**DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL**

**SUBDIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA Y CENTROS**

**Nº 7. Segundo Trimestre 2005**

# Boletín de Observación Tecnológica en Defensa

**Editado por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica**

## *En este número*


- *ACTUALIDAD OBSERVATORIOS*
- *ACTUALIDAD TECNOLÓGICA*
- *TECNOLOGÍAS EMERGENTES*
- *ENLACES DE INTERÉS*
- *AGENDA*


## *Contactar*

***Nodo Gestor***
C.N. Ing. Manuel Berná Serna
SDG TECEN C/ Arturo Soria 289
Madrid 28033
mberna@oc.mde.es

***Observatorio de Electrónica***
C.N. Ing. Manuel Golmayo Fernández
mgolmayo@oc.mde.es

***Observatorio de Óptica y Optrónica***
C.N. Ing. Arturo Maira Rodríguez
arturomaira@oc.mde.es

***Observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección***
Col. CIP Carlos López Agudo
clagudo@oc.mde.es

***Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación***
Cte. CIP Moisés Serrano Martínez
msermar@oc.mde.es

***Observatorio de NBQ***
TCol. CIP Juan C. Fernández Fernández
jcfernandez@oc.mde.es

***Observatorio de Materiales***
Dr. José Maroto Sánchez
marotosj@inta.es

***Observatorio de UAV´s y Robótica***
Cap. CIESO Jesús M. Aguilar Polo
jaguilarp@oc.mde.es

***Observatorio de Energía y Propulsión***
C.F. Ing. Gerardo Matres Manso
gdomatres@oc.mde.es

www.mde.es/dgam/observatec.htm

*En este número:*

**"Smart Textiles"**

**Radares de vigilancia**

**Nanofotónica en silicio**

**Detección de agresivos químicos**

**Eliminación $CO_2$ en sistemas AIP**

## EDITORIAL

Como el lector habitual habrá podido constatar que el número de colaboraciones en el boletín por parte de miembros de la comunidad científica y de defensa crece con cada número, siendo todas las colaboraciones de un gran interés y calidad técnica. Este hecho, no sólo nos honra, sino que también nos llena de optimismo y ganas de trabajar, ya que refuerza la idea de los Observatorios como un sistema abierto, que se nutre de las contribuciones y el asesoramiento tecnológico de la comunidad científica y de defensa.

De la misma forma, el trabajo diario de los Observatorios debe resultar útil y de interés para estas comunidades. De hecho, sólo de esta forma podremos considerar nuestro trabajo como provechoso. Así, la vigilancia tecnológica realizada en el sistema de Observatorios, no sólo tiene como objetivo la identificación de tecnologías de interés, emergentes y/o innovadoras, sino que a esta identificación, debe seguir el análisis y evaluación del potencial innovador y del impacto en diferentes áreas de aplicación. Este análisis, pasa por filtrar la calidad técnica, evaluar y hacer hincapié en la potencial relevancia militar, obteniendo tanto las oportunidades (una tecnología innovadora puede habilitar o mejorar una capacidad) como las amenazas de la tecnología innovadora (puede ser utilizada por potenciales adversarios).

Sin embargo, no basta con acumular en los Observatorios este conocimiento derivado del seguimiento y análisis de las tecnologías, sino que es necesario difundirlo, tanto entre los actores involucrados en la planificación tecnológica como entre todos los que contribuyen a hacer realidad esta planificación. Es en este momento cuando podemos hablar de un avance en la forma de afrontar el futuro de los sistemas de defensa, esto es, cuando usuarios, gestores y tecnólogos comparten toda la información disponible sobre las tecnologías y su potencial.

## EDA: European Defence Agency

AFARMADE organizó el pasado 9 de mayo un foro abierto en relación a la Agencia Europea de Defensa (EDA). El foro tenía entre sus objetivos el intercambio de opiniones entre Industria y Defensa en relación a la puesta en marcha de la agencia y las implicaciones, retos y oportunidades que se derivan de la existencia de la misma.

La jornada se inició con una serie de conferencias y continuó con un coloquio. Las conferencias incluyeron una primera introducción relativa a la gestación de la EDA y sus previsiones de futuro y unas presentaciones más descriptivas sobre el marco organizativo y las funciones a desempeñar por cada una de las direcciones que constituyen la EDA, así como el programa de trabajo previsto en esta fase de inicio. Las presentaciones fueron realizadas por personal español que se ha incorporado recientemente a la agencia.

El debate, con muchas intervenciones, tanto de la industria como de los representantes de defensa, puso de manifiesto el binomio amenaza / oportunidad que supone la agencia para un país como España, con una base tecnológica industrial en el área de defensa desarrollada, pero sin una posición clara de liderazgo en el entorno europeo. La experiencia derivada de la participación en programas internacionales y el nivel tecnológico de muchas de las empresas nacionales son el mejor activo para afrontar con garantías este nuevo reto.

http://ue.eu.int/cms3_fo/showPage.asp?lang=en&id=277&mode=g&name=

## NUEVO OBSERVATORIO: Energía y Propulsión

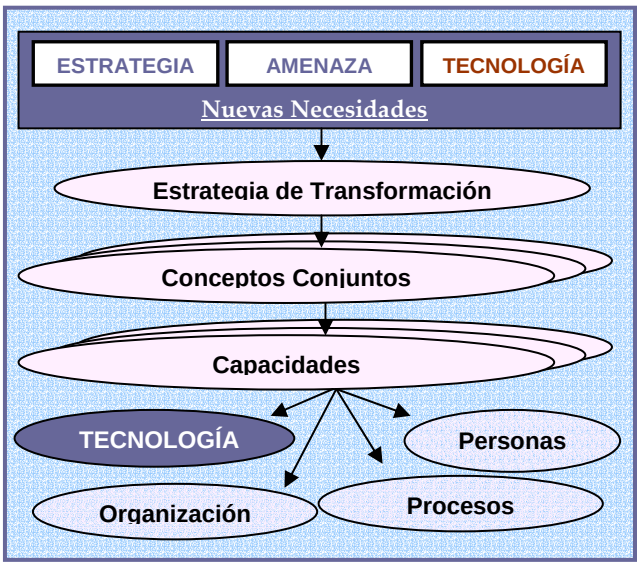
El pasado mes de marzo se creó el nuevo Observatorio de Energía y Propulsión, dedicado a la vigilancia de estas dos áreas de gran vigencia y amplio espectro de aplicación. Realiza, además, el seguimiento de programas nacionales e internacionales en este campo. El Observatorio de Energía y Propulsión lleva cuatro meses en funcionamiento y se coordina desde la Subdirección General de Tecnología y Centros.

Con el inicio de actividades de este nuevo Observatorio, son ya ocho los Observatorios Tecnológicos puestos en marcha: Electrónica; Óptica-Optrónica; Armas, Municiones, Balística y Protección; Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación; Protección NBQ; Materiales; UAV's y Robótica; y Energía y Propulsión.

## DEFENCE TRANSFORMATION

La influencia de las nuevas tecnologías, y en especial de las tecnologías de la información, sobre los sistemas militares y por extensión sobre la defensa en su conjunto, dio lugar a lo que se denomina RMA o "Revolution in Military Affaires". El término, en auge en los años 90, ponía de manifiesto cómo la asimilación de las nuevas tecnologías y su integración en sistemas y plataformas suponía un salto conceptual en la "forma de hacer la guerra", a lo que se unía un cambio sustancial en la estrategia, tras el fin de la guerra fría y la desaparición del bloque del Este. Desafortunadamente, la puesta en marcha de esta nueva concepción de la defensa, se vio acelerada

por los atentados del 11 de septiembre, que sin duda han forzado procesos de revisión de la estrategia de defensa, no sólo en EEUU sino también en el seno de la OTAN y en la mayor parte de los países europeos. Es en este contexto donde toma fuerza el concepto de Transformación de la Defensa o "Defence Transformation" poniendo de manifiesto las nuevas necesidades: unas fuerzas ágiles y centralizadas, que puedan pasar a la acción desde posiciones de vanguardia, que refuercen rápidamente otras zonas y que derroten a los adversarios rápida y contundentemente.



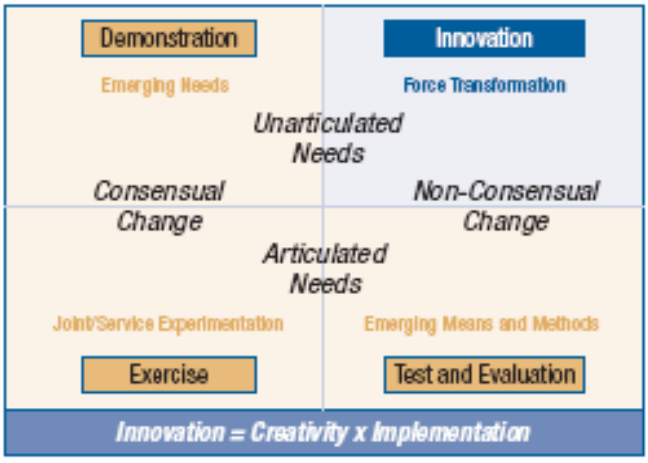

Así, la "Defence Transformation" no es únicamente una respuesta a la amenaza del terrorismo global, sino también la evolución de las FAS de la era Industrial a la era de la Información. Es un proceso que refleja la naturaleza cambiante de los conflictos y las posibles respuestas a los mismos a través de nuevas combinaciones de conceptos, capacidades, personas y organizaciones. De esta forma, el término "transformación" pasa a reflejar los posibles cambios, discontinuos y a gran escala, en armamento, organización militar y conceptos de operación, provocados por la aparición de tecnologías emergentes o existentes, o por nuevos y diferentes retos en seguridad internacional, en contraposición con la modernización rutinaria de capacidades militares.

