Boletín DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA

DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL
ARMAMENTO Y MATERIAL

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
Boletín de Observación Tecnológica en Defensa n.º 62 • 3.er trimestre de 2019

Desarrollo de un vehículo militar de transporte operativo propulsado por un sistema de tracción eléctrico con extensión de autonomía

Trayectografía, física aplicada al estudio del vuelo de los proyectiles

Aplicaciones de los nanocomposites basados en el grafeno como recubrimientos antirradar

Edita:

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL

NIPO en línea: 083-15-183-4
NIPO impresión bajo demanda: 083-15-182-9
ISSN edición electrónica: 2444-4839

Autor: Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDGPLATIN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM). C/ Arturo Soria 289, 28033 Madrid; teléfonos: 91 395 46 18 (Dirección), 91 395 46 01 (Redacción); **observatecno@oc.mde.es**.

Director: TCol. Juan Manuel González del Campo Martínez.

Consejo Editorial: Óscar Jiménez Mateo, José Agrelo Llaverol, Cte. Carlos Calderón. Bgda. José María Martínez Benéitez, Ángel Nicolás Bellido Vivas.

Asistencia Técnica de apoyo a la Redacción: Nodo Gestor: David García Dolla, Rosalía Vindel Román; Observatorio de Armamento (OT ARM): Óscar Rubio Gutiérrez; Observatorio de Electrónica (OT ELEC): Yolanda Benzi Rabazas; Observatorio de Energía y Propulsión (OT ENEP): Héctor Criado de Pastors; Observatorio de Materiales (OT MAT): Luis Miguel Requejo Morcillo; Observatorio de Defensa Nuclear, Biológica, Química y Radiológica (OT NBQR): Nuria Aboitiz Cantalapiedra; Observatorio de Óptica, Optrónica y Nanotecnología (OT OPTR): Pedro Carda Barrio; Observatorio de Plataformas Aéreas (OT PAER): Guillermo Carrera López; Observatorio de Plataformas Navales (OT PNAV): Cristina Mateos Fernández de Betoño, Jaime de la Parra Díaz; Observatorio de Plataformas Terrestres (OT PTER): Pablo Monasterio Albuerne; Observatorio de Satélites y Espacio (OT SATE): Ana Belén Lopezosa Ríos; Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación (OT TICS): Bernardo Martínez Reif, Isabel Iglesias Pallín.

Portada: VAMTAC híbrido en acción (Fuente: SOPT).

El Boletín de Observación Tecnológica en Defensa es una publicación trimestral en formato electrónico del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica orientado a divulgar y dar a conocer iniciativas, proyectos y tecnologías de interés en el ámbito de Defensa. El Boletín está abierto a cuantos deseen dar a conocer su trabajo técnico. Los artículos publicados representan el criterio personal de los autores, sin que el Boletín de Observación Tecnológica en Defensa comparta necesariamente las tesis y conceptos expuestos.

Colaboraciones y suscripciones:
observatecno@oc.mde.es

http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/Paginas/SOPT.aspx

SOPT

DGAM
Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación

CONTENIDOS

Actualidad

4 ¿Dónde hemos estado?

7 VII Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad

8 Congreso Nacional de Materiales Compuestos – MATCOMP19

9 Congreso del Espacio Madrid 2019

11 Jornada de Tecnologías Cuánticas

Tecnologías Emergentes

12 Aplicaciones de los *nanocomposites* basados en el grafeno como recubrimientos antirradar

En Profundidad

14 Desarrollo de un vehículo militar de transporte operativo propulsado por un sistema de tracción eléctrico con extensión de autonomía

17 Trayectografía, física aplicada al estudio del vuelo de los proyectiles

BARRERAS PARA EL DESARROLLO DE TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN A DEFENSA

Abordar una estrategia que permita avanzar desde la situación actual al futuro establecido en la visión de la política de I+D+i implica entender el estado inicial del que se parte e identificar los condicionantes internos y externos, así como las barreras y retos que habrá que ir superando para poder alcanzar ese punto final.

Cuando en este contexto nos referimos al término barrera o reto, no estamos haciendo referencia a desafíos tecnológicos impuestos por el grado de desarrollo de la tecnología frente a nuestro interés por utilizarla, sino a los aspectos organizativos, de financiación y de gestión que dificultan su logro.

Para abordar el avance tecnológico en defensa es necesario contar con la necesidad de las Fuerzas Armadas de disponer de medios tecnológicamente más avanzados, con un conjunto de tecnologías con potencial para introducir esas mejoras y con una base tecnológica e industrial nacional capaz de lograrlo. Pero es igualmente importante disponer de la financiación necesaria para lanzar los proyectos, de un conjunto de instrumentos adecuados para cada etapa de madurez del desarrollo tecnológico, o de mecanismos de coordinación y colaboración ágiles y flexibles entre todas las partes implicadas para dar entrada a las entidades nacionales más capacitadas.

De cara a los próximos años se plantean escenarios con ritmos de avance tecnológico muy desigual. Por un lado, existen algunas tecnologías todavía emergentes que prometen cambiar radicalmente múltiples ámbitos, incluida la defensa, lo que hace recomendable prepararse. En otros casos, la disponibilidad comercial de tecnología de bajo coste ofrece nuevas posibilidades operativas a través de su uso innovador en defensa, pero a su vez facilita su utilización con fines terroristas, lo que obliga al desarrollo rápido de nuevas contramedidas. Hay casos también en los que la tecnología civil, con pequeñas adaptaciones, podrá ser aprovechada en defensa, siendo necesario experimentar con ella. Y no hay que olvidar la necesidad de seguir llevando a cabo grandes programas de desarrollo de plataformas terrestres, navales o aeroespaciales que incorporan avances tecnológicos de muy elevada complejidad y que exigen enormes inversiones y plazos de desarrollo muy extensos.

La idea de fondo es que no existe un enfoque único para promover la incorporación de tecnologías a aplicaciones de defensa, y que posiblemente los enfoques tradicionales de desarrollo de tecnología pueden no ser los más adecuados para abordar los distintos ritmos de avance actual de la tecnología. Y en muchos casos, no se trata solamente de un problema de instrumentos de desarrollo de tecnología, sino de disponer de las vías adecuadas para que el tejido tecnológico nacional conozca las necesidades y requisitos de nuevos sistemas, disponga de datos o medios materiales en servicio en las FAS para acometerlos o conozca las oportunidades existentes a nivel nacional o internacional para llevar a cabo I+D+i de aplicación a defensa.

En relación a los mecanismos de coordinación externa, el recientemente firmado Protocolo General de Actuación entre el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y la Agencia Estatal de Investigación (AEI), en apoyo y promoción de la tecnología y de la innovación en los ámbitos de defensa y seguridad, ofrece posibilidades en las que desde hace meses se trabaja que podrían suponer el necesario empuje nacional que complemente las importantes vías de avance que se están poniendo en marcha en torno al Plan de Acción Europeo de Defensa (EDAP).

Finalmente, hay mucho que avanzar también en la coordinación interna y la capacidad de gestión del MINISDEF, de forma que todas las partes implicadas, usuarios finales, gestores de la I+D+i y otras partes con responsabilidad técnica, actúen como verdaderos catalizadores del desarrollo tecnológico.

Todos estos aspectos están siendo analizados en el proceso de revisión de la ETID con vistas a articular formas mejoradas de promover el desarrollo tecnológico en defensa, en beneficio de las Fuerzas Armadas y del tejido tecnológico nacional.

Actualidad

¿Dónde hemos estado?

4 y 5 de junio de 2019

Imphocus

Durante los días 4 y 5 de junio tuvo lugar en Madrid la segunda edición del Imphocus 2019, el Congreso de Tecnologías Fotónicas, Imagen y Nanotecnología. Dicho congreso incluyó la exposición y demostraciones de sistemas del Grupo Álava, así como la celebración de conferencias científicas por parte de expertos en fotónica, imagen y nanotecnología, para todo tipo de aplicaciones, incluyendo seguridad y defensa.

3, 4 y 5 de julio de 2019

Congreso Nacional de Materiales Compuestos MATCOMP19

El Congreso Nacional de Materiales Compuestos, MATCOMP19, se celebró en Vigo y fue organizado por el Centro Tecnológico de Automoción de Galicia (CTAG), la Asociación Española de Materiales Compuestos AEMAC y la Universidad de Vigo. Se dividió en sesiones de ponencias, en las que se presentaron los trabajos de investigación llevados a cabo en los últimos dos años en el área de desarrollo de materiales compuestos a nivel nacional. Asistieron expertos en este ámbito, pertenecientes a centros de investigación, universidades y empresas nacionales.

3, 4 y 5 de julio de 2019

Optoel 2019

Los días 3, 4 y 5 de julio tuvo lugar en Zaragoza el Congreso Bianual de Optoelectrónica. La Sociedad Española de Óptica (SEDOPTICA) fue la organizadora del evento cuya finalidad ha sido constituir un foro de debate sobre los avances realizados y las nuevas tendencias en el campo de la fotónica, incluyendo todas sus áreas, además de fomentar la colaboración y cohesión de los distintos agentes tecnológicos, así como aportar visibilidad a la industria y grupos de investigación nacionales.

... entre otros eventos

¿Dónde hemos estado?

4, 5 y 6 de septiembre de 2019

XII Seminario Santander: «Los Satélites como un elemento clave para la Seguridad y la Defensa y las Aplicaciones gubernamentales»

Basándose en la aportación que las plataformas espaciales brindan a la hiperconectividad, AMETIC organizó del 4 al 6 de septiembre de 2019 la XII edición de este seminario, que tuvo lugar en la Universidad Europea del Atlántico de Santander, donde se congregaron directivos del colectivo espacial nacional y representantes del tejido espacial militar directamente implicados en la utilización y aplicaciones de las tecnologías espaciales de comunicaciones y observación.
Se hizo hincapié en algunos temas, centrándose principalmente en soluciones y prestaciones de distintos tipos de satélites (de comunicaciones, de observación, pequeños satélites), terminales en tierra, nuevas tecnologías y sus aplicaciones posibles (englobado dentro del concepto *New Space*) y la importancia de la vigilancia espacial para la defensa.

12 de septiembre de 2019

Jornada Tecnológica: Tecnologías Cuánticas

El pasado 12 de septiembre tuvo lugar en la Academia Central de la Defensa, en Madrid, la Jornada Tecnológica en Tecnologías Cuánticas, organizada por APTIE. En ella participaron como ponentes investigadores especializados en estas tecnologías, así como representantes de centros de investigación, empresas e instituciones, que dieron su visión del panorama actual y de las futuras actuaciones necesarias en este ámbito. Esta jornada también sirvió para poner en contacto a la diversidad de actores que están participando en el desarrollo y aplicación de estas tecnologías.

TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

18 de septiembre de 2019

Jornada-Taller sobre tecnologías de protección en la Academia de Ingenieros (ACING) de Hoyo de Manzanares

Entre las jornadas que se están desarrollando en el marco del objetivo «Fuerza 2035» ha tenido lugar la celebración del «Taller 6–Protección» sobre tecnologías de protección en las instalaciones de la Academia de Ingenieros (ACING), que fue organizada conjuntamente entre Ejército de Tierra y SDGPLATIN. En ella, representantes de las FFAA y las empresas intercambiaron información sobre necesidades militares y productos disponibles en el ámbito de la protección (física, activa, NBQ, engaño y ocultación, entre otras, para plataformas terrestres, aéreas y el combatiente), que contempla el concepto de «Brigada 2035».

… entre otros eventos

¿Dónde hemos estado?

1, 2 y 3 de octubre de 2019

4th C-IED *Technology Workshop*/4.ª Jornada Tecnológica C-IED

El Centro de Excelencia C-IED de Hoyo de Manzanares (Madrid) organizó, en cooperación con la OTAN, la 4.ª edición de las Jornadas Tecnológicas C-IED bajo la temática «soluciones adaptables a amenazas IED emergentes», que estuvo centrada en sistemas C-UAV, detección remota, explotación y mitigación. El objetivo fue reunir expertos del ámbito militar, cuerpos y fuerzas de seguridad, centros de investigación e industria para discutir sobre los retos que se presentan en la lucha C-IED, poner en común las últimas tecnologías en este campo y facilitar la comunicación entre los participantes para satisfacer las necesidades operacionales.

1, 2 y 3 de octubre de 2019

2.ª Edición del Foro Ejército-Empresas en el Museo del Ejército de Toledo

En base a las Jornadas-Taller que Ejército de Tierra y SDGPLATIN han venido realizando a lo largo del año, se ha organizado en Toledo la 2.ª Edición del Foro Ejército-Empresas (2E+i), dedicándose el primer día a la exposición de las necesidades identificadas por Ejército dentro del concepto «Fuerza 2035», así como de sus actividades de experimentación asociadas, y centrándose los dos días posteriores en los proyectos y avances realizados por las empresas en cada uno de los ámbitos tecnológicos contemplados.

9 de octubre de 2019

Demostración Proyecto ATHEMTO en las instalaciones del INTA - Campus «La Marañosa»

Se ha llevado a cabo la presentación del demostrador tecnológico obtenido como resultado de la ejecución del proyecto ATHEMTO, realizado en el marco de la convocatoria 2014 del Programa COINCIDENTE. El prototipo consiste en un vehículo VAMTAC al que se le ha dotado de un sistema de tracción híbrida-eléctrica, contando con diferentes modos de funcionamiento y múltiples ventajas táctico-operativas. Durante el evento se hizo rodar al vehículo por las áreas asfaltadas del complejo y por las pistas de arena, a fin de demostrar su funcionalidad.

Toda la información sobre estos y otros eventos puede consultarse en el Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa: www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es

… entre otros eventos

VII Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad

Autora: Cristina Mateos Fernández de Betoño, Nodo Gestor, SDGPLATIN.

Palabras clave: I+D, defensa, seguridad, SDGPLATIN, congreso nacional, DESEi+d, Premio Isdefe I+D+i Antonio Torres, Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad.

Introducción

La séptima edición del Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad (DESEi+d 2019) tendrá lugar del 19 al 21 de noviembre en la Escuela de Suboficiales de la Armada en San Fernando, Cádiz.

El Congreso

Este Congreso está organizado por la Subdirección General de Planificación Tecnología e Innovación (SDGPLATIN), perteneciente a la Dirección de Armamento y Material (DGAM) del Ministerio de Defensa con el objetivo de, como en años anteriores, crear un espacio de intercambio de conocimientos y trabajos entre los agentes involucrados en el ámbito de la I+D+i de la defensa y seguridad de nuestro país. El Comité organizador del DESEi+d 2019 está presidido por el Subdirector General de Planificación, Tecnología e Innovación y compuesto por miembros integrantes de la Dirección General de Reclutamiento y Enseñanza Militar, los Centros Universitarios de Defensa e Isdefe.

El objetivo de este Congreso es convertirse en un foro de referencia nacional, propósito que poco a poco se va cumpliendo, como se refleja en el número y calidad de las comunicaciones presentadas al DESEi+d por parte de las Universidades, Centros Universitarios de la Defensa y la Guardia Civil, los Organismos Públicos de Investigación, las empresas, los laboratorios, y un largo etcétera de organismos que conforman la Base Tecnológica e Industrial Nacional, así como por las Fuerzas Armadas y los Cuerpos y Seguridad de Estado como usuarios de los avances tecnológicos.

Las comunicaciones presentadas al Congreso, como en ediciones anteriores, abordan distintas temáticas de gran importancia en la actualidad y no sólo en el ámbito de la defensa, sino de carácter dual.

Las áreas temáticas en las que se clasifican las comunicaciones se encuentran alineadas a las Metas Tecnológicas reflejadas en la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID), promulgada por el Secretario de Estado de Defensa en diciembre del 2015[1]. En la figura 2 se pueden ver estás áreas.

[1] https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Estrategia/Paginas/Defensa.aspx

Fig. 1. Logotipo DESEi+D 2019. (Fuente: Ministerio de Defensa).

En relación a la estructura organizativa del Congreso, al igual que en la pasada edición, el primer día constará de sesiones de mañana y tarde, mientras que el segundo y tercer día tan solo de mañana. También se celebrará una mesa plenaria cada día formada por ponentes de alto nivel de organismos más representativos de cada tema informando de los medios y posibilidades de participación de la I+D+i. Esta edición del 2019 se va a articular en torno a la temática general «ESTRATEGIA EN I+D+i DE DEFENSA Y SEGURIDAD Y COLABORACIÓN NACIONAL PARA LOS RETOS DE UNA NUEVA DÉCADA».

Por último, resaltar el «Premio Isdefe I+D+i Antonio Torres» que continúa con su aportación económica a la mejor comunicación presentada al Congreso, siendo ya su cuarta edición.

Toda la información del Congreso se puede encontrar en el siguiente enlace:

http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/deseid_2019

ÁREA 1: Armas y municiones

1A- Tecnologías de armas y municiones

1B- Capacidades tecnológicas de armas y municiones

1C- Armas de aplicaciones y tecnologías específicas

1D- Apoyo al desarrollo y ciclo de vida de armas y municiones

ÁREA 2: Sensores y sistemas electrónicos

2A- Tecnologías electrónicas

2B- Radar

2C- Sensores y sistemas optrónicos

2D- Sensores acústicos y otros

2E- Guerra electrónica

ÁREA 3: Plataformas

3A- Energía

3B- Materiales

3C- Bases e instalaciones

3D- Plataformas terrestres

3E- Plataformas navales

3F- Plataformas aeroespaciales

ÁREA 4: Combatiente

4A- Sistema combatiente

4B- Factores humanos

4C- Telemedicina

4D- Sistemas de simulación biomédica

4E- Control de enfermedades raras, emergentes y control de plagas

ÁREA 5: NBQRe

5A- Lucha contra IED

5B- Defensa Nuclear, Radiológica, Biológica y Química (NRBQ)

ÁREA 6: C4I

6A- Sistemas de información para C4I

6B- Comunicaciones tácticas

6C- Tecnologías para sistemas

6D- Simulación para adiestramiento y CD&E

6E- Aseguramiento de la información y las comunicaciones

ÁREA 7: Sociedad, Economía y Humanidades

7A- Modelos socioeconómicos

7B- Instrucción y educación

7C- Geografía, política y derecho

7D- Psicología y humanidades

Fig. 2. Áreas temáticas del DESEi+D 2019. (Fuente: Ministerio de Defensa).

Congreso Nacional de Materiales Compuestos – MATCOMP19

Autor: Luis Miguel Requejo Morcillo, OT MAT, SDGPLATIN

Palabras clave: Materiales compuestos, *composite*, multifuncional, SHM, adhesivo.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 3.1.1; MT 3.1.2; MT 3.1.3; MT 3.1.4; MT 4.1.1; MT 4.1.3.

Introducción

La Edición XIII del Congreso Nacional de Materiales Compuestos (MATCOMP19) se celebró en Vigo los días del 3 al 5 del pasado mes de julio. Fue organizado por la Asociación Española de Materiales Compuestos (AEMAC), el Centro Tecnológico de Automoción de Galicia (CTAG) y la Universidad de Vigo, y trató de ilustrar el papel de los materiales compuestos en la Industria 4.0 para sectores como el de la automoción, naval, aeronáutico, etc. muy ligados tecnológicamente al de la defensa.

El congreso reunió a expertos procedentes del tejido tecnológico e industrial nacional y durante el mismo se llevaron a cabo ponencias que trataron de resumir los resultados obtenidos de los trabajos de investigación llevados a cabo en los últimos dos años en el campo de los materiales compuestos. Las presentaciones trataron temáticas diversas que actualmente son de interés para la defensa.

Algunas temáticas de aplicación en defensa

El desarrollo de materiales compuestos multifuncionales es un campo en el que un gran número de entidades españolas trabajan en la actualidad. Así, se pudieron ver trabajos relacionados con la obtención de nuevos materiales compuestos con conductividad térmica y eléctrica, materiales capaces de reducir la firma radar, polímeros autorreparables y superficies superhidrofóbicas, entre otros.

En lo que respecta a los procesos de mantenimiento y reparación, se destacan las ponencias sobre la capacidad de monitorización de la salud de una estructura (SHM), mediante la integración de sensores en la propia estructura o mediante el empleo de materiales compuestos reforzados con nanotubos de carbono o grafeno, capaces de detectar grietas debido a cambios en su resistividad eléctrica. También se mostraron estudios relacionados con la mejora de los procesos de unión entre materiales disimilares para aumentar la resistencia de dicha unión y algunos de los avances que se han conseguido en el campo de los adhesivos estructurales para lograr uniones más efectivas.

Fig. 1. Presentación del Observatorio Tecnológico de Materiales. (Fuente: MATCOMP2019).

