

*Libro de resúmenes*

# VI Jornadas Españolas de Compatibilidad Electromagnética

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE-UV)  
Universitat de València*



VI JORNADAS ESPAÑOLAS  
DE COMPATIBILIDAD  
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Ingeniería y  
Tecnología





# VI JORNADAS ESPAÑOLAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

VALENCIA 21-23 NOVIEMBRE 2023



**LIBRO DE RESÚMENES**



VI JORNADAS ESPAÑOLAS  
DE COMPATIBILIDAD  
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

**Libro de Resúmenes VI Jornadas Españolas de Compatibilidad Electromagnética  
EMC Spain 2023**

**Valencia 21, 22, 23 noviembre 2023**

Publicado en Julio de 2024

**Edita y Publica Área de Innovación y Desarrollo, S.L.**

C/ Els Alzamora, 17. 03802 – ALCOY (ALICANTE)

[info@3ciencias.com](mailto:info@3ciencias.com)

© **del contenido:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE-UV). Universitat de València

**Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización**

ISBN: 978-84-124943-7-2

DOI: <https://doi.org/10.17993/Ing.2024.01>

# ÍNDICE

<b>Presentación</b> .....	<b>i</b>
<b>Sede</b> .....	<b>i</b>
<b>Comités</b> .....	<b>ii</b>
<b>Ponencias invitadas</b> .....	<b>iii</b>
Lorandt Fölkel - EMC noise sources consideration from a power supply. ....	iii
David Argilés - Los efectos de la alta potencia en radiofrecuencia en las comunicaciones por satélite.....	iii
<b>Sesión 1 – Moderador: Salvador González</b> .....	<b>1</b>
Revisión métodos de medida de permitividad y permeabilidad. Simulación de técnicas con ANSYS HFSS. Roberto Herraiz García.....	1
Caracterización electromagnética de materiales aeroespaciales a baja temperatura. Borja Plaza Gallardo.....	1
Efecto de la saturación de los materiales magnéticos en el filtrado de interferencias. Carolina Morales Blanco.....	2
<b>Sesión 2 – Moderador: Manuel Añón</b> .....	<b>2</b>
Caracterización electromagnética de urnas de protección planetaria en cámara anecoica biestática para ensayos EMC. María Jiménez Lorenzo.....	2
Soluciones para EMC y apantallamiento con Componentes Electromecánicos. Raúl Rodríguez Canales .....	3
Apantallamiento y filtrado para proteger la confidencialidad (TEMPEST). Arturo Mediano Heredia.....	3
<b>Sesión 3 – Patrocinadores I. Moderador: Antonio Alcarria</b> .....	<b>4</b>
Filtros en aplicaciones con y sin tierra - <b>Würth Elektronik</b> .....	4
Revisión de la norma ISO 11452-9 2ª Edición (Portable transmitters) - <b>Rohde &amp; Schwarz</b> .....	4
Ensayo de Emisiones Radiadas de Campo Magnético para Equipos de Iluminación - <b>IMQ Iberica</b> .....	4
<b>Sesión 4 – Patrocinadores II. Moderador: José Torres</b> .....	<b>4</b>
Ripple Immunity testing in EV HV subassemblies – <b>Álava Ingenieros</b> .....	4
TRITON Class. Bienvenidos a la nueva generación de cámaras para EMC – <b>Inycom</b> .....	4
¿Qué instrumentos necesito para mi test EMC? De los escáneres de campo cercano al trabajo en cámara – <b>Datatec</b> .....	4
Three-Phase Conducted Emissions Measurements and Optimal Power Line Filter Design - <b>Wavecontrol</b> .....	4
<b>Sesión 5 – Moderador: María Jiménez</b> .....	<b>4</b>
Diseño y fabricación de una antena LPD entre 100 MHz y 6000MHz para ensayos de emisión radiada en una cámara reverberante. Manuel Añón Cancela .....	4
Modelado 3-D de choques de modo común e inductores con diferentes tipos de núcleos magnéticos. Rafael Suárez.....	5

Conectores Coaxiales y Líneas de Transmisión. Problemas de Radiación. Carles Virgili Escoda	5
<b>Sesión 6 – Mesa Redonda. Moderador: Juan Miguel del Pino</b>	<b>6</b>
<b>Sesión 7 – Moderador: Luis Nuño</b>	<b>7</b>
Inmunidad y control de fenómenos de radiofrecuencia conducida en el sistema de alimentación híbrido del detector de píxeles del experimento CMS. Alvaro Pradas Luengo	7
Aplicaciones de los métodos FDTD Estocásticos (S-FDTD) en EMC. Miguel Ruiz Cabello	7
A Systems-Thinking Approach to Analyze Electromagnetic Hazards. Miriam González Atienza	7
<b>Sesión 8 – Moderador: Marcos Quílez</b>	<b>8</b>
Simulación de Chokes de modo común a nivel de sistema mediante FDTD y HFSS. Luis Manuel Díaz Angulo	8
Reducción de Capacidades Parásitas en Inductores y Chokes de Modo Común. Pablo Ruiz Morales	8
Modelado y caracterización de inductores de modo común para sistemas trifásicos. Álvaro Ojeda Rodríguez	9
<b>Sesión 9 – Moderador: Fernando Arteche</b>	<b>10</b>
Medida de corriente en el fuselaje de aeronaves utilizando sondas de Rogowski con salida óptica. Marcos Quílez Figuerola	10
Estudio de las interferencias EMC conducidas y su influencia en las comunicaciones PLC debido a la electrónica de potencia (Resultados del proyecto CELINE). Jose Vicente Rocamonde	10
Accelerating FDTD Calculations using Voxels-In-Cell Method. Kenan Tekbas	11
<b>Patrocinadores</b>	<b>12</b>
<b>Programa</b>	<b>13</b>

## Presentación

Como evento de referencia en España, las Jornadas Españolas de EMC reúnen a expertos, profesionales e investigadores de todo el país para compartir sus últimos avances y promover el intercambio de ideas.