Desde la perspectiva OTAN, el término "Defence Transformation" tiene diferentes acepciones, y engloba múltiples conceptos como planeamiento de las capacidades básicas, operaciones orientadas a efectos (EBO), Network Enabled Capability / Network Centric Warfare (NEC/NCW), y la experimentación y el desarrollo de nuevos conceptos, tanto operativos como de aplicación de tecnologías.

Una vez más, es EEUU el país que lidera el mayor número de esfuerzos e iniciativas y de alguna forma el que ha dado contenido al "Defence Transformation". Desde el punto de vista americano, la transformación afecta al planeamiento, más orientado a capacidades y con un fuerte hincapié en disminuir los ciclos de obtención, a la cooperación entre organismos, difuminándose la frontera entre defensa y seguridad, y por último y no por ello menos importante, a la transformación de las propias unidades (Force Transformation).

Para poner en práctica esta nueva idea de la defensa es necesario reforzar determinadas capacidades como inteligencia, vigilancia y reconocimiento y asegurar la correcta distribución de información en operaciones dispersas, lo que se traduce en poner en práctica el concepto de NEC. Por su parte, logística y operaciones no pueden considerarse fases independientes sino que requieren una planificación conjunta. Adicionalmente, la naturaleza cambiante de los conflictos, con un predominio de las operaciones en terrenos urbanos y un enemigo difuminado entre la población civil, requiere nuevos sistemas que garanticen la protección de las fuerzas propias, a lo que se une la reaparición de antiguas amenazas como armas químicas, biológicas, radiológicas y nucleares, así como misiles balísticos, que requieren tecnologías de protección muy específicas.

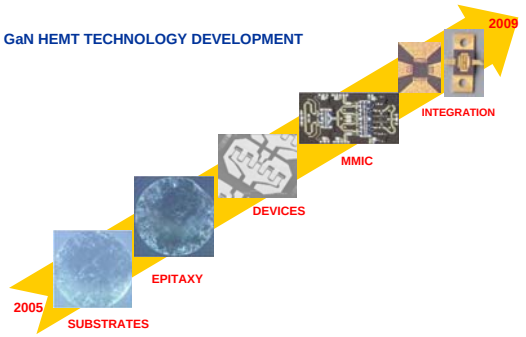
La transformación aparece así como un concepto muy complejo, que abarca no sólo los procesos sino también la mentalidad con la que se acometen los mismos. No basta con introducir nuevas tecnologías, sino que es necesario incentivar la innovación y en cierta medida el riesgo, haciendo hincapié en el desarrollo y la experimentación, de forma que se minimicen los tiempos de puesta en servicio.




En conclusión, podríamos decir que los nuevos retos, oportunidades y amenazas de un mundo cada vez más globalizado, y el imparable avance de la tecnología, exigen nuevos enfoques del concepto de defensa. No basta con disponer de ejércitos bien equipados, sino que la capacidad de adaptación y transformación, la búsqueda continua de nuevas soluciones y la rapidez en su puesta en servicio son el elemento clave para conseguir la superioridad frente a los adversarios.

# KORRIGAN: DESARROLLO DE TECNOLOGÍA GaN

El pasado 2 de febrero, se celebró en París la reunión que marca formalmente el comienzo del proyecto KORRIGAN "Key Organization for Research on Integrated Circuits in GaN Technology". KORRIGAN es una iniciativa muy ambiciosa en la que participan Alemania, España, Francia, Gran Bretaña, Holanda, Italia y Suecia. Este proyecto busca profundizar en el conocimiento y desarrollo de tecnologías para el procesado de dispositivos de microondas de alta potencia basados en GaN (Nitruro de Galio)[1].




[1]*Más información sobre tecnologías GaN y SiC en el Boletín de Observación Tecnológica en Defensa, nº1.*

El proyecto se enmarca bajo el paraguas legal del MoU EUROPA y por su contenido y temática, su puesta en marcha se ha realizado a través de la CEPA 2 (Common European Priority Area) dedicada a la Microelectrónica. A día de hoy, por número de empresas, instituciones y laboratorios participantes, 28 en total, y por financiación, más de 45M€, es el programa más grande puesto en marcha en el GAEO/WEAG.

El principal objetivo de KORRIGAN es establecer las bases tecnológicas que permitan crear una cadena europea de suministro independiente de componentes y dispositivos de GaN. Al final del proyecto, Europa debería contar con la madurez tecnológica necesaria que permitiese el establecimiento de "*foundries*" capaces de suministrar a la industria europea de defensa dispositivos de GaN de última generación.

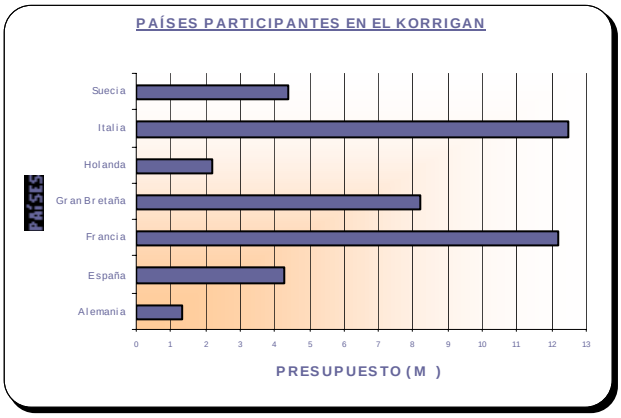
Con el fin de alcanzar este objetivo, el proyecto se ha dividido en 6 subproyectos que cubren el amplio espectro de problemas tecnológicos que el GaN presenta en la actualidad. Los proyectos van desde aspectos tan fundamentales como son el material de partida (suministro de sustratos), hasta aspectos más prácticos como son el diseño y realización de una serie de demostradores, tales como HPA's en banda S y X, LNA's, Switches o HPA's y LNA's de banda ancha.

La relevancia militar del proyecto es clara. Las capacidades operativas de los sistemas de Guerra Electrónica y Radar dependen, en gran medida, de las características de los componentes que los constituyen. La mejora de estas capacidades pasa obligatoriamente por la introducción de componentes y dispositivos semiconductores procesados sobre materiales de *gap* de banda ancha que permitan mayores potencias, mayor ancho de banda y mayor eficiencia sin degradar la calidad de la relación señal-ruido. Por sus características, el Nitruro de Galio se ha destacado como uno de los semiconductores más prometedores para cubrir los requerimientos exigidos a medio plazo. Sin embargo, la tecnología asociada al material es compleja y será necesario realizar un gran esfuerzo para salvar los problemas tecnológicos que presenta.

## EL PROYECTO

KORRIGAN es un proyecto de 48 meses de duración, con una carga total de trabajo superior a 2.500 hombre/mes, lo que estadísticamente supone más de 50 técnicos trabajando a tiempo completo durante los cuatro años de duración del proyecto. Esto da una idea de la magnitud de KORRIGAN y del esfuerzo que supondrá llevar a cabo las múltiples tareas que se han propuesto realizar. Al final del proyecto se habrán generado más de 40 documentos, técnicos y de gestión, y se habrán realizado al menos 8 reuniones plenarias de seguimiento, además de múltiples reuniones técnicas multilaterales entre miembros del Consorcio Industrial y/o del Grupo de Gestión.

En lo que a la parte industrial respecta, la coordinadora y principal empresa gestora del proyecto es THALES Francia, apoyada por la italiana Alenia Marconi Systems (AMS). Con objeto de facilitar la gestión de un proyecto de estas dimensiones se ha creado un Comité Ejecutivo que tiene el control operativo del proyecto. Respecto a la parte institucional, en KORRIGAN se ha constituido un Grupo de Gestión compuesto por técnicos de los Ministerios de Defensa de cada uno de los países participantes. Cabe mencionar también que la Agencia Espacial Europea (ESA) ha mostrado interés por KORRIGAN desde su gestación y un grupo de técnicos de dicha Agencia están en contacto permanente con los miembros del Grupo de Gestión del proyecto.



El presupuesto total de KORRIGAN, impuestos incluidos, es de más de 45M€ y la financiación por país se puede observar en el gráfico de la figura anterior.

## LA PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA

La participación nacional en KORRIGAN corre a cargo de la empresa INDRA Sistemas, la Universidad Politécnica de Madrid, a través de su Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología (ISOM), y el propio Ministerio de Defensa, a través de unos de sus Centros Tecnológicos, el CIDA.

España ha llegado a KORRIGAN en buena disposición científica y tecnológica, gracias a la experiencia adquirida en el programa DN8644 COINCIDENTE "Desarrollo de transistores de GaN de potencia para amplificadores de radiofrecuencia" auspiciado, gestionado y en gran parte financiado por el Ministerio de Defensa desde 2000 hasta 2005 y con la participación de los mismos actores que en KORRIGAN. Los resultados obtenidos en este proyecto son muy prometedores y tan pronto finalice, en junio de 2005, los principales logros se presentarán en un monográfico en este boletín.

