto

### 3.1 Marco Teórico del Proyecto

*La compatibilidad electromagnética de los equipos electrónicos es un tema de gran importancia a la hora de comercializar dichos equipos y que ha dado lugar a numerosas aportaciones en la literatura científica [1-5]. En este sentido, el proyecto propuesto es la continuación de otro en el que se llevó a cabo la elaboración de vídeos explicativos en inglés que permitían al alumno conocer los equipos involucrados en el desarrollo de ensayos de compatibilidad electromagnética y el protocolo de manejo.*



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo

*El conocimiento del manejo de estos equipos es esencial para comprender el alcance de la normativa vigente en Compatibilidad Electromagnética [6-8], siendo esta de obligado cumplimiento para todos los equipos electrónicos. En base a esta información, se pretende ahora generar una nueva serie de vídeos en los que se utiliza ese equipamiento para demostrar la influencia de distintas modificaciones en el comportamiento del equipo electrónico a ensayar. Este material permitirá la mejor comprensión por parte de los alumnos de la importancia de llevar a cabo un diseño correcto de los dispositivos electrónicos, así como proponer algunas soluciones sencillas a la resolución de problemas típicos relacionados con el cumplimiento de la normativa EMC.*

*Si bien este material encuentra aplicación directa en la asignatura “EMC” del Máster Universitario Erasmus Mundus en Transporte Sostenible y Sistemas Eléctricos de Potencia [9], existen también otras asignaturas que se pueden beneficiar de la misma. Asignaturas como “Instrumentación Electrónica” del Máster en Ingeniería Mecatrónica o “Electrónica Industrial y Automática” del Grado en Ingeniería Eléctrica pueden usar estos vídeos para reforzar en los alumnos la necesidad de llevar a cabo un diseño optimizado. Incluso puede ser útil para adentrar en la importancia de este aspecto a alumnos que inician su andadura en el mundo la electrónica, como lo son los que cursan la asignatura “Fundamentos de Electrónica Analógica” del Grado en Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. De este modo, se contribuye a los trabajos dedicados a cómo abordar la docencia de los conceptos relacionados con la compatibilidad electromagnética [10-11].*

*La realización de los Trabajos Fin de Máster que incorporen sistemas electrónicos deben incorporar en sus diseños las herramientas necesarias para evitar problemas derivados de las interferencias electromagnéticas, por ello también se plantea que los tutoriales desarrollados estén a disposición de estos alumnos.*

*Como objetivos específicos del proyecto se propone realizar una serie de vídeos explicativos de los efectos que pueden ocasionar malos diseños de equipos electrónicos. Se usarán para ello los equipos descritos en el anterior Proyecto de Innovación Docente, ilustrando las interferencias que se detectan en cada caso y cómo afectan al cumplimiento de la normativa vigente. A continuación, se comparará este comportamiento con el correspondiente a un equipo correctamente diseñado. En los casos en que sea posible, se indicarán posibles modificaciones a incluir en el equipo analizado para tratar de disminuir la interferencia generada hasta conseguir que cumpla la normativa. Esta información resulta muy útil a la hora de diseñar cualquier equipo electrónico, siendo imprescindible en los casos en que dicho equipo aspira a ser comercializado. Sin embargo, muy pocos estudiantes son conscientes de la importancia de esta necesidad. Con este curso se pretende poner el foco en la problemática de la compatibilidad electromagnética y favorecer así la vinculación con*



*el sector productivo y social (empresas, organismos e instituciones) que demanda este tipo de soluciones. Esta metodología de enseñanza-aprendizaje de carácter práctico puede incluso ser clave desde el punto de vista de una futura incorporación del alumnado al mundo laboral.*

### **3.2 Metodología utilizada**

#### **3.2.1 Plan de Trabajo desarrollado**

*El plan de trabajo que se ha seguido para implementar el presente proyecto de innovación docente consta de las siguientes etapas: a) grabación de vídeos explicativos de fenómenos relacionados con compatibilidad electromagnética, b) publicación en asignaturas del Campus Virtual para ser visualizadas por los alumnos, c) preparación de exámenes relacionados con los contenidos de los vídeos, d) realización de encuestas de satisfacción y e) valoración de los resultados obtenidos.*