Las Jornadas Españolas en EMC tienen como objetivo favorecer el intercambio de conocimiento sobre Compatibilidad Electromagnética (EMC) entre los diferentes agentes de I+D en España y fomentar la transferencia de tecnología entre empresas y universidades/centros tecnológicos sobre los nuevos desarrollos relacionados con esta temática.

Durante tres días, empresas, universidades y centros de investigación presentarán sus nuevos desarrollos en el área de la EMC. Las empresas de instrumentación, software y servicios en EMC dispondrán de un área de exhibición, así como sesiones específicas para presentar sus productos más novedosos.

Desde 2015 las Jornadas se han realizado en Zaragoza, Madrid, Barcelona, Pamplona, Granada y Valencia y han tenido el soporte/participación del capítulo español de EMC el IEEE.

## Sede

En el año 2023, las se celebraron las VI Jornadas Españolas de Compatibilidad Electromagnética en Valencia, concretamente en la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería** de la Universitat de València (ETSE-UV).



Más información en:



## Comités

---

### Comité Nacional

Fernando Arteché - Instituto Tecnológico de Aragón (ITAINNOVA)

Ferran Silva - Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-GCEM)

Salvador González - Universidad de Granada (UGR)

Manuel Añón - Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

### Comité Local

José Torres - Universitat de València (UV)

Antonio Alcarria - Würth Elektronik eiSos (WE)

Luis Nuño - Universitat Politècnica de València (UPV)



### Comité Organizador

Adrián Suárez - Universitat de València (UV)

Andrea Amaro - Universitat de València (UV)

Roberto Herráiz - Universitat de València (UV)

Pedro A. Martínez – Universitat de València (UV)

Víctor Solera - Universitat de València (UV)

Marc Barata - Universitat de València (UV)

Víctor Martínez - Würth Elektronik eiSos (WE)





## Ponencias invitadas

---

**Lorandt Fölkel** - EMC noise sources consideration from a power supply.

**Resumen:** Which topology needs to be filtered, and how to achieve low noise at conducted emissions? The impact of different dielectrics for the input and output capacitors. We will compare three different DC/DC converters, which have the same output power and the same voltage characteristics. After that, we focus on filtering and efficiency, considering the EMI behavior. Trying to reproduce the EMC lab measurements in our own environment and compare the data to know where we need to be “tuned” to pass the next EMC tests.



**Lorandt Fölkel** (Würth Elektronik eiSos - WE)

**David Argilés** - Los efectos de la alta potencia en radiofrecuencia en las comunicaciones por satélite.

**Resumen:** La ponencia "Los efectos de la alta potencia en radiofrecuencia en las comunicaciones por satélite" aborda cómo el uso de señales de alta potencia puede mejorar la eficiencia y la cobertura de las comunicaciones satelitales. Sin embargo, también se destacan los desafíos asociados, como el aumento del riesgo de interferencias y la necesidad de tecnologías avanzadas para la gestión del espectro y la mitigación de posibles perturbaciones. La investigación presentada subraya la importancia de un equilibrio cuidadoso entre potencia y calidad de servicio para optimizar el rendimiento de los sistemas satelitales.



**David Argilés** (Val Space Consortium – VSC)

### **Revisión métodos de medida de permitividad y permeabilidad. Simulación de técnicas con ANSYS HFSS.**

Roberto Herraiz García ([roberto.herraiz@uv.es](mailto:roberto.herraiz@uv.es))

**Resumen:** Este trabajo ofrece una revisión de diversos métodos de medición de la permitividad eléctrica y permeabilidad magnética, dos parámetros fundamentales en el análisis de materiales electromagnéticos. La investigación aborda tanto técnicas convencionales como innovadoras comúnmente empleadas en los campos de ingeniería eléctrica y ciencias de los materiales, con el objetivo de caracterizar con precisión estas propiedades clave. Mediante la herramienta Ansys HFSS, se facilita la creación de modelos digitales altamente precisos. Estos modelos se utilizan para llevar a cabo pruebas en nuevas sondas de medida, así como para evaluar la eficacia de diversos algoritmos de extracción de parámetros. Mediante Ansys HFSS se realizan diferentes medidas en el dominio temporal y se evalúan los diferentes cambios en la impedancia característica de la línea y el tiempo de propagación al introducir los materiales a caracterizar, después, con sencillos cálculos es posible extraer la permitividad y la permeabilidad del material.