Finalmente, y mirando hacia atrás, hay que destacar el acierto que supuso en su momento la inversión realizada dentro del Programa COINCIDENTE en un proyecto que ha permitido trabajar en tecnologías básicas capacitadoras de GaN. Sin duda, si no hubiera existido una iniciativa a nivel nacional de estas características es seguro que, o bien no se hubiera podido participar en KORRIGAN, o bien España se encontraría en unas condiciones técnicas muy precarias respecto al resto de los participantes.

## NORMALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOESPACIAL

El 19 de abril se celebró en Madrid una jornada técnica sobre la normalización de la información geoespacial, en la que se presentaron los últimos avances tecnológicos en sistemas de producción y tratamiento de cartografía digital, bases de datos geográficas, tratamiento de imágenes y distribución de la información geoespacial. La jornada se celebró bajo el patrocinio de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa, aprovechando las reuniones plenarias, celebradas en Madrid entre los días 11 y 22 de abril, de los dos principales organismos multinacionales involucrados en el avance de la cartografía de nueva generación de aplicación para la defensa: el Grupo de Trabajo de Información Geográfica Digital (DGIWG) y el Programa Multinacional de Coproducción Geoespacial (MGCP).

En dichas reuniones periódicas es habitual incluir la celebración de una jornada en la que la industria del país anfitrión muestra, tanto a través de *stands* como de presentaciones y demostraciones, sus capacidades en áreas de interés para la labor de ambos grupos, con objeto de exponer a sus miembros las posibilidades que brindan sus desarrollos para futuras actividades.

La jornada contó con una importante representación tanto de las principales compañías españolas como de los más destacados organismos nacionales en el área: Centro Nacional de Información Geográfica / Instituto Geográfico Nacional, Instituto Cartográfico de Cataluña, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y Servicio de Coordinación Cartográfica del Ministerio de Defensa.

*Más información en: http://www.mde.es/web_geoespacial/*

## INICIO DE TESIS DOCTORAL: Integración de Sensores en Sistemas de Defensa para el Seguimiento y Detección de Blancos

La utilización de diferentes sensores se ha convertido en un requisito irrenunciable para los sistemas de defensa asociados a vigilancia, reconocimiento y designación de blancos. La aproximación multisensor permite complementar los datos de los distintos sensores lo que redunda en un mejor conocimiento de la posición del blanco, disminución de la tasa de falsas alarmas y reducción de la susceptibilidad frente a contramedidas, a lo que se une un funcionamiento "todo tiempo". El seguimiento de blancos es una exigencia esencial para los sistemas de vigilancia en los que se emplean uno o más sensores, unidos a los subsistemas de proceso para interpretar el entorno o escenario. Las técnicas de filtrado Kalman, dentro de los estimadores lineales, constituyen una de las herramientas básicas para abordar el problema del seguimiento multisensor. El filtro Kalman elige la secuencia de ganancia y estima la exactitud en seguimiento de acuerdo a las variaciones (en términos de exactitud y tasa actualizada) de los datos de entrada y la geometría del blanco a considerar.

El trabajo de investigación se plantea en dos fases diferentes, con objetivos y conclusiones específicas:

1.- Análisis del escenario. El objetivo es establecer el escenario en que se encuentran los sistemas de defensa en el que se pretenden integrar los sensores.

2.- Simulación y análisis de resultados. Una vez establecido el escenario, se comienza con la descripción del modelo matemático del sistema bajo estudio. El enfoque principal es la aplicación de técnicas de simulación y filtrado Kalman a un radar de seguimiento asociado a otros sensores en una plataforma militar.

*- La tesis será desarrollada por el Alf. N. Ing. F. Javier Fernández Martínez, destinado en la JAL, y dirigida por el departamento de Infraestructuras, Sistemas Aeroespaciales y Aeropuertos de la ETS de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid.-*

# SÍNTESIS DE MATERIALES ENERGÉTICOS (SIME)

En los últimos años se han incrementado los requerimientos de los propulsantes, por lo que es necesario cumplir una serie objetivos: aumentar las prestaciones, disminuir las características de la firma y reducir las emisiones medioambientales y la vulnerabilidad frente a una iniciación accidental. Además, dado que en muchas aplicaciones una limitación importante es el volumen, se deben obtener productos de alta densidad.

Los materiales energéticos comerciales actuales, como la NC Nitrocelulosa, NG Nitroglicerina, RDX Exógeno, HMX Octógeno o AP Perclorato Amónico, no pueden cumplir todos estos objetivos y es necesario recurrir a nuevos productos, explosivos y polímeros, que, entre otras propiedades, tengan una baja sensibilidad mientras mantienen una alta energía. Entre los nuevos materiales energéticos destaca el CL-20, un explosivo con estructura en forma de jaula, sintetizado por primera vez en 1997 por el Naval Air Warfare Center Weapons Division, de la Marina de los Estados Unidos, con mejores propiedades explosivas que el HMX.

Para optimizar la preparación de estos materiales energéticos se recurre a materias primas comerciales de bajo coste y/o a mejorar las rutas de síntesis. Lógicamente, estos nuevos materiales energéticos aún no están comercializados y si se desea disponer de ellos es necesario sintetizarlos. Con este objetivo, el LQCA (Laboratorio Químico Central de Armamento), a través del programa SIME, ha puesto en marcha un laboratorio de síntesis con material y personal formado al efecto. El laboratorio ha sintetizado, a escala multigramo, los explosivos y polímeros con más relevancia, dentro de los nuevos materiales energéticos. En estos momentos, este nuevo laboratorio está capacitado para acometer la síntesis de cualquier material energético y, en esta línea, tratará de mejorar las rutas de síntesis de dichos materiales.

## ¿QUIERE COLABORAR EN EL BOLETÍN?

Envíe sus sugerencias al **Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica** y contactaremos con usted. Puede proponer temas que considere de interés o sobre los que le gustaría ampliar conocimientos, colaborar preparando artículos en temas de su experiencia,...

**Contacto**: CN Ingº Manuel Berná Serna
Tlf. 91 395 46 54 mberna@oc.mde.es

# NUEVOS RECEPTORES GPS SAASM

El pasado marzo, tuvo lugar en la Embajada de los EEUU una jornada, organizada por su Servicio Comercial, sobre receptores militares GPS con las nuevas prestaciones SAASM (Selective Availability Anti-Spoof Module).

El objetivo de la presentación se centró en la descripción y explicación de las prestaciones de los nuevos receptores y la infraestructura SAASM bajo el punto de vista de las aplicaciones, que cada día requieren más precisión, y de la sincronización de los terminales de comunicaciones utilizados en el área del mando y control militar.

La idea y la necesidad de SAASM surge de cómo proteger a las Fuerzas de los EEUU y de los países aliados del uso hostil de la señal civil durante ciertas operaciones militares, mientras se mantienen a nivel global las infraestructuras y servicios que se han desarrollado en el mundo civil.

Sistema GPS compatible SAASM
(CommSync II Model 385, FEI-ZYFER)

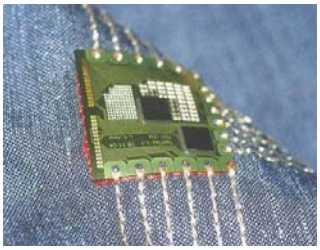
Consecuentemente, denegar el uso de la señal civil de forma local constituye uno de los objetivos del nuevo sistema SAASM. Además, otro de los objetivos del sistema es mejorar las capacidades de robustez frente a acciones intencionadas hostiles ("jamming" y "spoofing"), añadiendo nuevas capacidades de encriptación a la señal militar en aras de la seguridad y confidencialidad.

La nueva infraestructura GPS-SAASM conocida como 3ª generación de GPS militares incluye:

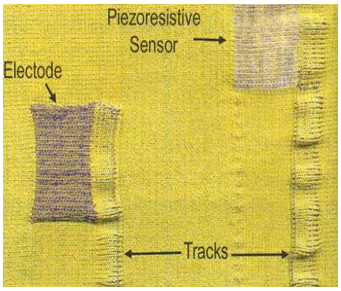
- Receptores antimanipulado ("tamper-proof").
- Los equipos GPS son no clasificados reduciendo complicaciones de control y logística.
- Se establece una nueva arquitectura de códigos encriptados con capacidad OTAR (Over-The-Air-Re-Keying) para recodificación automática por la señal GPS desde el satélite.
- Capacidad de adquirir la señal militar (código P(Y)) en ausencia de la señal civil (código C/A)
- Conjunto de capacidades clasificadas que añaden robustez y seguridad en la utilización del GPS modo militar (anti-spoofing)

# REUNIÓN GRUPO SET-ET043/OT "SMART TEXTILES"

El pasado mes de marzo tuvo lugar en Brujas (Bélgica), la primera reunión del grupo de trabajo SET-ET043/OT, para el proyecto "Smart Textiles for the NATO Warfighter" del panel SET (Tecnología Electrónica y de Sensores) de la OTAN/RTO. El objeto de la reunión, en la que participaron representantes de Estados Unidos, Alemania, Bélgica, Lituania y España, fue determinar los requisitos técnicos necesarios para la puesta en marcha del mencionado proyecto. En esta reunión destacó la presencia de diversos expertos, de institutos de investigación e industria local, invitados para exponer sus trabajos y proporcionar una visión general del estado del arte en la investigación, y de las tecnologías disponibles actualmente para los textiles industriales.