Por otro lado, se presentaron otros temas de interés como son las estructuras auxéticas[1], avances en la obtención de piezas de material compuesto mediante procesos de fabricación aditiva, nuevos materiales compuestos de matriz metálica reforzados con fibra, procesos de fabricación de piezas de material compuesto de gran tamaño, herramientas de simulación para la predicción del comportamiento mecánico de materiales y estructuras, etc.

Participación del SOPT

El SOPT, a través del técnico del Observatorio de Materiales (OT MAT), tuvo la oportunidad de participar en el MATCOMP19 como ponente plenario. La charla, titulada «El futuro de los materiales compuestos en el sector de la defensa» aportó una visión general de cuáles son las líneas de investigación de interés para el Ministerio de Defensa ligadas al desarrollo de materiales compuestos, así como de algunos programas que permiten a la Base Tecnológica e Industrial Nacional participar en proyectos de I+D para el desarrollo de aplicaciones de defensa.

Los materiales compuestos son característicos por su buena relación entre el peso y sus propiedades mecánicas. Por ello, su empleo en múltiples plataformas y sistemas militares es fundamental para reducir su peso, manteniendo el resto de prestaciones y mejorando otras características como son el consumo energético, autonomía, movilidad y otras de tipo logístico, como la capacidad de ser transportados. Esto es equivalente a los sistemas que porta el soldado y a la necesidad de reducir el peso de los mismos. Actualmente, se está tratando de avanzar en la mejora de los sistemas de protección pasiva y cada vez son más los materiales compuestos que se utilizan tanto en blindajes para plataformas como en los equipos de protección individual del combatiente.

Del mismo modo, las tecnologías asociadas al mantenimiento y mejora del ciclo de vida de las mismas deben estar presentes a medida que se incrementa el empleo de los materiales compuestos. El uso de adhesivos, de nuevos recubrimientos multifuncionales, la introducción de procesos de fabricación aditiva o los sistemas SHM son algunas tecnologías que se prevé se implanten a corto y medio plazo. Igualmente, se espera poder ir incorporando en los próximos años nuevas estructuras más ligeras y materiales multifuncionales a los sistemas militares.

Programas nacionales como el COINCIDENTE[2] o los Fondos Europeos de Defensa[3] se presentan como posibles herramientas para financiar proyectos de I+D para el desarrollo de aplicaciones en el área de defensa.

---

[1] Para ampliar información, ver artículo «Materiales auxéticos», Boletín de Observación Tecnológica n.º 56, http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/detallepublicacion.aspx?publicacionID=225

[2] Programa COINCIDENTE, https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/ImasD/Paginas/Coincidente.aspx

[3] Programa Europeo de Desarrollo Industrial de la Defensa (EDIDP), https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/detallenoticia.aspx?noticiaID=495

Congreso del Espacio Madrid 2019

Autor: Ana Belén Lopezosa Ríos, OT SATE, SDGPLATIN

Palabras clave: Congreso, Espacio, Tecnología, Misión.

Metas Tecnológicas Relacionadas: MT 3.5.4; MT 3.5.6; MT. 6.2.2; MT. 6.2.7.

Introducción

Durante los días 9 y 10 de octubre de 2019 se celebró el primer Congreso del Espacio en Madrid, en el Palacio de los Duques de Pastrana, un encuentro en el que se dieron cita los principales actores del sector, incluyendo organizaciones gubernamentales, asociaciones e industria, con participación de destacados ponentes nacionales e internacionales de relevancia.

Organizadores, participantes y asistentes

En este Congreso, organizado por la asociación de empresas TEDAE conjuntamente con el INTA, el CSIC, el CDTI, el Instituto de Ingeniería de España y el Ministerio de Defensa, se destaca la participación en las distintas conferencias y mesas redondas de reconocidos representantes tanto de las anteriores instituciones como del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Ministerio de Fomento, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, UE, ESA, GSA, ENAIRE, AEMET, Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Instituto de Física de Cantabria, Universidad de Valencia, HISDESAT, así como de grandes empresas nacionales del sector Espacio.

Por parte del Ministerio de Defensa se destaca la participación del Subdirector General de Programas de la DGAM, del Director General del INTA, del Segundo Jefe de la UME, del Jefe de Planes del Estado Mayor del Ejército del Aire y del Jefe de Sistemas C4ISR & Espaciales de la DGAM, entre otros.

Temas principales tratados en el Congreso

- **España y Espacio: un caso de éxito y Exploración Espacial**: España ha pasado de contribuir de forma mínima en las primeras misiones a desarrollar instrumentos en las posteriores, hasta el punto de acabar liderando misiones de tamaño medio, como es el caso de CHEOPS, primera misión espacial con gran componente estatal y construido íntegramente en España, siendo su plataforma una versión optimizada del satélite Ingenio. Se trata de una misión científica de tipo *Small*, para la caracterización de exoplanetas, y cuyo lanzamiento está previsto para diciembre de este año. El astrónomo suizo Didier Queloz es el presidente del Equipo Científico de este satélite; galardonado con el Premio Nobel de Física de 2019 junto con el astrofísico suizo Michel Mayor y el físico canadiense James Peebles, ha contribuido en parte del diseño de CHEOPS y nos ha obsequiado con su presencia en el congreso.

- **Consejo Ministerial SPACE 19+**: El Consejo Ministerial se celebra cada 4 años; debido a que su presidencia recae este año en el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, tendrá lugar en España, concretamente en Sevilla los días 27 y 28 de noviembre, y será presidida por el Ministro Pedro Duque que, por otro lado, ha sido el encargado de la clausura de este Congreso del Espacio. Las propuestas que se discutirán en este consejo cubren todas las distintas áreas de la agencia: ciencia y exploración, seguridad y protección del espacio, aplicaciones (observación de la Tierra, navegación, telecomunicaciones), habilitación y apoyo (desarrollo de tecnología y transporte espacial).

- **Observación de la Tierra desde el Espacio:** En la ESA existen 6 misiones en competición para el periodo actual a raíz de Copernicus 2.0 (*Anthropogenic* CO2 *Imaging Spectrometer*, *Polar Ice & Snow Topography, Passive Microwave Imaging, High Resolution Surface Temp., Hyperspectral Imaging,* y L-*band* SAR). Los satélites Ingenio (satélite civil de tecnología óptica, a punto de lanzarse) y PAZ (satélite militar de tecnología SAR), producto del programa PNOTS, son misiones contribuyentes al programa Copernicus, es decir, aportarán datos al mismo. Se puso sobre la mesa un PNOTS2 que dé continuación al PNOTS. Además, no debemos olvidar que el espacio proporciona mucha información para aumentar la conciencia sobre, por ejemplo, el cambio climático.

Fig. 1. Pedro Duque, Ministro de Ciencia, Innovación y Universidades. (Fuente: SOPT).

- **El satélite, clave para extender la conectividad:** La participación de Salvamento Marítimo dejó clara la vital necesidad de las comunicaciones por satélite, que se gestionan en el Centro Espacial de Maspalomas a través de los datos del sistema satelital COSPAS-SARSAT, formado por satélites LEO y GEO de operadores como INMARSAT e IRIDIUM. Se destacó el futuro programa HYDRON, que combina comunicaciones ópticas y LASER, satélites GEO, LEO y plataformas aéreas y HAPS, para dar servicios de conectividad sin centrarse solamente en las tecnologías implicadas, lo que podría considerarse el ARPANET del Espacio. También se dio importancia a la necesidad de estandarización para posibilitar la interconectividad entre las redes 5G terrenas y *wireless* con las comunicaciones satelitales. No hay que dejar pasar el hito del año pasado, el inicio de la renovación de los actuales satélites de comunicaciones por Satélite Gubernamentales SPAINSAT y XTAR-EUR, gracias al lanzamiento del programa SPAINSAT NG.

- **Navegación por Satélite:** Se destaca GALILEO, programa europeo en el cual España se ha visto involucrada desde los inicios, participando también en su segunda generación para darle la continuidad que requiere. GALILEO abarca todo

Fig. 2. Mesa: «El espacio, un ámbito más de la Defensa». (Fuente: SOPT).

el espectro radioeléctrico asignado por el Reglamento de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, lo cual le permite dar tanta variedad de servicios: abierto, *Safety of Life*, comercial, PRS, búsqueda y rescate. Se destaca que en España contamos con dos centros del sistema GALILEO básicos: el GSC (segmento de control de tierra), que da servicio a todos los sistemas de navegación por satélite (GPS, GALILEO, GLONASS y BEIDOU), y el GSMC (centro de monitorización para la seguridad del sistema completo), albergado por España tras su traslado desde UK. Y se debate sobre el altísimo grado de seguridad de los receptores de señal PRS probados por las FAS desde multitud de plataformas y entornos (terrenas, buques, bases antárticas, etc.), así como de la seguridad dada a la propia infraestructura satelital.

- **El Espacio, un ámbito más de la Defensa:** Se debatió acerca de este importante tema en una interesante mesa redonda moderada por el G.B. Carlos de Salas, en la que se prestó atención a los cuatro grandes ámbitos del sector que implican a la Defensa, tanto desde el punto de vista de los usuarios finales como del de los operadores y desarrolladores de los sistemas:
  - En Comunicaciones se destacó la fase de demostración del programa GOVSATCOM de la EDA, liderada por España.
  - Observación de la Tierra desde el Espacio: se hizo énfasis en el mantenimiento de dicha capacidad nacional mediante tecnología Infrarroja y Espectro Visible con la finalización del actual sistema francés Helios II, sin dejar de lado la observación mediante tecnología radar que aporta el satélite español PAZ lanzado en 2018.
  - Navegación por Satélite: se ha adquirido soberanía e independencia gracias a la participación de España en el sistema europeo GALILEO, desde su concepción y a lo largo de todo su desarrollo.
  - Vigilancia y Conocimiento del Espacio: Las grandes constelaciones de pequeños satélites podrían suponer interferencias en los sistemas satelitales, más allá del problema actual de la basura espacial (se calcula que hay unos 7.500 satélites en órbita, de los cuales solo 1.200 son satélites en funcionamiento, según fuentes de la ESA).
- **El futuro del Espacio:** La Comisión Europea ha propuesto una financiación para el próximo período de 16.000 millones de euros para Espacio. Obviamente el espacio forma parte de la vida de cualquier individuo, es decir, es la infraestructura para la mayoría de las actividades cotidianas de la vida, siendo además ciencia, inspiración, innovación y exploración. Se contempla también la aparición del *New Space*, que se considera fundamental para el futuro del espacio, dado el reto que produce la reducción de costes que se plantea a la hora de los lanzamientos, cohetes reutilizables y uso de satélites del tamaño de una caja de cereales.
- **Presentación de la Agenda Sectorial de la Industria Espacial:** llevada a cabo por el Secretario General de la Industria y de la PYME. La Agenda tiene por objetivo definir los retos que afronta el sector, las fortalezas de la industria y los planes de actuación para impulsar su crecimiento. TEDAE en dicha agenda deja constancia de una de las inquietudes recurrentes del sector espacial español: la creación de una Agencia Espacial Española, que realmente ya existe de alguna manera mediante la coordinación entre los diferentes ministerios y organismos: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Ministerio de Defensa, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Ministerio de Fomento, Ministerio para la Transición Ecológica, Ministerio del Interior, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, CDTI, INTA, IGN y Aemet, entre otros.
- **Clausura del Congreso:** El ministro de Ciencia, Innovación y Universidades, Pedro Duque, encargado del cierre del Congreso, hizo mención a la celebración del quincuagésimo aniversario de la llegada del hombre a la Luna, sobre todo debido a que el proyecto Apolo inició la actividad espacial española a través del acuerdo con la NASA sobre las estaciones de Maspalomas y Robledo de Chavela en 1960 y 1964, siendo España la primera que escuchó dicha llegada. A su vez, destacó la importancia del capital humano, entendido como el talento, la educación y el grado de formación de las personas, hecho especialmente relevante en el sector espacial.