### **Caracterización electromagnética de materiales aeroespaciales a baja temperatura.**

Borja Plaza Gallardo ([plazagb@inta.es](mailto:plazagb@inta.es)), Pablo Zamorano Fernández, David Ramos Somolinos, David Poyatos Martínez

**Resumen:** La industria aeroespacial ha experimentado avances significativos gracias a la innovación y la investigación en cada uno de sus campos. En las últimas décadas, se han observado tendencias que han contribuido enormemente al desarrollo de una industria espacial más avanzada y sostenible. Una de las tendencias más relevantes es la sustitución de materiales metálicos por materiales compuestos y materiales de impresión 3D en las plataformas aeroespaciales. Esta transición se debe a la óptima relación entre resistencia y peso que ofrecen estos materiales, superando a las alternativas metálicas. Este cambio implica una constante investigación para mejorar las propiedades de estos materiales y diseñar nuevos compuestos con características superiores. Sin embargo, antes de implementar un nuevo material en una plataforma aeroespacial, es crucial realizar un estudio exhaustivo de todas sus propiedades y características. Este proceso, conocido como caracterización, es fundamental para evaluar el comportamiento futuro del material en diversas condiciones. Además de la aparición de estos nuevos materiales, hay que tener en cuenta que algunas plataformas espaciales experimentan gradientes de temperatura muy elevados que pueden llegar a modificar el comportamiento de los materiales. Un ejemplo de ello son los satélites, que presentan superficies expuestas al Sol y al vacío espacial, con temperaturas extremadamente bajas. Por tanto, las características especiales de estos materiales, su uso a temperaturas extremas (llegando a temperaturas criogénicas) y la constante innovación en este sector hacen necesario investigar en métodos de caracterización electromagnética (EM) más flexibles y adaptables a las particularidades de esos nuevos materiales y estructuras y a su entorno. El INTA, en el marco del proyecto eSAFE (PID2019-106120RB-C32) y del proyecto ATHENA2020 (PID2020-115325GB-C31), financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), trabaja en la caracterización electromagnética de materiales. En concreto, el Laboratorio de Electromagnetismo Computacional y Aplicado (CAEM-Lab) del INTA cuenta con diferentes sistemas de medida para caracterización electromagnética, adaptados cada uno de ellos a las necesidades de cada

material, frecuencia y aplicación. Teniendo en cuenta todo lo anterior, el objetivo de esta comunicación es la descripción de un nuevo sistema de caracterización diseñado para evaluar electromagnéticamente materiales a baja y alta temperatura y, de esta manera, satisfacer la necesidad existente en la industria aeroespacial en relación con este desafío.

### **Efecto de la saturación de los materiales magnéticos en el filtrado de interferencias.**

Carolina Morales Blanco ([moralesbc@inta.es](mailto:moralesbc@inta.es))

**Resumen:** En electrónica, el uso de bobinados con núcleos de ferrita está cada vez más extendido para filtrar y proteger equipos electrónicos frente a interferencias electromagnéticas (EMI). Por ello, es de gran importancia el conocimiento de las prestaciones de dichos núcleos. Su uso frente a niveles elevados de tensión puede hacer que su comportamiento se aleje del régimen lineal a uno no lineal, conociéndose también como estado de saturación en materiales magnéticos. En estas condiciones, se modifican las características que se esperan de los bobinados destinados a la filtración de interferencias, eso es, impedir el paso de señales interferentes al interior de los equipos electrónicos, ofreciendo alta impedancia en las líneas de alimentación y señal. En esta ponencia, se presentarán los resultados obtenidos en el estudio de este fenómeno. Se demostrará inyectando pulsos de alta energía de diferente amplitud a una bobina, hasta observar comportamientos no lineales que se podrían identificar con la saturación de los materiales magnéticos. Este estudio abre la puerta a futuras líneas de investigación sobre el comportamiento de materiales magnéticos frente a la inyección de altas energías.

## Sesión 2 – Moderador: Manuel Añón

---

### **Caracterización electromagnética de urnas de protección planetaria en cámara anecoica biestática para ensayos EMC.**

María Jiménez Lorenzo ([jimenezlm@inta.es](mailto:jimenezlm@inta.es)), Borja Plaza Gallardo, David Ramos Somolinos, David Poyatos Martínez, María Moragrega Langton

**Resumen:** Dentro del marco del proyecto eSAFE (PID2019-106120RB-C32), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), se incluye la investigación en el diseño y caracterización de urnas de protección ambiental para ensayos de Compatibilidad Electromagnética (EMC). Al inicio del proyecto se caracterizaron diferentes materiales dieléctricos y se fabricaron varias urnas de protección, las cuales fueron caracterizadas electromagnéticamente en una cámara semianecoica utilizando la configuración de ensayo de emisiones radiadas de campo eléctrico especificada por los estándares aplicables al sector espacial. Los resultados obtenidos de estas medidas mostraban que, a pesar de haber elegido materiales que durante la fase de caracterización electromagnética habían dado como resultado bajos valores de permitividad relativa y, por tanto, son transparentes a la radiofrecuencia, las urnas fabricadas y caracterizadas no tenían el mismo comportamiento, principalmente a frecuencias superiores a 1 GHz y de forma más acusada en polarización horizontal. Los valores obtenidos para la función de transferencia, definida como la diferencia entre el nivel de señal recibido sin la presencia de la urna y el nivel de señal recibido con la urna, se desviaban del valor ideal (0 dB) en varios rangos de frecuencia. La principal conclusión extraída de este estudio fue que estas variaciones son debidas a los planos de tierra, tanto de la mesa de ensayo, como el

propio suelo de la cámara, presentes en dicha configuración de ensayo. Para poder avanzar en el estudio de los materiales seleccionados y en nuevos materiales con los que fabricar las urnas de protección, se ha realizado un estudio detallado de su comportamiento electromagnético en la cámara anecoica biestática "BIANCHA" del Área de Radiofrecuencia del INTA. El ambiente anecoico que ofrece la cámara con la ausencia de planos de tierra y la posibilidad de realizar medidas de respuesta en frecuencia en una semiesfera gracias a la polivalencia de mover las antenas transmisora y receptora, proporcionan la posibilidad de obtener resultados más precisos y detallados acerca del comportamiento electromagnético de estas estructuras, para una mejor valoración de su utilización en los ensayos de EMC de los equipos y sistemas espaciales. En esta comunicación, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización electromagnética de diferentes urnas fabricadas con diferentes materiales y tamaños, así como las conclusiones hasta la fecha y trabajos futuros en esta línea de investigación.