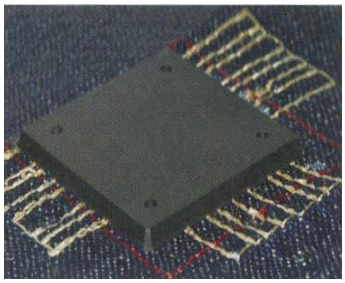


Los participantes presentaron sus capacidades tecnológicas relativas a la mejora de la efectividad militar del soldado NATO, mediante el uso de tejidos inteligentes y sus posibilidades de aplicación en el campo de batalla. Se expusieron presentaciones relativas a las muy diferentes tecnologías que pueden estar relacionadas con el campo de los textiles inteligentes, como protección electromagnética, tejidos conductores, respuestas química y biológica, y propiedades mecánicas, acústicas, térmicas, eléctricas y ópticas requeridas a estos materiales para poder satisfacer las posibles necesidades del soldado del futuro. Entre las presentaciones realizadas destacó la expuesta por el WIWEB alemán, sobre sus líneas de investigación en el campo de los camuflajes y sus capacidades de fabricación de prototipos. Se trataron los diferentes patrones de colores utilizados para invierno, áreas urbanas, desierto y áreas de mucha vegetación y destacaron muy especialmente los desarrollos presentados sobre pigmentos fotocrómicos para camuflajes adaptativos.




Como conclusión de la reunión, se obtuvieron una serie de líneas prioritarias de actuación, agrupables en tres grandes áreas y cuyo desarrollo se debe incentivar. En primer lugar, se destacó la importancia de la adaptación estática y dinámica al ambiente, orientada fundamentalmente al camuflaje óptico activo/adaptativo, así como al camuflaje RF y EM, radar e infrarrojo y ultravioleta. En segundo lugar, se discutieron las propiedades protectivas multifuncionales de los materiales textiles, con prioridad en la reducción de peso y en la disminución en el número de capas. El fin perseguido es la obtención de diferentes características en el menor número de capas de tejido, de modo que proporcione protección balística, electromagnética, NBQ, acústica, térmica y frente a láser IR y UV. Por último, se trató la acepción más comúnmente relacionada con el término de tejidos inteligentes, que es la relacionada con la electrónica y los microsistemas, en sus diferentes grados de integración.

Existen diferentes niveles de integración, desde las soluciones más simples para adaptar la microelectrónica a las ropas, la integración en los textiles mediante módulos conectables o la más deseable, en que se integran las funciones de sensores (ópticos, térmicos, fisiológicos,...) y microsistemas (memorias, enchufes, interconexiones, circuitería,...) mediante inserción directa entre las fibras del tejido. Para conseguir una adecuada integración de la microelectrónica es necesario un mayor desarrollo en los materiales utilizados, entre los que destacan los relacionados con la electrónica orgánica, que pueden ser aplicables en diferentes dispositivos. Los materiales orgánicos son flexibles, sus propiedades eléctricas y ópticas pueden ser moduladas mediante modificaciones de su estructura química y pueden ser procesados mediante diferentes técnicas para formar películas finas homogéneas. Sin embargo, las tecnologías relacionadas con el desarrollo de circuitos integrados orgánicos, dispositivos identificadores de radiofrecuencias, diodos emisores de luz orgánicos (OLED's), sensores y actuadores o memorias y medios de almacenamiento están todavía en sus primeros pasos de evolución, y queda un largo camino por recorrer en cuanto a su uso masivo en sistemas comerciales. De momento, los materiales básicos empleados en la integración de la microelectrónica son hilos metalizados, tejidos entre hilos textiles tradicionales, en los que se pueden conseguir conductividades adecuadas mediante tratamientos de deposición de recubrimientos metálicos, de modo que con unas capas metálicas convenientemente modificadas, es posible utilizar estos hilos y sus telas como conductores, sensores y actuadores.



Uno de los parámetros más importantes en estas aplicaciones es la generación y distribución de energía, para lo que existen muchas posibilidades. Las soluciones más frecuentes incluyen baterías y acumuladores recargables flexibles de Li-ión, aunque también existen algunos desarrollos que utilizan generadores solares o cinéticos.

La posible implantación futura de los dispositivos integrados en textiles pasa por la producción a bajo coste. Esto significa que tanto las posibilidades de la maquinaria relacionada, como las específicas de las fibras e hilos, deben ser desarrolladas al máximo para reducir el número de pasos de fabricación y poder crear estructuras polifuncionales. Por ello, existe una gran cantidad de centros realizando actividades de investigación en este campo, entre los que destaca la labor realizada por el Army Research Laboratory (USA), el Institute for Soldier Nanotechnology del MIT (USA), el Natick Soldier Center (USA) o los europeos WIWEB (Alemania) o CENTEXBEL (Bélgica).

## Espectrometría de Masas aplicada al análisis de Agentes Guerra BQ

El pasado abril tuvo lugar en Holanda la III Conferencia de Espectrometría de Masas aplicada al análisis de agentes de Guerra Química y Biológica, organizada por varios institutos de investigación NBQ: DSTL (Reino Unido), WIS (Alemania), CEB (Francia) y TNO (Holanda). Los representantes del Laboratorio de Verificación (LAVEMA) de la Fábrica Nacional La Marañosa presentaron un póster titulado "Derivatización del cloruro de tionilo con 2-hidroximetilpiperidina".

La conferencia pone de manifiesto la creciente preocupación acerca de la potencial amenaza del uso de agentes de guerra química y biológica (CBWA), como por ejemplo la ricina, en ataques a pequeña o gran escala, y la necesidad de mejorar las técnicas de análisis para la detección e identificación inequívoca de los agentes CBWA. Por este motivo se remarcó la importancia de la espectrometría de masas para el análisis de agentes CBWA y la necesidad de desarrollar nuevos detectores portátiles en laboratorios móviles. La tendencia actual es la miniaturización de los equipos y su futura integración con microprocesadores desarrollando las técnicas "lab-on-chip".

Los análisis abarcan diversos y complejos tipos de matrices, como son muestras medioambientales (aerosoles, sedimentos marinos, aguas de ríos) y muestras biológicas (orina, sangre), procedentes de la exposición de seres vivos a los agentes CBWA. Al utilizar estos agentes como biomarcadores, siguiendo su rastro en el metabolismo, se puede demostrar la exposición del ser humano a dichos agentes. Por último se resaltó la necesidad del intercambio de información y de colaboración entre los distintos laboratorios a nivel internacional.

## IV Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental

Los días 18, 19 y 20 de mayo de 2005 se celebraron en Sevilla las "IV Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental". El programa científico se articuló en torno a un conjunto de mesas redondas y ponencias invitadas, en una serie de temas de candente actualidad.

El objetivo del Comité Científico fue dar cobertura a un amplio espectro de temas, que permitiera a la comunidad científica que trabaja en el campo de la radiactividad ambiental tanto avanzar en la mejora y calidad de sus determinaciones, como ampliar sus conocimientos en las nuevas tendencias en este campo científico.

El Laboratorio de Análisis de Radiactividad Ambiental (LARA), de la Fábrica Nacional La Marañosa, realizó una presentación sobre "Preparación de Muestras de Calibración para Espectrometría Gamma", en la Mesa Redonda "Aspectos Operativos en un Laboratorio de Radiactividad Ambiental".

*Más información en: http://www.us.es/jornadarad*

## JORNADAS TECNOLÓGICAS de Sistemas Aéreos No Tripulados

El Círculo de Tecnologías para la Defensa y Seguridad, organizó el pasado 26 de mayo, junto con el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), una jornada de divulgación sobre tecnologías de sistemas aéreos no tripulados (UAV's). Esta jornada tuvo lugar en las instalaciones del INTA, en Torrejón de Ardoz, y en ella se expusieron los elementos clave de esta tecnología de fuerte evolución en los últimos años y grandes perspectivas de futuro.

En la jornada participaron representantes de las FAS, la Guardia Civil, el INTA y la Industria (EADS-CASA, INSA, GMV, Álava Ingenieros y Thales). Las exposiciones se centraron en presentar la evolución de los UAV's hasta el presente, su posible evolución, los tipos de sistemas que existen y la utilidad de cada uno de ellos, tanto para las FAS como para la Guardia Civil. Asimismo, se describieron los programas actuales en curso (nacionales e internacionales) y las capacidades de la industria en este sector.

Como conclusión de la jornada, se destacó la importancia de los UAV's debido a su flexibilidad operativa, lograda a base de su gran capacidad de permanencia en un entorno hostil a bajo coste, y el ahorro de recursos que suponen al poder utilizar una misma plataforma en usos civiles y militares.

# UNA NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE AGRESIVOS QUÍMICOS: LA-FT MBMW

Después de varias décadas en las que la amenaza NBQ (Nuclear, Biológica y Química) en acciones de combate había sido desestimada, diversos hechos acaecidos desde los años 90 han colocado a la defensa NBQ en una prioridad, no sólo para la protección de las tropas, sino también de la población civil en tiempo de paz.

Uno de los componentes críticos en este tipo de protección es la "detección" que permite a las tropas saber cuando se encuentran en un ambiente contaminado y deben utilizar equipos de protección. Desde el punto de vista químico, garantizar la detección inequívoca es muy complicado ya que los posibles agresivos químicos (CWA) son miles de compuestos diferentes y son tóxicos a concentraciones muy bajas, del orden de partes por billón en aire.