#### **3.2.2 Descripción de la Metodología**

*La grabación de los vídeos se llevó a cabo en las instalaciones que el Área de Tecnología Electrónica tiene en el Campus de Gijón. La mayoría de estos vídeos se grabó usando un simple teléfono móvil, si bien los dos últimos se llevaron a cabo contando con la colaboración del Servicio de Medios Audiovisuales.*

*Los vídeos grabados se publicaron en las asignaturas virtuales vinculadas al presente proyecto para que los alumnos pudieran visualizarlos y familiarizarse con la problemática que suponen las interferencias electromagnéticas en los sistemas comerciales.*

*En aquellas asignaturas cuyo contenido justificara incluir el material generado como elemento a utilizar para calcular la calificación final se desarrollaron pruebas de evaluación relativas a los vídeos. Este fue el caso de las asignaturas “EMC” (Máster Universitario Erasmus Mundus en Transporte Sostenible y Sistemas Eléctricos de Potencia) e “Instrumentación Electrónica” (Máster Universitario en Ingeniería Mecatrónica). También se pasaron encuestas de satisfacción.*

*Como último paso de la metodología seguida, se llevó a cabo una valoración de los resultados obtenidos con el presente proyecto de innovación. Estos resultados se detallan en el punto siguiente.*

### **3.3 Resultados alcanzados**

#### **3.3.1 Valoración de indicadores**

*Como indicadores se han utilizado los recogidos en la solicitud del presente proyecto, que se muestran en la tabla resumen de la página siguiente. Se*



*incluye además un indicador adicional relacionado con las acciones de intercambio virtual.*

Indicador	Modo de evaluación	Rangos fijados y obtenidos
Número de alumnos que aprueban el test de control on-line después de visualizar el material	Nota media obtenida en los tests efectuados por los alumnos de las asignaturas 'EMC' (7 alumnos) e 'Instrumentación Electrónica' (4 alumnos).	[Aceptable: 4,0 – 6,0] <b>8,8</b>
Valoración de los diseños de las PCBs atendiendo a los criterios explicados en los vídeos	Nota obtenida en el diseño de la placa de circuito impreso que se entrega como parte de la evaluación de la asignatura 'Instrumentación Electrónica'.	[Aceptable: 5,0 – 7,0] <b>8,2</b>
Encuesta de satisfacción con lo aprendido a través de los vídeos	Puntuación obtenida en las encuestas pasadas a los alumnos de las asignaturas 'EMC' (5 respuestas) e 'Instrumentación Electrónica' (2 respuestas).	[Aceptable: 40% – 60%] <b>83,7%</b>
Número de acciones de intercambio virtual de carácter nacional e internacional.	Proyectos, contactos y similares derivados del presente Proyecto de Innovación	[–] <b>1 Curso OCW</b>

### 3.3.2 Observaciones más importantes sobre la experiencia

*La utilización de vídeos docentes para hacer llegar conocimientos relacionados con la Compatibilidad Electromagnética resulta adecuada, a la vista de los resultados obtenidos por los alumnos en los tests efectuados tras su visualización. Además, esta metodología permite que todos los alumnos puedan observar los fenómenos que se producen sin tener que limitarse a meras explicaciones teóricas y sin necesidad de hacerles pasar a todos por los laboratorios.*

*Adicionalmente queremos hacer constar la buena disposición del Servicio de Medios Audiovisuales de la Universidad de Oviedo a la hora de hacer este tipo de trabajos.*

### 3.3.3 Información online, publicaciones o materiales en abierto derivados de los resultados del proyecto

*Además de subirse a las correspondientes asignaturas del Campus Virtual, la información desarrollada para el presente Proyecto de Innovación Docente se ha utilizado en un curso OCW: <http://ocw.uniovi.es/course/view.php?id=195>*