### **Soluciones para EMC y apantallamiento con Componentes Electromecánicos.**

Raúl Rodríguez Canales ([raul.rodriguez@we-online.com](mailto:raul.rodriguez@we-online.com))

**Resumen:** Se presenta una variedad de soluciones avanzadas para el control de compatibilidad electromagnética (EMC) y apantallamiento utilizando componentes electromecánicos. Se destacan las soluciones de conexión a tierra que emplean separadores de montaje en superficie (SMD), esenciales para minimizar las interferencias electromagnéticas y garantizar un rendimiento óptimo de los circuitos electrónicos. Además, se exploran diversas técnicas y productos de apantallamiento diseñados para la transferencia eficiente de señales de datos o de alta frecuencia a través de conectores. Estas soluciones son cruciales para mantener la integridad de la señal y proteger los sistemas electrónicos sensibles de las interferencias externas, asegurando así la fiabilidad y la eficiencia en aplicaciones de alta exigencia.

### **Apantallamiento y filtrado para proteger la confidencialidad (TEMPEST).**

Arturo Mediano Heredia ([amediano@unizar.es](mailto:amediano@unizar.es))

**Resumen:** Puede definirse el diseño atendiendo a EMI/EMC como el arte de controlar la energía electromagnética en un equipo electrónico para evitar afectar a otros equipos situados en el entorno del primero. Ese mismo control de la energía electromagnética puede ser necesario para evitar problemas sobre la salud de las personas (EMF) o sobre la confidencialidad de la información (TEMPEST). En esta presentación se hará una descripción de cómo se produce este último fenómeno y cómo lo podemos evitar con ejemplos de nuestro trabajo de investigación en este campo donde el filtrado de cableados y el apantallamiento de envolventes y recintos toma un papel fundamental. Dada la importancia que la confidencialidad de la información está tomando en nuestra sociedad, conocer el problema y sus posibles soluciones de gran importancia para sectores como el militar, el bancario, el de la salud o incluso el particular.

## Sesión 3 – Patrocinadores I. Moderador: Antonio Alcarria

---

Filtros en aplicaciones con y sin tierra - **Würth Elektronik**



Revisión de la norma ISO 11452-9 2ª Edición  
(Portable transmitters) - **Rohde & Schwarz**



Ensayo de Emisiones Radiadas de Campo Magnético  
para Equipos de Iluminación - **IMQ Iberica**



## Sesión 4 – Patrocinadores II. Moderador: José Torres

---

Ripple Immunity testing in EV HV subassemblies –  
**Álava Ingenieros**



TRITON Class. Bienvenidos a la nueva generación de  
cámaras para EMC – **Inycom**



¿Qué instrumentos necesito para mi test EMC? De los  
escáneres de campo cercano al trabajo en cámara – **Datatec**



Three-Phase Conducted Emissions Measurements  
and Optimal Power Line Filter Design - **Wavecontrol**



## Sesión 5 – Moderador: María Jiménez

---

**Diseño y fabricación de una antena LPD entre 100 MHz y 6000MHz para ensayos de emisión radiada en una cámara reverberante.**

Manuel Añón Cancela ([agnoncm@inta.es](mailto:agnoncm@inta.es))

**Resumen:** De forma opcional, la Sección 21 de la norma RTCA/DO-160G (EUROCAE ED-14G), contempla la posibilidad de medir la emisión radiada de los equipos de aviónica en una cámara reverberante (ver apartado 21.6 de la norma). El rango de frecuencias que cubre la Sección 21 para los ensayos de emisión radiada, va desde los 100 MHz hasta los 6 GHz y la norma no especifica que tipo de antenas se tienen que usar, por lo que normalmente se utiliza una antena LPD entre 100 y 1000 MHz y una antena bocina de banda ancha entre 1 y 6 GHz. En el INTA se ha desarrollado una antena LPD específica que cubre en un único rango entre 100 MHz y 6 GHz, para la realización de los ensayos arriba mencionados en la cámara reverberante de la que se dispone, de esta forma se puede realizar el ensayo con un único barrido en frecuencia sin tener que cambiar la configuración en 1 GHz. En la presentación, se discutirán los criterios de

diseño, se comentarán los problemas de fabricación, los resultados de las medidas de emisión radiada realizadas con esta antena en la cámara reverberante y por último, las ventajas y los inconvenientes. De forma adicional, aunque sólo se necesitan dos antenas para la realización de este ensayo, se comentará que en total se han fabricado tres unidades iguales de tal forma que se puedan obtener sus factores (expresados en dB1/m) mediante el método las tres antenas deducido de la norma ARP-958E, pudiendo así ser usadas también en un ensayo clásico de emisión radiada en una cámara semianecoica convencional (ver el apartado 21.5 de la norma arriba mencionada). Por último, se comentarán posibles alternativas de uso para esta antena, como por ejemplo los ensayos de medida de apantallamiento de cables, conectores y elementos pasivos de RF de acuerdo con la norma UNE-EN IEC 61726:2022.

### **Modelado 3-D de choques de modo común e inductores con diferentes tipos de núcleos magnéticos.**

Rafael Suárez ([resuarez@ikerlan.es](mailto:resuarez@ikerlan.es))

**Resumen:** En esta comunicación se exponen de forma resumida los contenidos presentados en el congreso de EMC+SIPi celebrado en Michigan y del congreso EMC Europe celebrado en Cracovia. Los artículos tratan sobre la caracterización y el modelado de núcleos magnéticos toroidales tanto de ferritas de MnZn y NiZn como de material nanocristalino. Estos núcleos son muy utilizados en EMC y la idea es poder preveer con la ayuda de la simulación 3-D la influencia de los parásitos del entorno en estructuras más complejas como por ejemplo en filtros EMI.