Cuando se pretende detectar un compuesto químico en aire con un límite de detección (LD) de un 1% ($10^7$ ppm), las posibles interferencias sobre el detector podrían ser debidas al $N_2$, $H_2O$, $O_2$, $CO_2$ y pocas moléculas más. Pero si el LD lo establecemos en 1 ppb, el número de compuestos que pueden comportarse como una posible interferencia asciende a miles, pudiendo equivocar al detector.

El detector puede confundir un compuesto inofensivo con un agresivo químico y dar un "falso positivo", pero también puede suceder que el sistema no tenga la sensibilidad suficiente y no indique la presencia de un agresivo cuando la concentración es mortal, "falso negativo". Ambas situaciones son críticas, las consecuencias del falso negativo son evidentes, pero la primera situación (falso positivo) tiene también graves consecuencias, al obligar a las unidades militares a usar sistemas de protección, que además del efecto psicológico que produce en las tropas, reduce a menos del 40% la operatividad de la unidad (según ejercicios de simulación de la OTAN); en un instante se tiene el 60 % de bajas desde el punto de vista de la eficacia.

Los equipos de detección actuales no proporcionan una respuesta inequívoca, desde el mismo momento en que se pueden utilizar simuladores del agresivo, presentando graves inconvenientes en el uso dentro de edificios, en ambientes cargados de otros compuestos (almacenes) o en condiciones ambientales adversas, generando permanentes falsas alarmas. Todo esto sin considerar la facilidad que tendría un terrorista si intentara confundir los sistemas de detección disponibles y generar una falsa alarma en una población.

Un detector con sensibilidad de ppb, que responda en segundos e inequívoco para cada agresivo sería la solución ideal, desafortunadamente en la actualidad no existe ningún equipo comercial que reúna estos tres requisitos. Pero sí que existe una nueva técnica analítica que podría satisfacer estas necesidades, y que gracias a su extraordinaria resolución evita interferencias y la necesidad de sistemas de separación (cromatografía), además de ser sensible, específica y reproducible. Esta técnica se llama "Espectroscopía de microondas con transformada de Fourier" (FT-MW).

Esta técnica se basa en el registro de la respuesta de un sistema molecular sometido a pulsos de microondas. Las microondas incidentes producen una polarización microscópica en el analito, cuya relajación da lugar a una señal de emisión molecular en el dominio del tiempo que contiene información sobre las frecuencias de transición de rotación molecular. El espectro en el dominio de frecuencias se obtiene a partir de la transformada de Fourier de la señal temporal de la emisión molecular.

La incorporación de un sistema de expansión supersónica (jet) a esta técnica permite aumentar su selectividad y sensibilidad, consiguiendo abarcar el campo de sustancias inestables. Este equipo es versátil y permite añadir un sistema de ablación láser, que proporciona la capacidad de actuar sobre sólidos sin preparación previa de la muestra, entonces, se habla de la técnica: LA-FT-MBMW (Laser Ablation Fourier Transform Molecular Beam Microwaves Spectroscopy ó Espectroscopía de microondas con transformada de Fourier sobre agregados moleculares con ablación láser).

Fig. 1: Equipo LA-FT MB MW de la Universidad de Valladolid

En nuestro país nos encontramos en una posición privilegiada en el desarrollo de esta técnica, a niveles comparables con la universidad de Kiel, Alemania (Prof. Helmut Dreizler) y la universidad de Zurich, Suiza (Prof. Alfred Bauder) que son dos de los referentes internacionales en esta técnica. El prototipo inicial, desarrollado por el Prof. Helmut Dreizler, fue reproducido y mejorado en nuestro país por el grupo de Espectroscopía del departamento de Química Física de la Universidad de Valladolid. Este grupo, dirigido por el Dr. José Luis Alonso, ha publicado importantes avances científicos basados en esta técnica en revistas tan prestigiosas como el Adgewante Chemie. Actualmente, este grupo dispone de tres detectores de este tipo construidos en su laboratorio, pudiendo observarse uno de ellos en la figura 1.

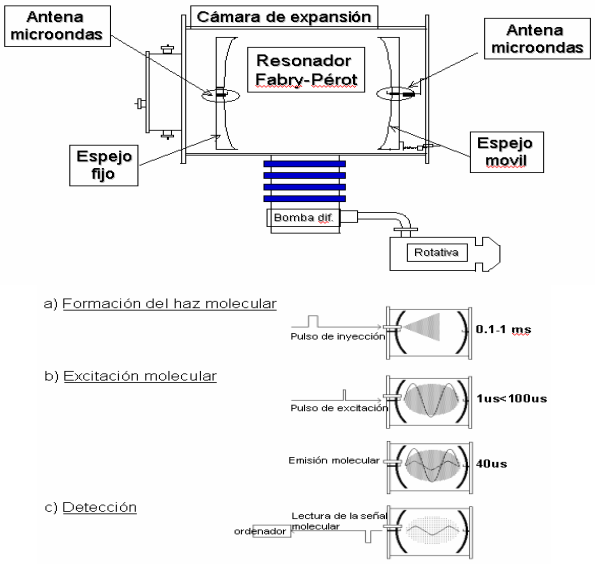



Fig. 2: Esquema de funcionamiento

Esta técnica tiene unas limitaciones inherentes al principio físico en que se basa y al nivel tecnológico de desarrollo aplicado en el equipo utilizado. Las más significativas son: a) la molécula del compuesto ha de tener momento dipolar permanente; b) su peso molecular no puede ser excesivamente alto; c) para poder identificar un compuesto, éste previamente debe introducirse en su base de datos; d) su selectividad es tan alta que el cambio de un solo átomo en la molécula origina un espectro totalmente distinto, por lo que no se puede "identificar" compuestos dentro de familias.

Estas limitaciones no son críticas para el uso propuesto, la mayoría de los CWA son compuestos polares, con peso molecular inferior a 350 y los laboratorios militares pueden suministrar la información para la base de datos. Quizás su mayor ventaja (la resolución) sea su principal inconveniente, al ser tan selectivo, el cambio de un solo átomo en la molécula del CWA o su isómero, da un espectro totalmente distinto. Este factor puede ser un inconveniente como alarma en el campo de batalla, pero a su vez es una herramienta de extraordinario valor para los laboratorios analíticos de referencia.

Por todo lo anterior, esta nueva técnica puede llegar a ser la solución final al desafío que supone detectar e identificar inequívocamente un compuesto químico entre miles de posibilidades, en concentraciones muy bajas y, lo que es más importante, en tiempo real. Los centros más prestigiosos del mundo, entre ellos Edgewood Arsenal, están estudiando la aplicación militar de esta técnica tan prometedora.

*- Este artículo ha sido elaborado por el Departamento NBQ de la Fabrica Nacional de la Marañosa (FNM) -*

## ENLACES DE INTERÉS

### 24th Army Science Conference Proceedings

Página con un enfoque científico muy interesante, en la que se pueden encontrar todos los artículos, pósters y presentaciones relacionados con la conferencia que tuvo lugar entre el 29 de noviembre y el 2 de diciembre de 2004 en Orlando, Florida.

http://www.asc2004.com/

### ITA Internacional Technology Alliance

Sitio Web de la iniciativa conjunta de los gobiernos de EEUU y Reino Unido para desarrollar mecanismos de colaboración en investigación y abordar de forma común nuevos retos tecnológicos, en el ámbito de las operaciones militares de coalición.

http://www.usukita.com

### Centro de Tecnología Nanofotónica de Valencia

Enlace electrónico a la Web del instituto valenciano, donde se pueden consultar tanto sus recursos como proyectos nacionales e internacionales. Es de especial interés la sección servicios, que van de la colaboración en I+D a la organización de actividades formativas.

http://www.ntc.upv.es/

# LOCALIZACIÓN, CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE VIGILANCIA DE ALTA RESOLUCIÓN

Agradeciendo de antemano la invitación de los editores de este Boletín, me propongo colaborar en el mismo con un tema de actualidad y que ha sido la base de mi reciente trabajo Doctoral. Se trata del desarrollo de un nuevo algoritmo de procesado de señal, que aprovechando la mayor cantidad de información que ofrecen los radares de vigilancia de alta resolución (HRR: *High Resolution Radar*) respecto de sus equivalentes convencionales, permite dotarles de nuevas capacidades en la localización, clasificación e identificación de blancos, abriendo nuevas aplicaciones hasta ahora reservadas a los sensores electroópticos.

Los sensores radar siguen siendo imprescindibles para la detección y localización de blancos en los actuales sistemas de vigilancia, reconocimiento e inteligencia (ISR: *Intelligence, Surveillance and Recognizance*) debido a su característica fundamental de operación "todo tiempo", tanto diurna como nocturna, en cualquier condición meteorológica, y a distancias seguras del enemigo (*long standoff systems*). Su principal limitación es la dificultad para formar imágenes radar (imagen bidimensional de los dispersores del blanco) debido a su baja resolución angular.

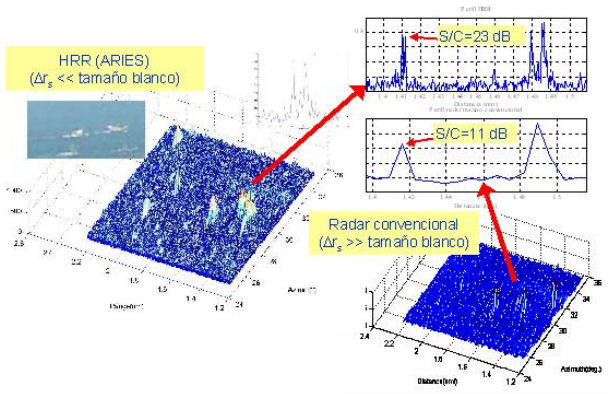



Fig. 1: diferencia de información suministrada por un sensor HRR (ARIES) y su equivalente convencional.