## 3.4 Conclusiones, discusión y valoración global del proyecto.

*El punto más fuerte de este proyecto reside en el propio concepto de la utilización de vídeos docentes, que ofrecen una gran flexibilidad al alumno a la hora de adquirir los conocimientos, posibilitando además la visualización de determinados conceptos imposibles de ver durante las clases teóricas tradicionales.*



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo

*Las debilidades identificadas se refieren al proceso de evaluación. En primer lugar, la evaluación online limita necesariamente la aplicación de este tipo de técnicas a grupos pequeños que puedan estar en una misma aula a la hora de efectuar el examen. La opción de llevar esta propuesta a grupos grandes y que cada alumno haga la prueba a través de internet, esté físicamente donde esté, es una posibilidad que siempre levanta sospechas sobre posibles copias o utilización de elementos no autorizados durante la realización del test.*

*Fuera del ámbito docente, se considera un punto muy fuerte disponer de este tipo de vídeos para darles la mayor difusión posible, ya que se ha detectado que no hay apenas vídeos en abierto tan detallados como los generados. Estos vídeos podrían llegar a hacer que la Universidad de Oviedo fuera una referencia en estos temas.*

#### 4 Bibliografía

- [1] C. R. Paul, "Introduction to electromagnetic compatibility, 2nd ed." Hoboken, NJ, EE.UU.: Wiley-Interscience, 2006.
- [2] H. W. Ott, "Electromagnetic Compatibility Engineering." Hoboken, NJ, EE.UU.: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [3] J. Balcells Sendra, "Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos." Barcelona: Marcombo, 2005.
- [4] J. L. Sebastián Franco, "Fundamentos de compatibilidad electromagnética." Madrid: Addison-Wesley, 2007.
- [5] K. Armstrong, "Cost-effective Risk Management of EMC without special EMC design expertise or testing." Proc. of the 2013 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC 2013), Denver (CO), EE.UU., pp. 386-391. doi: 10.1109/ISEMC.2013.6670443.
- [6] Norma Española, "UNE-EN 61000-6-1 Compatibilidad Electromagnética (CEM). Parte 6-1: Normas Genéricas. Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera." Junio 2007  
Disponible on-line en [https://www.aserluz.org/wp-content/uploads/2016/03/UNE-EN\\_61000-6-12007.pdf](https://www.aserluz.org/wp-content/uploads/2016/03/UNE-EN_61000-6-12007.pdf). [Último acceso: 08/07/2019]
- [7] Norma Española, "UNE-EN 61000-6-3 Compatibilidad Electromagnética (CEM). Parte 6-3: Normas Genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera." Julio 2007  
Disponible on-line en [https://www.aserluz.org/wp-content/uploads/2016/03/UNE-EN\\_61000-6-32007.pdf](https://www.aserluz.org/wp-content/uploads/2016/03/UNE-EN_61000-6-32007.pdf). [Último acceso: 08/07/2019]
- [8] N. Wainwright, "Understanding the importance of administrative compliance." Proc. of the 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2014), Gothenburg, Sweden, pp. 35-39. doi: 10.1109/EMCEurope.2014.6930872.





Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

- [9] “Máster Universitario en Conversión de Energía Eléctrica y Sistemas de Potencia – Inicio”.  
Disponible on-line en <http://mastereecps.uniovi.es/>. [Último acceso: 08/07/2019]
- [10] Y. Zhao, K. Y. See, “A Practical Approach to EMC Education at the Undergraduate Level.” *IEEE Trans. on Education*, vol. 47, nº 4, noviembre 2004, pp. 425-429.
- [11] V. Kus, P. Drabek, “The education of EMC -the strategy and teaching overview at the UWB”. *Proc. of the 2011 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC 2011)*, Long Beach (CA), EE.UU., pp. 976-981. doi: 10.1109/ISEMC.2011.6038450.