### **Conectores Coaxiales y Líneas de Transmisión. Problemas de Radiación.**

Carles Virgili Escoda ([carles.virgili@we-online.com](mailto:carles.virgili@we-online.com))

**Resumen:** Esta ponencia aborda las consideraciones clave en el diseño de placas de circuito impreso (PCB) que incorporan conectores coaxiales, con el objetivo de evitar pérdidas de señal y radiaciones indeseadas. Se discuten las mejores prácticas para la colocación y el enrutamiento de líneas de transmisión coaxiales en PCB, incluyendo el control de impedancia, la minimización de desajustes y la implementación de técnicas de apantallamiento efectivas. Además, se examinan los problemas comunes de radiación electromagnética que pueden surgir y cómo mitigarlos mediante un diseño cuidadoso y el uso de materiales adecuados. La correcta integración de conectores coaxiales es fundamental para mantener la integridad de la señal y reducir las interferencias electromagnéticas, asegurando así un rendimiento óptimo de los sistemas electrónicos.

## Sesión 6 – Mesa Redonda. Moderador: Juan Miguel del Pino

---

**Juan José Sorlí** - Responsable de División

Cargadores de Vehículos Eléctricos



**Alan Barry** - Analog IC Design Engineer



**Javier Jiménez** - Director de Ingeniería y colíder

del Site de MaxLinear Hispania



**Alejandro Torres** - Lead Hardware Design Engineer



**Andrés Martínez** - Validation Manager at MAHLE Electronics



**Jorge Martínez** - Electromagnetic Compatibility  
Responsable



**Ernesto Sornosa** - Responsable de Desarrollo

Electrónico HW en I+D+i



### **Inmunidad y control de fenómenos de radiofrecuencia conducida en el sistema de alimentación híbrido del detector de píxeles del experimento CMS.**

Alvaro Pradas Luengo ([apradas@itainnova.es](mailto:apradas@itainnova.es))

**Resumen:** En esta ponencia se va a presentar el análisis de la susceptibilidad al ruido conducido del próximo detector de píxeles de CMS. El propósito de estos análisis es identificar, evaluar y mejorar los componentes que tienen un mayor impacto en esta susceptibilidad, con el fin de garantizar que las potenciales interferencias en el sistema no comprometan su rendimiento. El futuro detector va a utilizar un novedoso sistema de alimentación híbrido (serie-paralelo), y es la primera vez que se caracteriza la susceptibilidad de un detector de este tipo.

### **Aplicaciones de los métodos FDTD Estocásticos (S-FDTD) en EMC.**

Miguel Ruiz Cabello ([mcabello@ugr.es](mailto:mcabello@ugr.es))

**Resumen:** Se va a presentar, una extensión del método Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo Estocásticas (S-FDTD), para analizar incertidumbres en estructuras de paneles delgados. Los métodos S-FDTD es un método numérico que permite predecir la desviación estándar y la función de densidad de probabilidad (PDF) de magnitudes electromagnéticas (campos y corrientes), asumiendo que se conocen sus incertidumbres en parámetros geométricos y materiales. Las técnicas S-FDTD se emplean en el método (subgridding boundary conditions) SGBC basado en técnicas sub-celda ampliamente probadas. Este método emplea un esquema híbrido implícito-explicito (HIE) en una formulación Crank-Nicolson (CN) incondicional estable (CN-SGBC), asegurando que no introduce limitaciones adicionales al criterio de estabilidad estándar del método FDTD. Estas técnicas se aplicarán en escenarios de EMC, en un caso de inyección directa de corriente en un modelo de fuselaje de aeronave.

### **A Systems-Thinking Approach to Analyze Electromagnetic Hazards.**

Miriam González Atienza ([miriam.gonzalezatienza@kuleuven.be](mailto:miriam.gonzalezatienza@kuleuven.be)), Dries Vanoost, Davy Pissort

**Resumen:** This work presents a methodology for hazard-and-risk analysis that integrates a systems-thinking approach. The main objective is to effectively address and mitigate risks related to Electromagnetic Interference (EMI) in complex systems. In contrast with the traditional hazard-and-risk analysis methodologies, the systems-thinking approach considers the system as a whole by evaluating the interactions, relationships, and interdependencies within a system rather than isolating its individual components. Based on the technique known as System-Theoretic Process Analysis (STPA), the methodology is expanded to incorporate EMI risks through a comprehensive analysis of the control structure of the system. The control structure captures functional relationships and interactions, modeling the system as a set of control and feedback loops. Subsequently, an assessment of the surrounding electromagnetic environment is conducted to detect potential unsafe control actions. This involves identifying sources of EMI in the operating environment of the target system. The last step involves identifying scenarios that could lead to these unsafe control actions and potential losses. EMI can lead to unsafe control actions when they affect the controller, the communication path between the controller and the controlled process, or the receiver. As a result, this analysis identifies loss scenarios caused by



EMI. The methodology presented in this study includes a traceability property, which is visually represented through a directed acyclic graph. This tool allows a complete understanding of the system's hazards, their consequences, and the factors contributing to system losses. Moreover, by utilizing the traceability property of STPA, this methodology becomes a valuable tool for prioritizing EMI scenarios. Leveraging this traceability allows stakeholders to systematically track the impacts of identified scenarios throughout the system. By using this approach, the proposed methodology enhances our comprehension of the risks associated with EMI and their consequences. This, in turn, facilitates more informed decision-making and contributes to improving overall system safety.