En los últimos años, la principal innovación tecnológica del radar de vigilancia ha sido la mayor capacidad para transmitir y procesar señales de banda ancha (mediante técnicas de modulación intra-pulsos o entre-pulsos), con lo cual la resolución en distancia ha pasado a ser mucho menor que el tamaño de muchos blancos detectados, pasando a ser "blancos extensos". Tal como se muestra en la figura 1, a lo largo de la línea de vista del blanco, los múltiples dispersores puntuales (*point scatterers*) que lo componen pueden ser separados en el proceso de recepción, obteniendo los llamados perfiles en distancia (*HRR profiles*), que dan información de la estructura física o geometría del blanco. La amplitud y localización de los denominados "puntos calientes o de alta reflectividad" de esta "firma radar" pueden utilizarse como características (*features*) para la clasificación de los blancos. Esto ha abierto la puerta del tan ansiado reconocimiento automático de blancos (ATR: *Automatic Target Recognition*), donde se pretende identificar un blanco mientras es iluminado, y evitar sobretodo los incidentes por "fuego amigo" ocurridos en conflictos recientes.

La resolución angular (del sensor) o en acimut para el caso de un radar de vigilancia bidimensional coincide con el ancho de haz de la antena y, expresada en metros, se denomina resolución *cross-range*, la cual, al depender directamente de la distancia al blanco, es de varios órdenes de magnitud peor que la resolución en distancia (muy pobre a grandes distancias).

Para poder formar "imágenes radar 2-D" de un blanco se necesitan técnicas coherentes que permitan obtener la resolución *cross-range* necesaria para determinar la dirección angular de los puntos calientes del blanco con la exactitud requerida. Entre ellas, podemos citar el procesado Doppler, el procesado holográfico y las ya conocidas técnicas de procesado de apertura sintética (SAR/ISAR: *Synthetic Aperture Radar/ Inverse SAR*), las cuales sintetizan un ancho de haz menor que el real. Estos métodos requieren una elevada carga computacional y un movimiento angular relativo entre el radar y el blanco, es decir, una "colaboración" del blanco, no siempre disponible en muchas aplicaciones.

Por otra parte, las técnicas convencionales de extracción de acimut utilizadas en los radares de vigilancia, y basadas en la utilización de una Ventana Deslizante (*Sliding Window*) [1], no permiten obtener la precisión necesaria para formar una imagen radar del blanco.

El nuevo algoritmo, cuya descripción detallada puede encontrarse en [2], es una modificación y adaptación de técnicas de sincronización utilizadas en receptores de comunicaciones digitales. Este método de procesado es no coherente, puede aplicarse a la localización de blancos, determinando de forma precisa su posición (distancia y acimut) y, como aportación más original, a la clasificación e identificación de los mismos, obteniendo la dirección angular (acimut) de sus puntos calientes con la precisión requerida para poder formar su perfil en distancia o su imagen radar. A diferencia de la técnica de Ventana Deslizante, este algoritmo no tiene el error de cuantificación inherente cuando se trabaja con señales digitalizadas.

El algoritmo se ha caracterizado completamente mediante estudios analíticos, simulación y experimentos en campo. Se ha comparando sus prestaciones con las técnicas convencionales más utilizadas (*Split Gate*, Ventana Deslizante y

extracción de *Blobs* [3]). Las simulaciones numéricas se han realizado con el paquete matemático *Matlab* y los datos experimentales (blancos reales) se han recogido con el radar ARIES, un radar LPI (*Low Probability of Interceptation*) para aplicaciones de navegación marítima y vigilancia costera, desarrollado conjuntamente por INDRA y la Universidad Politécnica de Madrid, con financiación del Ministerio de Defensa. Este radar se ha estado evaluando en el Estrecho de Gibraltar (puerto de Tarifa), disponiendo así de una amplia tipología de "blancos de oportunidad" detectados en diferentes escalas y, por lo tanto, con diferente resolución en distancia, a su paso por el Estrecho. La gran diversidad de blancos sintéticos patrón generados y de blancos reales (video crudo grabado correspondiente a los ecos recibidos en una vuelta de antena), nos ha permitido demostrar las capacidades del algoritmo en diferentes entornos (escala, distancia, ángulo de aspecto y nivel de ruido). En la figura 2 se muestra el radar ARIES en su emplazamiento de pruebas.

Fig. 2: radar ARIES en emplazamiento costero de pruebas.

A continuación, se muestran dos ejemplos experimentales de utilización del algoritmo. La figura 3 muestra la imagen 2-D de puntos calientes (*peaks plot*) del buque carguero Lisa-J, de fácil identificación, pues dispone de cuatro grúas en cubierta igualmente espaciadas y un puente de mando en popa (véase fotografía). En la imagen, el diámetro de cada punto es función de la amplitud de la reflectividad devuelta por el blanco hacia el radar en ese punto.

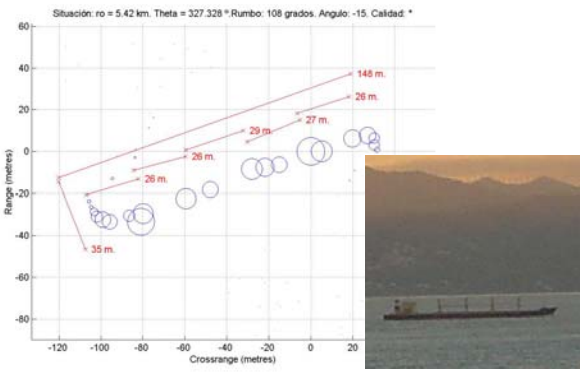



Fig. 3: Lisa J. Imagen 2-D de puntos calientes

El análisis de los dispersores principales en este tipo de imágenes nos permite aplicar algún esquema de clasificación de blancos con arreglo a los criterios comúnmente utilizados en aplicaciones de vigilancia (tamaño y situación de sus reflectores principales).

La figura 4 muestra la imagen 2-D de puntos calientes del espigón del puerto de Tarifa, es decir, la técnica permite identificar zonas de especial interés (dimensiones, etc.).

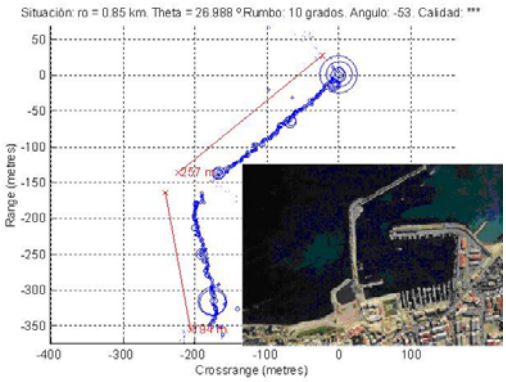



Fig. 4: espigón. Vista aérea e imagen 2-D de puntos calientes.

La sencillez de procesado, su operación en "tiempo real" en paralelo con la función de exploración del radar, su compatibilidad con cualquier tipo de sensor HRR no coherente e incluso de otro tipo (ultrasónico, electroóptico, etc.), su fácil implantación en sistemas ya operativos y sus posibilidades para clasificación de blancos, hacen de este algoritmo de interés no sólo en aplicaciones de radares de navegación y vigilancia costera, sino para otro tipo de blancos (aéreos y terrestres) y/o otro tipo de necesidades: radares de vigilancia superficial de combate, radares de instrumentación, radares para control y guiado de sistemas de armas, radares de detección y clasificación de intrusos, radares para vigilancia de tráfico en aeropuertos, radares de control de tráfico marítimo en puerto, etc.

**Referencias**

[1] Dirección General de Navegación Aérea, Seminario radar "Extracción de datos radar. Las diferentes lógicas de extracción", Sofréavia Service, 1980.
[2] Pérez Martínez, F.; García-Fominaya, J.; Calvo-Gallego, J., 'Experimental Results on Marine Targets Classification with surveillance HRR by means of non Coherent Techniques based on Hot Spots Accurate Location', RADAR 2003, Adelaida, South Australia, 3-5 Sept. 2003.
[3] Casar Corredera, J. R., García Herrero, J., Besada Portas, J. A., Jiménez Rodriguez, F. J., 'Surface Movement Radar Data Processing Methods for Airport Surveillance', IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 37, No. 2, April 2001.

*- Este artículo ha sido preparado por el Dr. J. García-Fominaya, Ingeniero de Telecomunicación y responsable de los programas EUCLID en la SDG TECEN, además es colaborador del Sistema de Vigilancia y Prospectiva Tecnológica de Defensa –*

# Integración de tecnologías: ELIMINACIÓN DEL $CO_2$ EN SISTEMAS AIP A BORDO DE SUBMARINOS MILITARES

Desde sus inicios, los submarinos han basado su propulsión en una combinación de sistemas convencionales, típicamente baterías y motor eléctrico para maniobras de inmersión, y motor diesel para navegación en superficie y recarga de baterías. Así, la autonomía de un submarino en inmersión está definida por la capacidad de sus baterías, que se ve limitada por razones de volumen y peso. El compromiso suele estar entre 2 y 4 días de autonomía a velocidad reducida. En el caso de los submarinos militares esta dependencia del aire exterior, se traduce en una pérdida de la capacidad operativa derivada de la excesiva frecuencia, duración e indiscreción de las maniobras de intercambio de gases con el exterior, comúnmente denominadas "*snorkel*".