Jornada de Tecnologías Cuánticas

Autor: Rosalía Vindel Román, Nodo Gestor, SDGPLATIN

Palabras clave: cuántica, postcuántica, encriptación, algoritmo.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 6.5.3

Introducción

El pasado día 12 de septiembre se celebró en Madrid, en las instalaciones de la Academia Central de la Defensa, la primera jornada tecnológica dedicada a Tecnologías Cuánticas. Esta jornada, organizada por APTIE, ha destacado por la divulgación de alto nivel por parte de los ponentes, sirviendo de punto de encuentro e interacción entre diversos actores que van desde el ámbito investigador (universidades, centros de investigación), hasta instituciones (representantes del CCN/CNI, Ministerio del Interior y del Ejército del Aire) y empresas que ya están comenzando a trabajar en el desarrollo y próximo uso de este tipo de tecnologías.

Desarrollo de la Jornada

Uno de los principales mensajes transmitidos a lo largo de la jornada fue que la seguridad de la criptografía de clave pública (o asimétrica) está comprometida, por lo que no se puede garantizar la invulnerabilidad de las comunicaciones. Este problema surgirá con la aparición de la «supremacía cuántica», es decir, la resolución de problemas por parte de ordenadores cuánticos que no se puede con los ordenadores de tecnología convencional más potentes y que amenazan a los algoritmos actuales.

Para evitarlo se debe trabajar en asegurar y hacer fiables tanto la parte *software* como la parte *hardware* de los sistemas de comunicaciones, que también puede ser vulnerable (repetidores cuánticos, por ejemplo). Uno de los desarrollos más urgentes es el de algoritmos postcuánticos, que deberán implementarse para resistir ataques efectuados mediante computación cuántica en un futuro próximo. Se insistió en la necesidad de comenzar a prepararse para la transición desde lo que tenemos actualmente implantado hacia una criptografía segura. Esa táctica es mucho más estable que imponer una nueva tecnología de urgencia y, además, los escenarios de transición serán fundamentales para que el desarrollo de esta industria cuántica se desarrolle con garantías de continuidad.

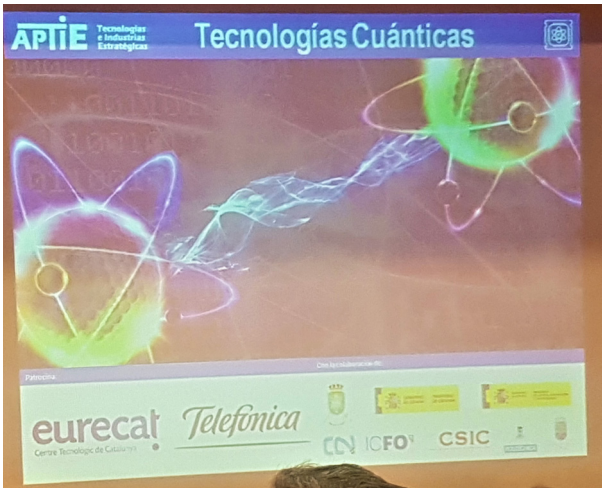

Fig. 1. Cartel de presentación de la Jornada de Tecnologías Cuánticas. (Fuente: SOPT).

La participación empresarial en esta jornada expuso como en dicho sector se comienzan a introducir y utilizar las capacidades de las tecnologías cuánticas en sus organizaciones, en su provecho o como servicio, en aplicaciones como la securización de la información, la optimización de procesos o la simulación, entre otras.

Es importante mencionar algunos resultados de las investigaciones que se están llevando a cabo, como el Madrid *SDN Quantum Network,* primer enlace punto a punto de distribución cuántica de claves o QKD (*Quantum Key Distribution*) en el país dentro de un entorno metropolitano, que utiliza *Software Defined Networking* (SDN). Este prototipo ha sido desarrollado por la UPM, Telefónica y Huawei, para investigar en protocolos cuánticos y en la integración de QKD en redes de comunicaciones ópticas estándar y comerciales. También se expuso la realización experimental del enlace de comunicaciones cuánticas en espacio libre llevada a cabo por el CSIC entre sus instalaciones o, por parte de otro grupo investigador del CSIC, el desarrollo de una fuente de fotones individuales *plug and play*, integrada completamente en un chip.

Universidades, centros de investigación y algunas empresas están ya participando en grupos y proyectos internacionales como *Quantum Flagship*, *Quantera*, o la *Quantum Communication Infraestructure*, que persigue la creación de una red de comunicaciones seguras a nivel europeo, donde el ICFO y el CSIC son los representantes nacionales.

Sin embargo, el punto en común más comentado fue la diversidad de problemas que surgen alrededor de estas tecnologías: múltiples actores que llevan a la dispersión, falta de coordinación o incompatibilidad tecnológica, bajo grado de TRL, altos costes de la investigación, sin olvidar la necesidad de demanda de este tipo de tecnología para motivar su desarrollo, entre otras cosas. Además de hacerse reiteradas llamadas a la coordinación de todas las partes, se instó la existencia de una estrategia nacional, liderada por la administración y que sirva para dirigir e impulsar en una misma dirección todos los esfuerzos invertidos. La calidad investigadora y académica en este país es de alto nivel, como se pudo constatar a través de las exposiciones, algunas de ponentes que trabajan actualmente en el estado del arte de estas tecnologías, pero se corre el riesgo de quedarse atrás si no se invierte pronto en esta área y se hace un trabajo conjunto, con las consecuencias que ello podría traer, económicas y geopolíticas.

Resumen

Como resumen a toda esta jornada se podría destacar el talento investigador en España en tecnologías cuánticas, sobre todo a nivel teórico, la necesidad de conseguir un plan nacional para aunar los esfuerzos por parte de los diversos actores implicados para no perder el tren de estas tecnologías, lo cual tendría importantes consecuencias y, sobre todo, la urgencia en la preparación de una transición hacia una criptografía segura, implementando las medidas adecuadas a las consecuencias de la cada vez más cercana supremacía cuántica.

Aplicaciones de los *nanocomposites* basados en el grafeno como recubrimientos antirradar

Autor: Israel Gago, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena.

Palabras clave: Grafeno, *Nanocomposites*, Banda X, RAM.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 3.1.3; MT 4.1.1.

Introducción

Las tecnologías furtivas (*stealth*) han sido las más empleadas para reducir la firma de una plataforma (radar, IR, VIS, acústica, etc.) en el último siglo para dificultar su detección, y con ello, mejorar su supervivencia. Cuanto más grande es una plataforma, mayor es la probabilidad de que sea detectada a mayores distancias, lo que en el caso de las aeronaves puede llegar incluso a eliminar la ventaja de la velocidad, haciéndose imperativo el reducir la efectividad de los sistemas de detección enemigos.

En lo que se refiere a reducción de firma radar, lo que se busca es reducir la reflexión de la onda electromagnética que alcanza una plataforma para dificultar su detección. Una de las líneas fundamentales de investigación en este ámbito es el desarrollo de materiales absorbentes al radar (RAM).

Nanocomposites RAM

Para reducir la firma radar se suele trabajar en dos líneas fundamentales: en el diseño de plataformas con formas que contribuyan a la dispersión de las ondas de radar y en la aplicación a las superficies exteriores de la plataforma de materiales RAM que, mediante la absorción y atenuación de las microondas, reduzcan la sección equivalente radar (RCS). El desarrollo de materiales RAM comenzó en la Segunda Guerra Mundial en Alemania, en respuesta a los éxitos que los aliados estaban teniendo en sus avances en tecnología de radares, siendo el primer RAM una pintura basada en la ferrita.

Los *nanocomposites* (materiales compuestos que contienen nanocomponentes) de matriz polimérica, están siendo objeto de estudio por parte de la comunidad científica debido a su posible uso como materiales estructurales y multifuncionales. La principal razón de ese interés se debe a que algunas propiedades de los materiales poliméricos se ven modificadas por la adición de nanomateriales, obteniéndose, entre otras mejoras, menores densidades, mejores propiedades mecánicas y mejor estabilidad dimensional y térmica.

Recientemente han aparecido estudios que han introducido los nanomateriales para aplicaciones RAM. Entre los nanomateriales más estudiados en este campo se encuentran los nanotubos de carbono (CNT), cuyas interesantes propiedades, como alta conductividad eléctrica, pequeño diámetro y rigidez mecánica, hacen de éste un material idóneo para producir estructuras multifuncionales con alto grado de apantallamiento electromagnético.

También, algunos *nanocomposites* dopados con grafeno han demostrado una elevada capacidad de absorción de las radiaciones de microondas. El grafeno, material ya sobradamente conocido[1], se ha convertido en uno de los más atractivos debido a sus excepcionales propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas. Desde su descubrimiento en 2004, las investigaciones acerca de las posibles aplicaciones de este material resultan muy prometedoras en campos como la sensorización, la optoelectrónica o los materiales compuestos de altas prestaciones. Dentro de este último campo, las propiedades eléctricas del grafeno podrían ser útiles para el desarrollo de revestimientos que permitan reducir la RCS de una plataforma.

Con objeto de analizar la viabilidad del desarrollo de nuevos revestimientos RAM basados en el grafeno para su posible aplicación en plataformas militares, un grupo de trabajo de la Universidad de Cartagena inició hace unos pocos años estudios sobre la influencia que la adición de grafeno a distintos materiales poliméricos tendría sobre la absorción de energía electromagnética.