## Sesión 8 – Moderador: Marcos Quílez

---

### **Simulación de Chokes de modo común a nivel de sistema mediante FDTD y HFSS.**

Luis Manuel Díaz Angulo ([LMDiazAngulo@ugr.es](mailto:LMDiazAngulo@ugr.es)), A. Gascón, A. M. Manterola, K. Tekbas, R. Moreno, M. Tijero, M. Añón, S. G. García

**Resumen:** Los núcleos de ferrita en modo común (CM) son componentes esenciales en la compatibilidad electromagnética (EMC) para reducir interferencias electromagnéticas (EMI). En el diseño de sistemas que los incorporan, se usan herramientas de simulación para predecir su comportamiento y realizar correcciones. La simulación implica modelar los núcleos como componentes y luego integrarlos en simulaciones tridimensionales en el dominio del tiempo o de la frecuencia. Este trabajo describe cómo incorporar los núcleos de ferrita CM en simulaciones a nivel de sistema y compara los resultados experimentales con las simulaciones.

### **Reducción de Capacidades Parásitas en Inductores y Chokes de Modo Común.**

Pablo Ruiz Morales ([pruiz4@us.es](mailto:pruiz4@us.es)), Álvaro Ojeda, Joaquín Bernal, María Ángeles Martín

**Resumen:** En este trabajo, se realiza un análisis experimental con objeto de investigar el impacto que la permitividad del material del núcleo y la configuración del bobinado tienen en la capacidad parásita de inductores y chokes de modo común (CMCs), un efecto que merma el rendimiento de estos componentes cuando se utilizan con fines de supresión de emisiones electromagnéticas. Para llevar a cabo este estudio, se construyeron, midieron y compararon inductores y CMCs con núcleos de ferrita de NiZn y de MnZn, cuyas permitividades relativas van desde 10 - 100 para NiZn hasta  $10^5$  -  $10^6$  para MnZn. Respecto a los bobinados, se ha variado la distancia entre vueltas para evaluar cómo afecta este parámetro a la distribución del campo eléctrico y, en consecuencia, en la capacidad parásita total. Además, se presentan modelos de circuito de alta frecuencia, en conjunto con una sencilla técnica de caracterización, con el fin de obtener circuitos equivalentes que representen adecuadamente el comportamiento de estos elementos inductivos. Este método permite cuantificar de manera precisa el impacto de las diversas elecciones de núcleo y estrategias de bobinado en la atenuación mostrada por los inductores, así como identificar los principales mecanismos de acoplo responsables de la pérdida de rendimiento. Las caracterizaciones realizadas reproducen el coeficiente de transmisión de las muestras analizadas de forma satisfactoria en el rango de frecuencias de hasta al menos 30 MHz. Los resultados obtenidos en este estudio tienen implicaciones significativas en el diseño y optimización de inductores para aplicaciones de EMC. En particular, se ha demostrado que es

posible reducir la capacidad parásita en elementos inductivos con bobinados monocapa sobre núcleo de tipo “ring-core” mediante la implementación de estrategias de bobinado específicas para los núcleos de NiZn y MnZn, destacando la importancia de considerar las propiedades de eléctricas de los materiales de ferrita del núcleo para garantizar un rendimiento óptimo del componente en aplicaciones de alta frecuencia.”

### **Modelado y caracterización de inductores de modo común para sistemas trifásicos.**

Álvaro Ojeda Rodríguez ([aorodriguez@us.es](mailto:aorodriguez@us.es))

**Resumen:** Aunque los inductores de modo común (CMCs) para sistemas monofásicos han sido ampliamente estudiados y analizados, hay comparativamente mucha menos información sobre cómo caracterizar inductores de modo común para sistemas trifásicos. A menudo los modelos son simplistas, despreciando efectos parásitos como las capacidades EPC o la atenuación del inductor a corrientes diferenciales; y en otros casos los modelos son completamente comportamentales, sin precisar relación con el fenómeno físico. En el otro extremo, se encuentran los modelos físicos que requieren análisis tridimensionales significativamente costosos desde el punto de vista computacional. Nosotros proponemos un modelo circuital de alta frecuencia de elementos localizados para inductores de modo común de tres hilos (3W-CMC) y de cuatro hilos (4W-CMC), lo que no resulta una extensión directa del modelo para inductores de modo común de dos hilos (2W-CMC). En este modelo, los parámetros están agrupados de manera que cada uno de ellos interviene exclusivamente en la respuesta a uno de los modos naturales del CMC. Esto facilita la caracterización, es decir, la búsqueda de los valores concretos que permite ajustar la respuesta del modelo a la respuesta real de un CMC en particular; así como el efecto que cada parámetro tiene en el comportamiento del CMC. Otra cuestión que se analiza es cómo afecta el CMC de tres hilos y cuatro hilos a las emisiones conducidas. Pensando en la descomposición entre CM y DM que se aplica a emisiones conducidas de sistemas de 2 conductores + tierra (monofásicos), se propone una descomposición en modos ortogonales de las emisiones conducidas para sistemas trifásicos de tres hilos y cuatro hilos definida convenientemente desde el punto de vista de EMC. Esto permite estudiar la influencia de la inserción de un CMC en una línea trifásica, así como predecir la posible conversión entre diferentes modos por efecto del CMC.