El problema, tan antiguo como los propios submarinos, se hizo patente en la II Guerra Mundial y motivó el estudio de sistemas de propulsión independientes del aire atmosférico. Aunque una de las alternativas más prometedoras, por su autonomía ilimitada es la propulsión nuclear, ésta no ha conseguido imponerse (coste excesivo, altos condicionantes de seguridad, rechazo social,…). Surgen así otras alternativas como los Sistemas Anaerobios de Propulsión (AIP), que transforman energía química en energía mecánica o eléctrica con independencia de la atmósfera. Aunque la evolución y desarrollo de los sistemas AIP en los últimos años ha sido espectacular, aún no es una tecnología completamente madura y contrastada por lo que actualmente no existe la posibilidad real de un sistema exclusivamente AIP, de manera que siguen siendo necesarias las baterías y los motores diesel como sistema primario de recarga de las mismas.

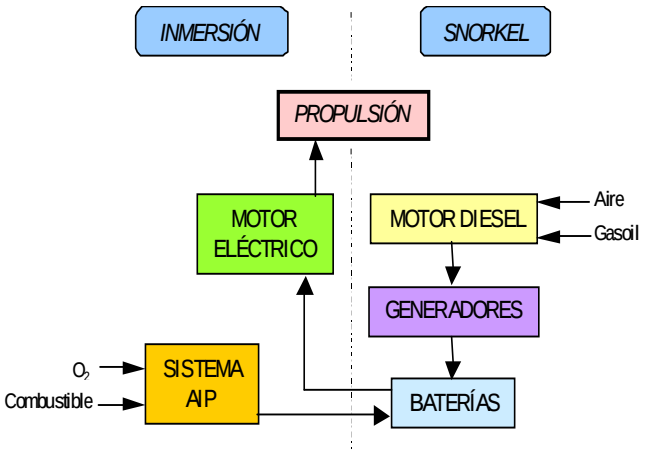



Fig. 1: esquema de planta de propulsión híbrida para un submarino.

Se tiende por tanto a utilizar sistemas híbridos, tal y como se muestra en el esquema anterior, en los que el sistema AIP es un complemento al sistema convencional diesel-eléctrico que capacita al submarino a permanecer sumergido durante largos periodos de tiempo a baja velocidad (entre 12 y 15 días). Así, el submarino utiliza el motor diesel para navegación en superficie y recarga de baterías y el sistema AIP-baterías para navegación submarina.

De forma genérica un sistema AIP consta de los siguientes componentes fundamentales:

- Sistema de generación de energía (pila de combustible, motor Stirling,...) que es lo que caracteriza al sistema e impone el tipo de combustible y los productos residuales.
- Sistema de almacenamiento de combustible y comburente ($O_2$).
- Sistema de tratamiento de productos residuales.
- Sistema de adecuación de potencia para adaptar la energía producida a las necesidades del submarino.

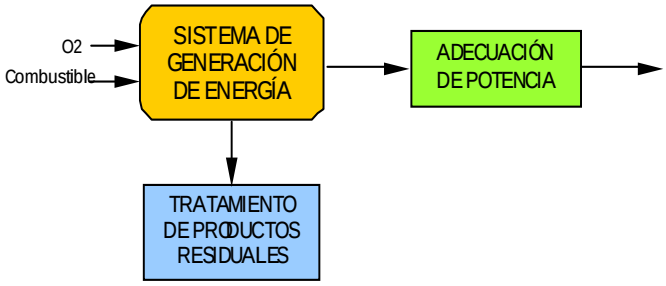



Fig. 2: esquema de sistema AIP.

Así, existe una amplia gama de alternativas en la elección de sistemas AIP para submarinos. Se indican a continuación los que han sido instalados y probados en plataformas de reciente construcción:

- **Motor Stirling en ciclo cerrado (Suecia)**

Un gas inerte (helio) se hace circular en circuito cerrado a través de un motor de pistones donde produce trabajo mecánico a partir de la energía térmica absorbida por el citado gas a su paso por una cámara de combustión donde se queman gas-oil y oxígeno.

- **Sistema MESMA (Francia)**

Se genera potencia mecánica con una turbina de vapor convencional funcionando según el ciclo de Rankine. La energía térmica necesaria para la evaporación del agua se obtiene en un quemador que consume etanol y $O_2$.

- **Motor diesel de ciclo cerrado (Alemania)**

Se genera potencia mecánica a través de un motor diesel estándar.

- **Células de combustible (Alemania)**

Se produce energía en una pila donde reaccionan hidrógeno y oxígeno a baja

temperatura formando agua como residuo (electrólisis inversa). El hidrógeno necesario se almacena en forma de hidrocarburo, que se descompone a bordo en un reformador dando lugar a $H_2$, $CO_2$ y CO.

Desde el punto de vista técnico, la mejor alternativa la constituye el sistema basado en células de combustible y reformado de etanol, puesto que tiene un rendimiento energético muy elevado y una firma acústica muy baja. Es cierto que la tecnología en que se basa no es madura pero se está desarrollando enormemente y se prevé que sea uno de los sistemas de propulsión del futuro en todos los ámbitos del transporte.

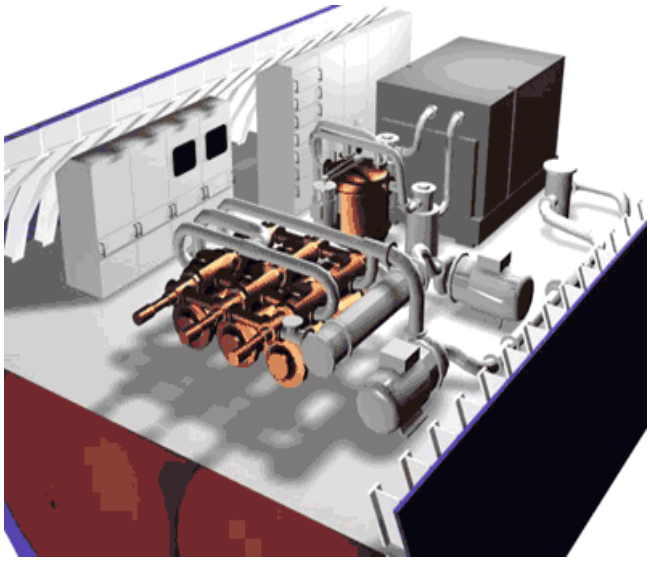


Fig. 3: sistema AIP de motor diesel de ciclo cerrado instalado en el submarino U212 Class de la marina alemana.

Además de las ventajas que indudablemente aporta la incorporación de sistemas AIP a la propulsión de submarinos, también arrastra nuevos problemas como el tratamiento de los productos residuales. Los sistemas AIP producen toneladas de $CO_2$, ya sea por reformado de combustible (pilas) o por generación de energía en sí misma (combustión, quemadores), que es imposible almacenar a bordo. Para poder eliminarlo es necesario disolver el gas en agua salada y expulsar ésta al exterior del submarino, venciendo la sobrepresión debida a la profundidad de inmersión.

Una solución compleja, aunque atractiva desde el punto de vista operativo al ser independiente de la cota de inmersión, consiste en introducir agua del exterior en el submarino, disolver el $CO_2$ a presión constante y expulsar de nuevo el agua al exterior elevando la presión. Los problemas que se plantean en este caso son: ¿cómo disolver el $CO_2$?, ¿cómo gestionar la cantidad de agua necesaria (alrededor de 25l/s) con un consumo energético reducido que no penalice el rendimiento total de la planta?

La búsqueda de soluciones ingenieriles y de diseño a estas incógnitas es el objetivo de muchos programas en curso en los distintos países en los que se desarrollan sistemas AIP para submarinos, para plataformas navales no tripuladas, etc.

Una solución al problema de la disolución del $CO_2$ en agua de mar sería utilizar un dispositivo que hiciese circular el agua de mar a través de membranas microporosas que permitan la eliminación o disolución de gases en agua. Para el tránsito de agua se podría diseñar un circuito con motor y bomba hidráulicos, que aprovechase la energía de entrada del agua en el submarino para vencer la sobrepresión al expulsar la misma al exterior, de manera que el gasto energético sea mínimo.

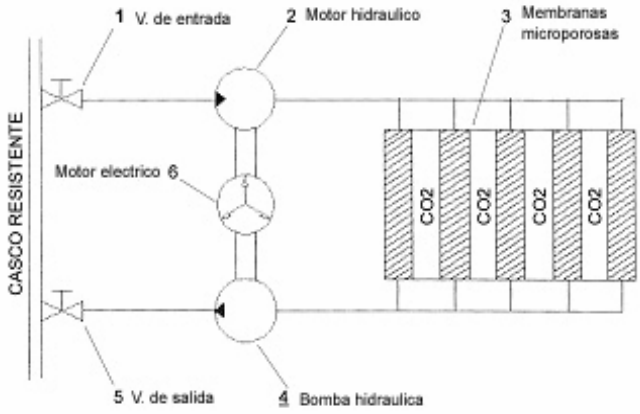



Fig. 4: modelo de sistema de eliminación de $CO_2$ en submarinos.