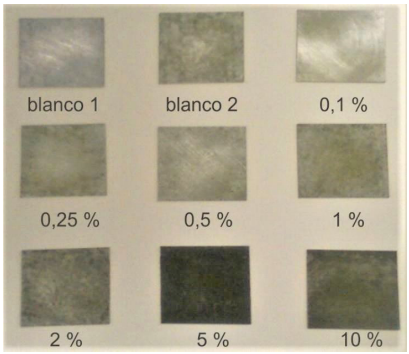

Fig. 1. Serie de probetas blanco y muestras con sus porcentajes de dopado. (Fuente: UPCT).

Resultados obtenidos

Se llevaron a cabo unos estudios preliminares relativos a la capacidad de absorción de radiación electromagnética de un revestimiento compuesto por una matriz polimérica dopada con grafeno prístino *few-layer* entre el 0,1% y el 10% en peso. Se empleó para la fabricación de los *nanocomposites* un barniz marino basado en resinas alquídicas modificadas, ciclohexano como disolvente y grafeno sintetizado previamente. Como soporte y material reflector de microondas se empleó una chapa de acero galvanizado de 1 mm de espesor.

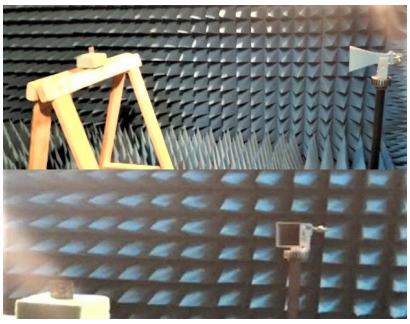

Fig. 2. Vista general del montaje realizado en cámara anecoica (arriba) y detalle de una de las probetas blanco y la antena emisora-receptora (abajo). (Fuente: UPCT).

[1] Para más información, ver la monografía del SOPT «Propiedades y Aplicaciones el Grafeno» https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/Lists/Publicaciones/Attachments/182/monografia_sopt_12.pdf

Se prepararon 9 probetas cuadradas de 35 x 35 mm, sobre las que se aplicó el recubrimiento de material compuesto dopado con grafeno en distintos porcentajes, tal y como se puede ver en la figura 1. Dos de las probetas se utilizaron como blancos; la primera sin recubrimiento alguno como blanco de calibración del sistema de medición (blanco 1) y la segunda, con una capa de barniz sin dopaje (blanco 2).

Para estudiar la capacidad de absorción de energía electromagnética de las muestras, se utilizó una cámara anecoica y una antena emisora-receptora para el rango de frecuencias correspondiente a la banda X (8.2-12.4 GHz) con una emisión constante de 10 dB. El barrido de frecuencias se realizó entre 8,5 y 12 GHz con las probetas situadas a 1 metro de la boca de la antena y con ángulo de incidencia de 0º. Para cada probeta se obtuvieron los valores de reflexión (S11), correspondientes a todo el barrido de frecuencias descrito. Esta configuración corresponde a la región de campo lejano para este rango de frecuencias, de modo que la forma del frente de onda es constante con la distancia.

Los valores de absorción electromagnética obtenidos para diferentes cantidades de grafeno presentes en el revestimiento de las probetas mostraron tres comportamientos diferentes dependiendo del rango de frecuencias de la radiación incidente (Figura 3).

Para el rango más bajo de frecuencias comprendido en la banda X (8,5 GHz), la absorción del revestimiento mejora al aumentar el dopaje de grafeno, alcanzando su máximo valor para un porcentaje del 1%. Para la zona intermedia de la banda, comprendida entre los 9 y los 10,5 GHz, la variación de la absorción con el porcentaje de grafeno muestra que la mayor absorción se produce para un dopaje del 2%, obteniéndose las dos absorciones máximas de toda la banda X para 9 y 10,5 GHz. Para la zona más alta de frecuencias (entre 11 y 12 GHz) la tendencia es similar a la observada en el intervalo de frecuencias anterior pero con un leve incremento tras el 2% de dopaje, hasta alcanzarse el máximo para una adición de grafeno del 5%.

Los resultados obtenidos demuestran que la adición de pequeñas cantidades de grafeno (<5%) permite aumentar la absorción electromagnética de un material compuesto, así como ajustar el máximo de absorción a la frecuencia deseada mediante la variación del porcentaje de dopaje. Esta tecnología permite combinar los diferentes dopajes en un revestimiento multicapa para maximizar su efectividad. El comportamiento observado en los recubrimientos obtenidos, es similar al descrito por otros autores para *nanocomposites* basados en distintos polímeros y dopados con nanomateriales como los CNT o las nanoplaquetas de grafeno.

Aunque el mecanismo que produce este aumento en la absorción de un *nanocomposite* basado en el grafeno no se conoce en profundidad, la Figura 4 muestra un esquema del posible funcionamiento del sistema. Las láminas de grafeno forman multitud de ángulos diédricos entre sí, de modo que las microondas sufren un elevado número de reflexiones dentro de la matriz de polímero, incrementando sensiblemente la longitud de propagación en la misma. Cada reflexión produce una pérdida de energía electromagnética, disipada en forma de energía térmica, debido probablemente a movimientos moleculares (conducción iónica, relajación dipolar, etc.) provocados por la interacción de las microondas con materiales dieléctricos.

Los resultados obtenidos apoyan la viabilidad del desarrollo de nuevos *nanocomposites* basados en el grafeno con mejores prestaciones de absorción electromagnética, que permitan la construcción de plataformas aéreas, navales y terrestres con una capacidad furtiva mejorada.

Conclusiones

En este artículo se presentan los primeros resultados obtenidos por un grupo de investigación de la Universidad de Cartagena para una serie de *nanocomposites* preparados a base de un barniz marino convencional (material polimérico) y grafeno, como posible recubrimiento reductor de firma radar.

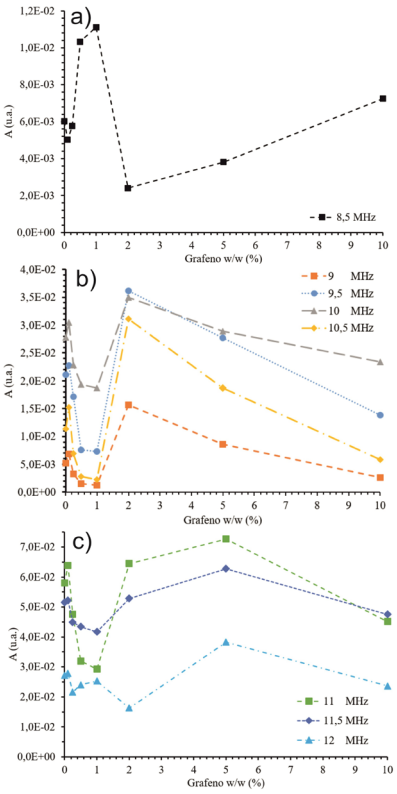

Fig. 3. Variación de la absorción de las muestras en función del porcentaje de grafeno para los tres rangos de la banda X respecto al porcentaje de grafeno: zona de baja frecuencia (a), de frecuencias intermedias (b) y de altas frecuencias (c). (Fuente: UPCT).

Estos resultados demuestran la viabilidad del desarrollo de nuevos *nanocomposites* basados en el grafeno con mejores propiedades de absorción en la banda X y con capacidad de ser ajustados para optimizar su firma radar a una misión específica o un teatro de operaciones concreto. Un revestimiento multicapa constituido por varias manos de este tipo de pinturas, con diversos porcentajes de grafeno y diferentes espesores, podría mejorar de un modo muy significativo las tecnologías *stealth* disponibles en la actualidad, permitiendo a medio plazo la obtención de plataformas aéreas, terrestres y navales con capacidad furtiva mejorada.

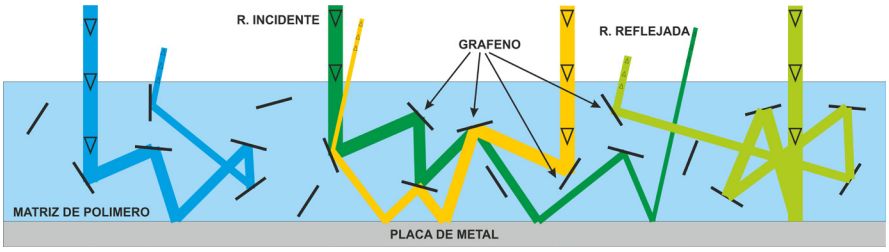

Fig. 4. Representación esquemática del mecanismo de incremento en la absorción electromagnética de un *nanocomposite* basado en el grafeno. (Fuente: UPCT).

Desarrollo de un vehículo militar de transporte operativo propulsado por un sistema de tracción eléctrico con extensión de autonomía

Autores: José María López, Víctor del Pozo, Nuria Flores, Otón Ignacio Peñuelas, Javier Muñoz, Daniel Resino, David Marcos, INSIA.

Palabras clave: Simulación, *Hardware-in-the-Loop*, Vehículo híbrido, Extensor de autonomía.

Metas tecnológicas relacionadas: MT 3.3.2.

Introducción

En los últimos años, la electrificación de los vehículos terrestres se ha convertido en la tónica habitual, debido fundamentalmente a la necesidad de reducir el consumo y las emisiones contaminantes del transporte rodado en las sociedades del siglo XXI. En el ámbito de la defensa, la electrificación de los sistemas de propulsión de los vehículos terrestres cuenta con algunas ventajas adicionales, como son fundamentalmente sus menores huellas térmica y sonora así como la posibilidad de contar con suministro de energía eléctrica para todos los equipos auxiliares embarcados, cada vez más demandantes. Es por ello que en la ETID 2015 se especifica como objetivo concreto «incrementar el grado de electrificación de plataformas a través del desarrollo tecnologías de propulsión híbrida y eléctrica».

Como respuesta a esta necesidad, la Universidad Politécnica de Madrid, y concretamente el INSIA, presenta en el marco del programa COINCIDENTE 2015 una propuesta junto con UROVESA para la implementación de un prototipo de vehículo de transporte operativo con tracción puramente eléctrica y extensión de rango sobre la base de un URO VAMTAC (Proyecto ATHEMTO). El objetivo principal del proyecto presentado es la construcción de un vehículo URO VAMTAC completamente funcional, movido exclusivamente por motor eléctrico, alimentado por baterías y equipado con un grupo generador que permita una autonomía extendida. Como objetivos específicos se plantea que las prestaciones principales del vehículo no se vean modificadas.