### **Medida de corriente en el fuselaje de aeronaves utilizando sondas de Rogowski con salida óptica.**

Marcos Quílez Figuerola ([marcos.quilez@upc.edu](mailto:marcos.quilez@upc.edu))

**Resumen:** Conocer la distribución de corrientes producidas por descargas atmosféricas en las superficies de una aeronave es un tema de interés desde el punto de vista de la compatibilidad electromagnética (EMC). Las discontinuidades y uniones metálicas presentes en el fuselaje pueden provocar una distribución muy distinta a la que cabría esperar en una superficie continua y uniforme. La estimación de las corrientes es todavía más compleja en el caso de estructuras formadas por la unión de superficies de materiales compuestos unidas por remaches metálicos. En trabajos anteriores se proponía la utilización de sensores basados en sondas de Rogowski para medir la corriente a través de remaches metálicos. En este, se presenta una realización de dichos sensores que incorpora un transmisor óptico para transmitir el valor de la corriente medida. De esta manera se evitan los inconvenientes derivados de la presencia de cables conductores de señal en el escenario de medida.

### **Estudio de las interferencias EMC conducidas y su influencia en las comunicaciones PLC debido a la electrónica de potencia (Resultados del proyecto CELINE).**

Jose Vicente Rocamonde ([josevicente.rocamonde@ite.es](mailto:josevicente.rocamonde@ite.es))

**Resumen:** La incorporación de sistemas electrónicos de potencia en las redes de baja tensión, como es el caso de los inversores fotovoltaicos, almacenamiento o estaciones de recarga de vehículo eléctrico, requiere un estudio del impacto que generan estos nuevos elementos en las redes y las tecnologías que operan en conjunción con las mismas. Un ejemplo son las comunicaciones PLC sobre las que trabajan los contadores inteligentes, que en el caso de la red española operan bajo diferentes tecnologías, como es el caso de la PRIME. Esta presentaba una primera versión, PRIME 1.3.6, la cual alcanzaba un ancho de banda para la transmisión de datos de 150 kHz, pero la necesidad del aumento de velocidad de transmisión debido al volumen de los datos ha generado la nueva versión PRIME 1.4, que persigue ampliar hasta los 500 kHz. Bajo este contexto en las redes, el proyecto CELINE estudió el impacto de los sistemas electrónicos de potencia en las comunicaciones PRIME 1.4 con el nuevo ancho de banda. Para ello ITE cuenta con el laboratorio de GAMMA, el cual se compone de sistemas fotovoltaicos, almacenamiento y estaciones de recarga, con capacidad de operar en isla, permitiendo estudiar estas interferencias bajo la combinación de distintos sistemas electrónicos generando escenarios de estudio. Con todo ello, en los resultados del proyecto CELINE se aprecia como estos sistemas pueden ser potenciales generadores de interferencias para las comunicaciones PRIME en las redes de baja tensión a medida que aumente el número de unidades, lo cual plantea la necesidad de replantear la respuesta necesaria de los filtros conectados a estos sistemas para combatir estas interferencias y fomentar así su implantación en la red sin resultar en un perjuicio para esta infraestructura.

### **Accelerating FDTD Calculations using Voxels-In-Cell Method.**

Kenan Tekbas ([kenan.tekbas@ugr.es](mailto:kenan.tekbas@ugr.es)), Jean-Pierre Bérenger, Luis D. Angulo, Miguel Ruiz Cabello, Salvador G. García

**Resumen:** In recent years, considerable research has been conducted into overcoming the computational burden of the Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method. Its computational efficiency is boosted by hardware-based approaches involving the parallelization of the FDTD algorithm by using multi-core Central Processing Units (CPUs) in distributed or shared memory architectures or Graphical Processing Units (GPUs). Although this approach enables users to perform the computation of problems at high speed without sacrificing accuracy, it requires additional hardware costs and large clusters or supercomputers to perform the computations. Software-based approaches can alleviate these requirements by modifying the numerical techniques. Numerous subcell, subgridding and hybrid models have been introduced for a variety of applications. In general, these models tackled very specific problems and materials, mostly good conductive materials. At the conference, we will present a new method, called Voxels-In-Cell (VIC), for the applications where the objects under study are given as sets of voxels, as usually in bio-electromagnetics. The method preserves most of the accuracy while it permits a reduction of CPU time by a factor of 10, not only with dielectric objects but also with Debye objects.

Patrocinadores



**WAVECONTROL**



## Programa

HORARIO	MARTES 21 NOVIEMBRE	
8:30H	REGISTRO	
9:00H	SESIÓN DE BIENVENIDA	
9:30H - 10:00H	PONENCIA INVITADA	
9:30H - 9:50H	<i>EMC noise sources consideration from a power supply - Würth Elektronik</i>	Lorandt Foelkel
10:00H - 11:00H	SESIÓN 1 - MODERA: Salvador González	
10:00H - 10:20H	<i>Revisión métodos de medida de permitividad y permeabilidad. Simulación de técnicas con Ansys HFSS</i>	Roberto Herráiz
10:20H - 10:40H	<i>Caracterización electromagnética de materiales aeroespaciales a baja temperatura</i>	Borja Plaza
10:40H - 11:00H	<i>Efecto de la saturación de los materiales magnéticos en el filtrado de interferencias</i>	Carolina Morales
11:15H - 12:00H	CAFÉ - STANDS PATROCINADORES	
12:00H - 13:00H	SESIÓN 2 - MODERA: Manuel Añón	
12:00H - 12:20H	<i>Caracterización electromagnética de urnas de protección planetaria en cámara anecoica biestática para ensayos de EMC</i>	María Jiménez
12:20H - 12:40H	<i>Soluciones para EMC y apantallamiento con Componentes Electromecánicos</i>	Raúl Rodríguez
12:40H - 13:00H	<i>Apantallamiento y filtrado para proteger la confidencialidad (TEMPEST)</i>	Arturo Mediano
13:15H - 15:00H	COMIDA	
15:00H - 16:00H	SESIÓN 3 - PATROCINADORES I - MODERA: Antonio Alcarria	
15:00H - 15:20H	<i>Filtros en aplicaciones con y sin tierra - Würth Elektronik</i>	Genís Caminal
15:20H - 15:40H	<i>Revisión de la norma ISO 11452-9 2ª Edición (Portable transmitters) - Rohde &amp; Schwarz</i>	Rafael Camarero
15:40H - 16:00H	<i>Ensayo de Emisiones Radiadas de Campo Magnético para Equipos de Iluminación - IMQ Iberica</i>	Alberto Sánchez
16:00H - 16:30H	CAFÉ - STANDS PATROCINADORES	
16:30H - 18:00H	SESIÓN 4 - PATROCINADORES II - MODERA: José Torres	
16:30H - 16:50H	<i>Ripple Immunity testing in EV HV subassemblies - Álava Ingenieros</i>	Maxi Herrera
16:50H - 17:10H	<i>TRITON Class. Bienvenidos a la nueva generación de cámaras para EMC - Inycom</i>	Jorge Pérez
17:10H - 17:30H	<i>¿Qué instrumentos necesito para mi test EMC? De los escáneres de campo cercano al trabajo en cámara - Datatec</i>	Daniel Puentes
17:30H - 17:50H	<i>Three-Phase Conducted Emissions Measurements and Optimal Power Line Filter Design - Wavecontrol</i>	Marco Bosi
18:00H - 19:00H	COCKTAIL - PATROCINADO WAVECONTROL	

MIÉRCOLES 22 NOVIEMBRE



SESIÓN 5 - MODERA: María Jiménez

*Diseño y fabricación de una antena LPD entre 100 MHz y 6000 MHz para ensayos de emisión radiada en una cámara reverberante*

*Manuel Añón*

*Modelado 3-D de choques de modo común e inductores con diferentes tipos de núcleos magnéticos*

*Rafael Suárez*

*Conectores Coaxiales y Líneas de Transmisión. Problemas de Radiación*

*Carles Virgili*

CAFÉ - STANDS PATROCINADORES

SESIÓN 6 - MODERA: Juan Miguel Del Pino

MESA REDONDA - EMC EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA



AUTOBÚS COMIDA 13:30 HORAS

COMIDA GALA 14:00 HORAS

*La Marcelina*

DEGANO DE LOS RESTAURANTES VALENCIANOS


<https://lamarcelina.com>

<https://maps.app.goo.gl/iKKc91W2tQxSLLWq8>

AUTOBÚS COMIDA 16:30 HORAS

VISITA INSTITUTO FÍSICA CORPUSCULAR 17:00 HORAS



JUEVES 23 NOVIEMBRE	
<b>PONENCIA INVITADA</b>	
<i>Los efectos de alta potencia en radiofrecuencia en las comunicaciones por satélite - ValSpace</i>	David Argilés
<b>SESIÓN 7 - MODERA: Luis Nuño</b>	
<i>Inmunidad y control de fenómenos de radiofrecuencia conducida en el sistema de alimentación híbrido del detector de píxeles del experimento CMS</i>	Álvaro Pradas
<i>Aplicaciones de los métodos FDTD Estocásticos (S-FDTD) en EMC</i>	Salvador González
<i>A Systems-Thinking Approach to analyse Electromagnetic Hazards</i>	Miriam González
<b>CAFÉ - STANDS PATROCINADORES</b>	
<b>SESIÓN 8 - MODERA: Fernando Arteché</b>	
<i>Simulación de Chokes de modo común a nivel de sistema mediante FDTD y HFSS</i>	Luis Manuel Díaz
<i>Reducción de Capacidades Parásitas en Inductores y Chokes de Modo Común</i>	Pablo Ruiz
<i>Modelado y caracterización de inductores de modo común para sistemas trifásicos</i>	Álvaro Ojeda
<b>COMIDA</b>	
<b>SESIÓN 9 - MODERA: Marcos Quiles</b>	
<i>Medida de corriente en el fuselaje de aeronaves utilizando sondas de Rogowski con salida óptica</i>	Marcos Quílez
<i>Estudio de las interferencias EMC conducidas y su influencia en las comunicaciones PLC debido a la electrónica de potencia (Resultados del proyecto CELINE)</i>	Jose Vicente Rocamonde
<i>Accelerating FDTD using Voxels-In-Cell Method: applicability to EMC scenarios</i>	Kenan Tekbas
<b>SESIÓN DE CLAUSURA</b>	
<b>CAFÉ - STANDS PATROCINADORES</b>	
	







VI JORNADAS ESPAÑOLAS  
DE COMPATIBILIDAD  
ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

## **VI Jornadas Españolas de Compatibilidad Electromagnética**

Como evento de referencia en España, las Jornadas Españolas de EMC reúnen a expertos, profesionales e investigadores de todo el país para compartir sus últimos avances y promover el intercambio de ideas.

Las Jornadas Españolas en EMC tienen como objetivo favorecer el intercambio de conocimiento sobre Compatibilidad Electromagnética (EMC) entre los diferentes agentes de I+D en España y fomentar la transferencia de tecnología entre empresas y universidades/centros tecnológicos sobre los nuevos desarrollos relacionados con esta temática.

En este libro de resúmenes se recogen las aportaciones de las más de 15 ponencias distribuidas en 9 sesiones.

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE-UV)  
Universitat de València*