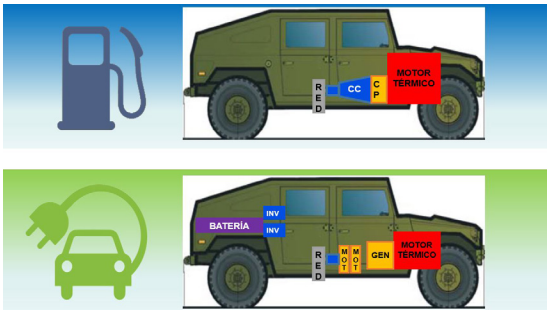

Fig. 1. Esquema de sistema de tracción convencional frente al desarrollado. (Fuente: INSIA).

Descripción del proyecto

El objetivo principal del proyecto ATHEMTO ha sido desarrollar un prototipo demostrador de vehículo de transporte militar operativo, con tracción totalmente eléctrica y rango extendido basado en el URO VAMTAC. Para ellos, se ha eliminado la caja de cambios con convertidor de par presentes en el sistema de tracción del vehículo convencional, desacoplándose por completo el motor de combustión de la cadena cinemática que lo une con las ruedas (figura 1). En su lugar se han instalado dos motores eléctricos responsables del movimiento del vehículo y un tercero a modo de generador conectado al motor de combustión (que ha sido reducido en tamaño) que suministra energía eléctrica de forma controlada para asegurar el funcionamiento requerido, dependiendo del modo de operación seleccionado por el conductor.

Desarrollo

Desde el comienzo del proyecto se definieron los **requisitos funcionales** que debía cumplir el tren propulsor del vehículo de tal forma que las prestaciones principales del vehículo no se viesen modificadas. Estos requisitos se resumen en las siguientes prestaciones objetivo, que se aplican al modelo de simulación con el que se definen las características del tren propulsor:

- Pendiente máxima superable: 60% a 10 km/h.
- Pendiente mantenida: 5% a 60 km/h.
- Velocidad máxima en llano: de 110 km/h.

Asimismo, para este proyecto se ha desarrollado un **modelo de simulación** de vehículo de tracción a las 4 ruedas (4WD) empleando una herramienta *software* comercial (figura 2).

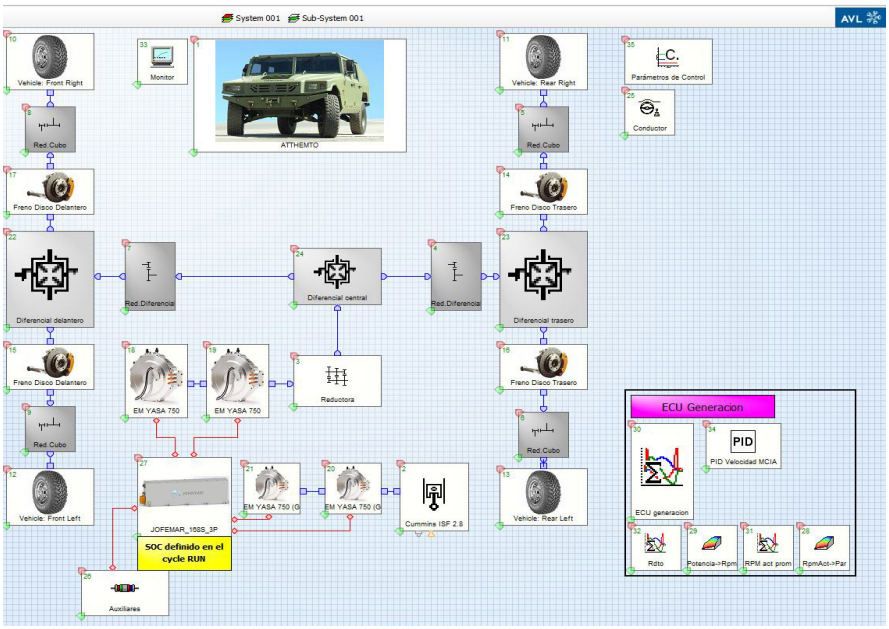

Fig. 2. Modelo de simulación de la planta de vehículo. (Fuente: INSIA).

Dicho modelo incluye todas las conexiones mecánicas, eléctricas y buses de comunicación entre componentes electrónicos, de tal forma que se simula el comportamiento completo y detallado del sistema de propulsión.

Durante este trabajo, el modelo se usa para calcular la respuesta del vehículo ante una señal de control de solicitud de par a los motores eléctricos, bajo unas condiciones determinadas (pendientes, peso total del vehículo, etc.) y así obtener la velocidad alcanzada con un error mínimo.

El **dimensionado de componentes** se lleva a cabo mediante el modelo de simulación, con el cual se determinan las características requeridas para los mismos de cara a poder realizar una labor de búsqueda de componentes en el mercado. Las prestaciones objetivo de los componentes a seleccionar han sido las siguientes:

- Motor eléctrico: régimen de giro superior a 3000 rpm y potencia superior a 200kW.
- Batería de HV: tensión nominal por encima de 600Vdc y capacidad superior a 35Ah.
- Motor térmico**:** potencia nominal superior a 120kW.

Por su parte, los **algoritmos de control** se han desarrollado en forma de máquina de estados mediante un *software* comercial, por medio del cual se definen varios estados finitos. El concepto se basa en determinar en qué estado se encuentra el vehículo y, en definitiva, el tren de propulsión, dependiendo de varias variables. El algoritmo a su vez supervisa los posibles errores y alarmas de los diferentes sistemas y, dependiendo de la severidad de los mismos, gestiona sus propios estados y los de los demás componentes garantizando en todo momento la seguridad de operación del vehículo.

Una vez se ha validado el algoritmo de control, este está listo para ser testeado en el controlador *hardware* real (ECU). El código resultante se compila y programa en la memoria del controlador, el cual en ese momento está preparado para las pruebas *Hardware-in-the-Loop*, en las que se hará comunicar el controlador con el modelo de simulación corriendo en el PC a través de interfaces de comunicación CAN; de esta manera es posible hacer funcionar la centralita real exactamente del mismo modo que lo hace el propio vehículo, pues tanto las redes de comunicación como las señales analógicas y digitales están simuladas.

Dentro del algoritmo de control, se han establecido 3 modos de conducción, los cuales son seleccionables por el piloto:

- **Modo eléctrico puro:** el vehículo funciona sólo con las baterías.
- **Modo híbrido ECO:** el vehículo funciona en híbrido serie recargando las baterías con la potencia justa para mantener el estado de carga de las mismas.
- **Modo híbrido *POWER*:** el vehículo funciona en híbrido serie recargando las baterías con la máxima potencia disponible en ese momento en el grupo generador.

Por otro lado, los trabajos de **integración** de los distintos componentes han sido realizados por el propio fabricante del vehículo (UROVESA), y han consistido tanto en un estudio de la distribución de componentes en el vehículo como el diseño y cálculo de aquellas piezas nuevas necesarias para su montaje. El resultado ha sido un vehículo con la misma habitabilidad interior en lo que a pasajeros se refiere; la zona de carga por el contrario se ha visto prácticamente inutilizada por tratarse de un prototipo (figura 3).

En cuanto a la **validación y pruebas sobre el prototipo**, los resultados más relevantes del presente proyecto se han valorado mediante el testeo del prototipo en pista. Con este fin se ha instrumentado el vehículo con el objetivo de registrar las variables analógicas de tensión y corriente del bus DC del vehículo, temperaturas de los sistemas de refrigeración y todas la redes CAN del mismo (figura 4).

Las pruebas se han realizado teniendo en cuenta los requisitos funcionales del vehículo, los cuales son:

- Pendiente máxima superable del 60%.
- Velocidad máxima en llano de 100 km/h.
- Autonomía equivalente al convencional.

Para la realización del ensayo de **rampa máxima**, se utilizaron pistas de pruebas con rampas normalizadas longitudinales del 30%, 40% y 60%. Se realizaron los ensayos tanto

Fig. 3. Integración de los componentes en el vehículo. (Fuente: INSIA).

Fig. 4. Prototipo instrumentado durante las pruebas. (Fuente: INSIA).

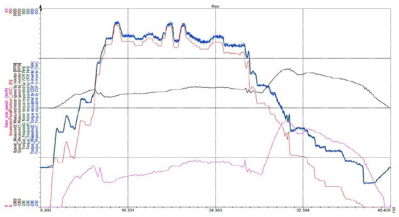

Fig. 5. Señales de velocidad, pedal de acelerador, régimen de giro y par motor durante maniobra de subida de pendiente del 60%. Posición reductora: cortas. (Fuente: INSIA).

en subida directa como con parada y arranque en medio de la rampa. A excepción de la pendiente del 30% en subida directa, se emplearon las marchas cortas para el desarrollo de estas pruebas. Para el caso de la prueba del 60% de pendiente, se logró superar con éxito con un pedal del 90% de acelerador y una velocidad de 10 km/h (figura 5).

De igual modo se registró una **velocidad máxima** de 95 km/h (figura 6). Se puede observar también como en ningún caso la velocidad de giro de los motores supera su valor máximo recomendado de 3.500 rpm. Además, la batería también respeta su límite de consumo, contando aún con un margen superior a 100 A de descarga.

Con el fin de calcular la **autonomía** del vehículo en modo eléctrico puro, se circuló por el anillo de velocidad manteniendo la velocidad máxima constante, con un estado de carga inicial del 97%. La prueba terminó cuando el SOC de la batería disminuyó por debajo del 20%, momento en el que el vehículo pasa automáticamente a modo híbrido para mantener el estado de carga. El vehículo estaba ocupado por el conductor y tres ingenieros y el depósito de combustible lleno. Los resultados de la prueba (figura 7) fueron la de una autonomía en eléctrico de 50 km.

A partir del momento que se activa el modo híbrido, se recorren otros

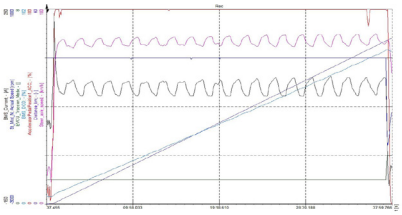

Fig. 7. Autonomía en modo eléctrico. (Fuente: INSIA).

100 km para determinar la autonomía en esas condiciones. Teniendo en cuenta una capacidad de 110 litros de combustible, los resultados obtenidos en función de la distancia recorrida han sido de una autonomía máxima de 622 km (figura 8).

Conclusiones

El proyecto ATHEMTO ha dado como resultado el primer vehículo prototipo de transporte operativo militar realizado en España. Como principales conclusiones cabría destacar:

- El vehículo es capaz de superar la pendiente del 60% sin necesidad de emplear todo el par disponible por los motores de tracción, por lo que sería posible subir una pista con una inclinación mayor.
- La autonomía en modo eléctrico a velocidad máxima mantenida es de 50 km. En otras circunstancias representativas de otro tipo de conducción, como podría ser un ciclo de menor velocidad y con frenadas, esta autonomía sería superior ya que la frenada regenerativa permitiría recuperar parte de la energía en frenadas y deceleraciones.
- El consumo a velocidad máxima mantenida oscila entre 12,8 y 17,7 l/100km, en función de la distancia recorrida, y por tanto del porcentaje que supongan los 50km en eléctrico puro. Al no haber podido contar con una unidad de pruebas equivalente en diésel, no ha sido posible valorar comparativamente este punto, si bien el orden de magnitud está en valores similares. Este resultado era el esperado teniendo en cuenta que el ensayo seleccionado (velocidad máxima constante) ha sido el de «peor caso» y no da lugar a recuperación de energía alguna.
- La velocidad máxima del vehículo con la configuración del prototipo resulta algo escasa, algo ya previsto y conocido y que no se considera un grave problema desde el punto de vista de diseño, pues está previsto dotar a futuras unidades con cajas de reducción cuya relación en largas sea algo superior.
- El funcionamiento silencioso de la unidad ha sido muy bien valorado para la aplicación. Debido a los materiales utilizados, su ubicación y sus características técnicas, las ventajas que presenta resultan adecuadas para un cierto tipo de misiones (puestos de control, vigilancia, etc.) en las que las bajas huellas térmicas y sonoras supongan una ventaja táctica.

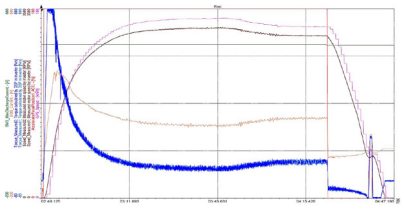

Fig. 6. Velocidad máxima prototipo. (Fuente: INSIA).

Debido a la multitud de componentes necesarios para el sistema de tracción, el vehículo prototipo ha visto reducida su capacidad de carga, no tanto por peso sino por volumen ocupado. Muchas de las soluciones seleccionadas en su construcción se han visto condicionadas tanto por el hecho de ser un prototipo (es necesario contar con puntos de medida para realizar ensayos) como por plazos de entrega y por tratarse de una única unidad. El equipo técnico considera que una vez demostrada su viabilidad, es posible mejorar en gran medida el empaquetamiento de los componentes y su distribución para recuperar capacidad de carga.

En cuanto a la capacidad de vadeo del vehículo, la existencia de máquinas eléctricas como los motores de tracción y el generador eléctrico que están en parcialmente por debajo de la cota de vadeo estándar de 750 mm hacen que el cumplimiento de esta capacidad se vea limitado. En futuros desarrollos se propone realizar mejoras en las prestaciones de vadeo.

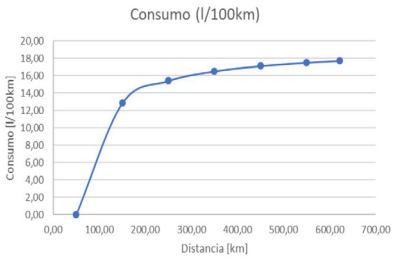

Fig. 8. Consumo de combustible en función de la distancia recorrida. (Fuente: INSIA).

Trayectografía, física aplicada al estudio del vuelo de los proyectiles

Autor: Sbtte. Diego Junquera Respeto, Área de Ingeniería, Unidad de Balística-Trayectografía, CET INTA.

Palabras clave: Trayectografía, Onda Contínua (CW), radar *doppler*, FFT, SNR, *Drag, Jerk, Base Bleed*.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 1.1.1; MT 1.1.2; MT 1.2.1; MT 1.4.1; MT 2.1.1; MT 2.2.5.

Introducción

El Centro de Ensayos de Torregorda (CET) es un organismo perteneciente a la Subdirección General de Sistemas Terrestres del INTA, cuya función es la gestión de recursos y ejecución de los programas de investigación científica y técnica, así como la prestación de servicios tecnológicos de Defensa y Seguridad y Sistemas Terrestres.

El CET desarrolla su trabajo en la experimentación aplicada a la ejecución de pruebas y ensayos de recepción de armamento y munición, homologación de productos de Defensa y munición; también se ocupa de la investigación de incidentes y accidentes, colaboración con Programas I+D y de apoyo a la verificación y elaboración de tablas de tiro.

La trayectografía es uno de los medios que se utilizan en los estudios para obtención de certificación de armamento o munición solicitados al CET por parte del Ejército de Tierra, la Armada y empresas públicas o privadas.

Fig. 1. Puestos radar de trayectografía. (Fuente: CET).

Fig. 2. Antena radar MFTR-43. (Fuente: CET).

Trayectografía

En el Área de Ingeniería del CET se emplaza el Departamento de Balística y, dentro de éste, los trayectógrafos. La trayectografía, según el diccionario, es la parte de la astronáutica técnica que se usa en el estudio de las trayectorias de los cohetes y vehículos espaciales, además del estudio de las trayectorias de los proyectiles de mediano (desde 40 mm) y gran calibre (hasta 155/52 mm).

El CET dispone en la actualidad de dos sistemas radar encargados de realizar las mediciones solicitadas con el fin de analizar los parámetros físicos y gráficos del vuelo de los proyectiles. Estos sistemas son los radares *doppler* de MF-CW (*Multi Frecuency-Continuos Wave*) MFTR-40 y MFTR-43, respectivamente, diseñados y fabricados por una empresa líder en el sector. A medio plazo está prevista la sustitución del radar MFTR-40 por el radar MFTR-39, un nuevo sistema que optimizará mejor la detección y la presentación de ecos, pues está dotado de una funcionalidad que le permite transmitir con multihaz y de cámaras ópticas e IR (imagen 1).

Funcionalidad del radar *doppler*

El funcionamiento del radar *doppler* de MF-CW se fundamenta en la emisión de dos señales de onda continua (CW) con amplitud idéntica y con dos frecuencias determinadas. Cuando la señal radiada y reflejada en un objeto es recibida por el radar, éste realiza una medición de fase con ambas señales y obtiene la información de distancia de su diferencia. El radar utiliza dos antenas (imagen 2), una para la transmisión (panel izquierdo) y otra para su recepción (panel derecho).

Las técnicas de procesamiento *doppler* se basan en la medición del contenido espectral (frecuencia) de la señal. Este contenido se obtiene tomando su transformada rápida de Fourier (FFT), convirtiéndola en una señal de dominio de frecuencia o espectro de la señal de dominio de tiempo. La transformación de Fourier es una forma de análisis, que toma la forma de la señal en sus componentes seno y coseno (funciones básicas), siendo la componente de la señal una suma de ondas seno o coseno de diferente frecuencia, fase y amplitud. El radar, con la ayuda del análisis rápido de la transformada de Fourier, puede almacenar unos pocos datos mediante el procesamiento de la señal digital correspondiente al eco. En el caso de nuestro radar MFTR-43, es posible seleccionar el Tiempo de Observación (Tobs) eligiendo diversas opciones de FFT, entre 262.144 puntos (Tobs = 1677,7 ms) y 256 puntos (para Tobs = 1,6 ms). Un incremento en los FFT es directamente proporcional a

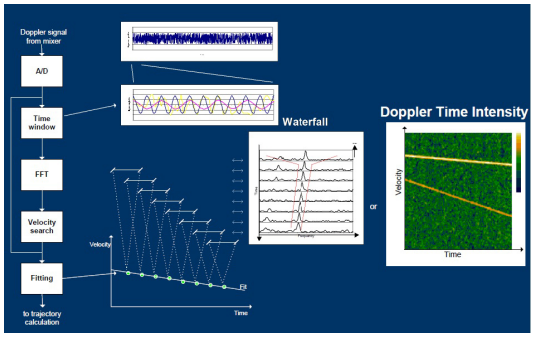

Fig. 3. Detalle de FFT DTI. (Fuente: Weibel).

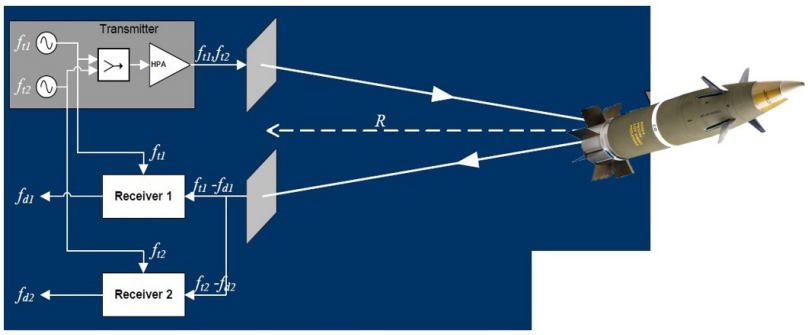

Fig. 4. Detalle TX-RX. Fuente: Weibel).

una mejor resolución en el cálculo de velocidad y una disminución de los FFT es inversamente proporcional al Tiempo de Resolución (imágenes 3 y 4).

La distancia calculada será igual a $R = [(\Delta\Theta/4\pi)(c/(f_{t1}-f_{t2})]$, donde R es la distancia al eco, $\Delta\Theta$, la diferencia de la fase de la señal *doppler* recibida por el receptor, c, la velocidad de la luz y $f_{t1}-f_{t2}$, las frecuencias radiadas, respectivamente.

Radar *doppler* del CET

El radar MFTR-43 lo conforman varias subunidades:

- **Antena**, donde se sitúa: el transmisor, quien genera la energía de radiofrecuencia mediante una serie de amplificadores de potencia y preamplificadores montados en cascada; el receptor, que contiene LNA (amplificadores de bajo nivel de ruido); la unidad Servo, que posiciona la antena en inclinación y orientación.

  El seguimiento del eco lo hace la antena orientándose mediante la comparación de fases de los distintos canales tomados dos a dos. El error del ángulo en elevación lo calcula con la diferencia de fases entre la comparación de los canales 1 y 3 y los canales 2 y 4, respectivamente. Mientras el cálculo del ángulo de azimuth lo hace comparando los canales 1 y 2 y los canales 3 y 4. Gracias a esta comparativa «2D» de la señal monopulso, el radar consigue enfocar y centrar perfectamente el eco.

  Además, en la antena se ha colocado una cámara de video que proporciona, mediante video IP, una secuencia de fotogramas cada 0,034 s aproximadamente, permitiendo secuenciar toda la trayectoria casi desde la salida en boca del proyectil hasta el pique (o punto de impacto). El enfoque del proyectil se lleva a cabo mediante la comunicación de la distancia que en cada momento de la trayectoria se está registrando el radar desde uno de sus ordenadores.

- **Ordenadores interconectados** por una red interna y con la antena.
  - **IC** (*Instrumentation Controller*), ordenador donde se gestiona, con el programa *Wintrack*, el funcionamiento del conjunto del sistema radar, además de realizar un diagnóstico automático y a demanda del operador. Proporciona una amplia gama de herramientas que admiten el seguimiento completo del proyectil y el proceso de medición del mismo en vuelo, la planificación de la misión (mediante el cálculo de la predicción del vuelo, con una serie de algoritmos internos), su alineación y calibración. Suministra al operador la posibilidad de reproducir los archivos generados para cada disparo, tanto *online* como *offline*, para una análisis exhaustivo de los éstos.
  - **RTDS** (*Real Time Data System*), ordenador que almacena los datos obtenidos durante el seguimiento de los disparos medidos. En el RTDS el operador tiene disponibles los datos *offline*, para una análisis a posteriori de las gráficas obtenidas de cada uno de los disparos, permitiéndole profundizar sobre cualquier anomalía que se hubiera presentado durante el vuelo.
  - El **ordenador RTP** (*Real Time Processor*), gestiona la intercomunicación entre los otros dos ordenadores y con la unidad de Antena (funciona como un *hub* para todos los componentes del sistema) mediante fibra óptica y cables de red. Este ordenador recibe las señales *doppler* de la Antena, controlándose desde el IC. El RTP transmite en tiempo real la medida de la relación Señal-Ruido (SNR), la velocidad, la distancia y los ángulos para cada eco en seguimiento, hacia el IC.

La información que ofrece a priori el sistema radar al operador es un interface gráfico, seleccionable por él, que puede contener diversos datos instantáneos del disparo que se esté midiendo. Entre estos datos obtenemos: velocidad instantánea, elevación de la antena, azimuth de la antena, altura del proyectil, deriva (*groundtrack*), distancia, relación señal-ruido (SNR), puntos FFT seleccionados, porcentaje de potencia radiada, etc. (imagen 5).

En la gráfica DTI (*Doppler Time Intensity*), bajo demanda del operador, una vez finalizada la medida, podemos ver la curva velocidad-tiempo, representada con una gama de colores o escala de grises que representan los dB/Hz. El operador, con unos clics de ratón, selecciona el área a analizar y solicita al programa el procesado de los datos gráficos centrándose de esta forma en la trayectoria descrita por el proyectil en sí y, dependiendo si queremos analizar un eco (SOT, *Single Object Tracking*) o varios (MOT, *Multi Object Tracking*), seleccionaremos alguna de estas opciones, respectivamente. Además, podremos elegir el tipo de eco al que se ha realizado el seguimiento (mortero, *small caliber*, *airplanes*, *high acceleration*).

Una vez procesada la señal, aparecerá una gráfica VTI (velocidad tiempo) con la trayectoria perfectamente definida y en la que existe la posibilidad de corregir y retocar los puntos descritos por el eco que estén peor definidos, pudiendo incluir el operador puntos *tentative* o *unassigned*. El

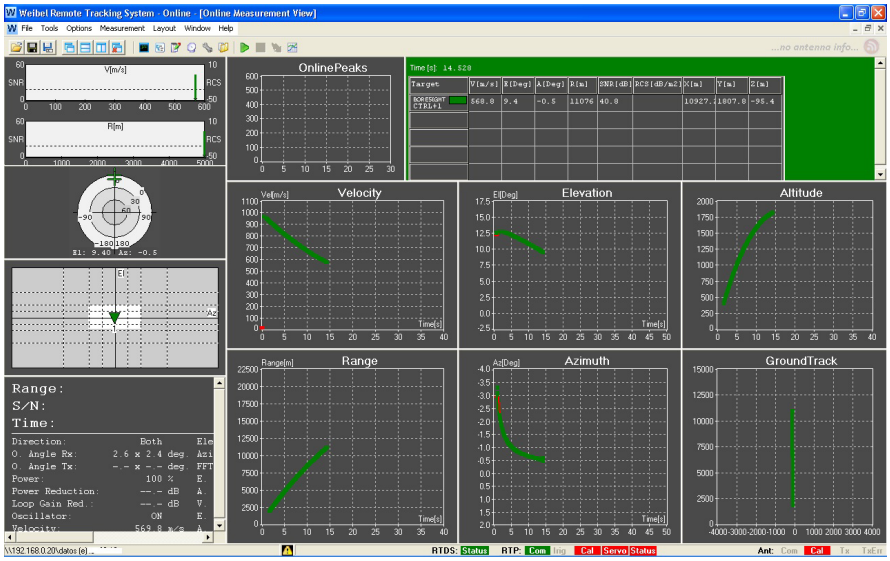

Fig. 5. Captura de pantalla del interface gráfico. (Fuente: Weibel).

sistema nos presenta los puntos preseleccionados por él como los componentes de la trayectoria del eco y, a partir ahí, el operador puede solicitarle la generación de las gráficas que incluye, siendo en funcionalidad del *software* quien nos permite realizar un estudio exhaustivo del vuelo del proyectil. El programa ofrece gráficas de velocidad y aceleración (radial, tangencial y angular, velocidad en los tres planos «x, y, z»); datos de azimuth, elevación, altura, distancia, deriva angular, ángulo de impacto del proyectil; relación señal ruido, *spin*, RCS (*Radar Cross Section*); y otras curvas balísticas como el coeficiente aerodinámico (*Drag*), el *Jerk* (también conocida como «sobreaceleración» o la variación de la aceleración en la unidad de tiempo m/s^3) y el *Drag* en función del *Mach* (coeficiente definido por la relación de la velocidad de un objeto comparado con la velocidad del sonido), por ejemplo.

Desde hace un tiempo en el CET se realizan, entre otros muchos, estudios de proyectiles con BB (*Base Bleed*), que es un sistema utilizado en algunos proyectiles para aumentar su alcance en torno al 30%. En artillería, la resistencia al avance del proyectil proviene de la fricción de la cabeza y del vacío que deja éste en su desplazamiento. Los proyectiles *Base Bleed* alojan en su culote una pastilla que provoca una llamarada, que ocupa ese vacío, evitando la resistencia al avance e impulsándolo. Como ejemplo de la utilidad de las gráficas balísticas, se puede mencionar que existe una relación entre la disminución brusca de la aceleración en la unidad de tiempo y el apagado de la pastilla *Base Bleed*, pudiendo ser medido perfectamente ese tiempo. Este parámetro suele ser solicitado por las empresas fabricantes del sector para obtener la efectividad de ese tipo de dispositivo (imagen 6).

También es frecuente analizar el comportamiento aerodinámico de los proyectiles, teniendo en cuenta su masa, sus medidas y las condiciones ambientales con las que se ha lanzado. Todos estos datos se introducen en el programa *Wintrack* y éste los utiliza para generar un archivo ASCII, que es una herramienta extraordinaria para el diseño de los proyectiles. Un mejor o peor diseño de éstos puede implicar el que el vuelo sea más o menos correcto, influyendo enormemente en el rozamiento con el aire, consiguiéndose o no los alcances esperados y el que lleguen o no a su objetivo.

Cada vez que se adquiere nueva munición para poner en servicio se crean las tablas de tiro. Nuestro sistema radar realiza el análisis paramétrico de toda la trayectoria y es capaz de hacer una previsión de la trayectoria que puede describir el proyectil. El operador introduce datos de peso, datos meteorológicos actualizados y los parámetros para el disparo del arma, proporcionado el radar una previsión muy aproximada a la trayectoria que seguirá el proyectil.

Conclusiones

El estudio trayectográfico es muy demandado por organismos oficiales, para verificar que los lotes de munición se encuentran en buenas condiciones para su utilización, y por empresas, para la certificación de sus nuevos proyectos balísticos. Esta mayor demanda obliga a aumentar los niveles de exigencia y a una constante actualización de los medios que se utilizan para la trayectografía.

La excelencia y la objetividad en los análisis que se realizan son las metas fundamentales que se han marcado para ofrecer el mejor servicio a los clientes, por parte del CET y de la trayectografía en particular.

Agradecimientos

El autor desea agradecer al Director y al Jefe de Ingeniería del CET por apoyarle y facilitar la elaboración del presente artículo.

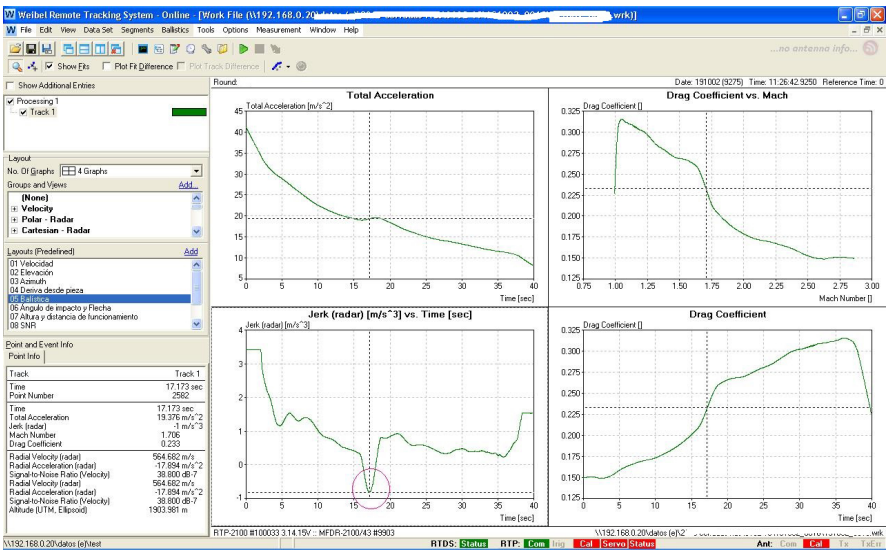

Fig. 6. Imagen curva Jerk BB. (Fuente Weibel).

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa

Disponible en

http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/Publicaciones.aspx?cat=BOLETINES TECNOLÓGICOS

https://publicaciones.defensa.gob.es/catalogsearch/result/?cat=0&q=boletin+de+observaci