Cuando intentamos trasladar este tipo de ingenios a la vida real, se plantean multitud de posibilidades basadas en la combinación de distintos elementos. Es en este punto donde la búsqueda de soluciones y sistemas de ámbitos civiles puede resolver problemas específicos de defensa.

En el caso de las membranas existen dispositivos que se comercializan para el tratamiento de aguas, utilizados por industrias como la farmacéutica, alimenticia, de semiconductores y microelectrónica,... que se pueden adaptar perfectamente a los requerimientos de eliminación de $CO_2$ en los sistemas AIP. Por su parte, el problema de la gestión del agua puede resolverse con tecnología similar a la utilizada en plantas desalinizadoras invirtiendo el sentido de circulación de los flujos.

La solución presentada pone de manifiesto cómo los procesos de innovación basados en la ingeniería de sistemas y la integración de tecnologías de distinta procedencia, pueden resolver desarrollos específicos incluidos en el ámbito de Defensa

*- Este artículo ha sido preparado con la colaboración y asesoramiento del TN Ing. Pedro Casas Alcaide, destinado en el Ramo Técnico Industrial (Casco y Máquinas) de La Jefatura de Apoyo Logístico de la Armada -*

# NANOFOTÓNICA EN SILICIO

En estos últimos meses, estamos asistiendo a las primeras demostraciones de lo que ha sido una de las mayores motivaciones de los investigadores del campo de la fotónica integrada en veinte años: poder realizar un circuito fotónico integrado que incorpore todas las funcionalidades típicamente requeridas sobre silicio (generación láser, fotodetección, conmutación y distribución de luz).

Es bien conocido que el silicio es el material base de la industria microelectrónica y que los importantes avances tecnológicos desarrollados en los últimos años en esta potente industria le permitirán extender, de una manera sencilla, su ámbito de aplicación a la tecnología fotónica. Esto, sin lugar a duda, resultaría en una drástica reducción de los costes de los dispositivos fotónicos, pudiendo en ese caso hablar de "fotónica de consumo".

La industria microelectrónica viene dedicando ciertos esfuerzos [1,2], aunque todavía más bien preliminares, a estudiar y experimentar los beneficios de incorporar tecnología fotónica dentro de los chips microelectrónicos de muy alta velocidad, como es el caso de la distribución óptica del reloj ("optical clock distribution"). Este interés es debido a que con esta tecnología se podrían evitar problemas térmicos, pérdidas excesivas del nivel de señal y retardos demasiados grandes entre distintas partes del circuito integrado ("clock skew").

El interés en desarrollar estas interconexiones fotónicas dentro de los chips de silicio está resultando en un fuerte impulso por parte de la industria microelectrónica [2]. Estos desarrollos persiguen también aumentar el nivel de integración, pudiéndose hablar de términos como "Very-Large-System-Integration (VLSI) Photonics". La posibilidad de integración de la fotónica y la electrónica en un mismo "chip" es una de las ventajas más importantes que conlleva la nanofotónica en silicio.

Entre las funcionalidades nanofotónicas que recientemente se han demostrado en silicio destacan: un láser basado en efecto Raman [3, 4], moduladores electro-ópticos (1.5Gbit/s a una longitud de onda de 1.55 μm) [5] (10Gbit/s también a 1.55μm) [6], y un conmutador completamente óptico (tiempos de conmutación <500ps, profundidad de modulación del 94%, pulsos ópticos de control de 25pJ, 10 micras de radio) [7]. Destacar que en la demostración de esta última funcionalidad ha contribuido un miembro del Centro de Tecnología Nanofotónica de Valencia, Carlos Angulo Barrios (actualmente Investigador de Programa Ramón y Cajal), durante su estancia posdoctoral en la Cornell University, EE.UU.

Desde el año 2003, viene funcionando en Valencia el Centro de Tecnología Nanofotónica (NTC) [8] impulsado desde la Universidad Politécnica de Valencia. Este centro desarrolla su actividad en el ámbito de la micro-nanotecnología fotónica y los sistemas/redes fotónicos. Sus áreas de aplicación apuntan a cuatro direcciones: telecomunicaciones, defensa y seguridad, energía y biotecnología. El NTC dispone de una gran infraestructura, procedente en parte de la desinversión de Agere Systems (Lucent Technologies de Tres Cantos, Madrid) y complementada posteriormente con equipamientos específicos de nanofabricación, que le permite fabricar dispositivos nanofotónicos en silicio sobre obleas de 6 pulgadas, con procesos tecnológicos de alto rendimiento (high yield) controlados estadísticamente y con volúmenes elevados.

Actualmente, el Centro de Tecnología Nanofotónica de Valencia coordina el proyecto PHOLOGIC ("Nanophotonic Logic Gates"), llevado a cabo por un consorcio europeo formado por industrias, centros de investigación y universidades, cuyo objetivo es demostrar, por primera vez a nivel mundial, la viavilidad de las puertas lógicas nanofotónicas en tecnologías compatibles con silicio (basadas en nanocristales de silicio y teluro de cadmio). Este proyecto tiene una duración de 3 años y ha sido financiado con 2 millones de euros por la Comisión Europea, en las prioridades Nanotecnologías y Tecnologías para la Sociedad de la Información. El impacto tecnológico e industrial esperado de este proyecto es elevado, puesto que supone un salto tecnológico cualitativo muy importante en la demostración de celdas básicas (como son las puertas lógicas) que, en una escala muy alta de integración (VLSI), permitirán implementar funcionalidades computacionales muy complejas directamente en el dominio óptico, con las ventajas añadidas que ello supone en cuanto a altísimas velocidades de procesamiento de la información con eficiencias muy elevadas, desde el punto de vista energético (consumos muy bajos). En las figuras 1(a) y 1(b) se muestran nanoestructuras de silicio desarrolladas en el NTC. Para el caso de la figura 1(b), se trata de un anillo resonante como el utilizado en la demostración de un conmutador completamente fotónico en [7].

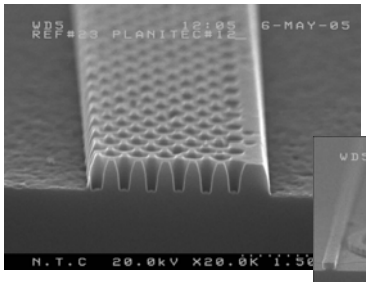



Fig. 1(a)

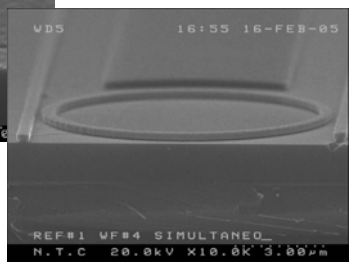



Fig. 1(b)

Figura 1. Muestras de dispositivos nanofotónicos en Silicio fabricados en el NTC de Valencia, (a) guía de cristales fotónicos bidimensionales, (b) anillo resonante con guías de Silicio.

En estas estructuras resonantes se puede conseguir que las señales que llegan por una de las dos guías acopladas al resonador circular pueda dirigirse a la otra guía o no, dependiendo de la potencia óptica de pulsos de control (que se inyectan por una cualquiera de las dos guías, pero a una longitud de onda distinta que la de la señal de datos). Para el caso de los cristales fotónicos planares que se muestran en la figura 1(a), la periodicidad de las estructuras (en este caso agujeros de aire en un substrato de silicio) puede diseñarse para que una cierta banda de longitudes de onda no pueda transmitirse por la estructura ("photonic band gap"). Si en estas estructuras periódicas se crean "defectos" lineales, por ejemplo eliminando una línea de agujeros de aire, la señales viajaran de forma muy confinada por esa "guía de cristal fotónico", permitiéndose curvatura de 90º con pérdidas muy pequeñas. Tanto el alto confinamiento de la propagación de la luz en estas estructuras, como la posibilidad de fuertes curvaturas en las guías, está permitiendo que se puedan desarrollar circuitos integrados fotónicos en silicio con dimensiones nanométricas implementando funcionalidades lineales (guiado y control de dispersión) y no lineales. Esto, sin duda, va a permitir que en un plazo entre 5 y 10 años la nanofotónica en silicio tenga una fuerte penetración industrial, como la tuvo la microelectrónica desde los años 80.

**Referencias**

[1] http://picmos.intec.ugent.be
[2] Silicon Photonics. Intel Technology Journal, vol.8, n.2, May 2004.
[3] O. Boyraz, B. Jalali "Demonstration of directly modulated silicon laser" Optics Express, vol. 13, n.13, Feb.2005.
[4] H. Rong et al. "A continuous wave Raman Silicon Laser", Nature, 433, Feb. 2005
[5] Q. Xu et al. "Micrometer scale silicon electrooptic modulator", Nature, 435, May 2005
[6] Liao et al. "High speed silicon Mach-Zehnder modulator". Optics Express, vol. 13, no. 8, p. 3129, 2005.
[7] V.R. Almeida C. A. Barrios, R. R. Panepucci,, M. Lipson,, "All-optical control of light on a silicon chip", Nature, vol. 431, pp. 1081-1083, 2004.
[8] http://www.ntc.upv.es

*- Este artículo ha sido elaborado por el Dr. Javier Martí, Catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Centro de Tecnología Nanofotónica de Valencia (jmarti@ntc.upv.es) -*

## AGENDA

**Homeland Security Europe 2005**
Del 14 al 16 de junio, 2005 Radisson SAS, Bruselas, Bélgica.

www.homelandsecurityeurope.com

**Soldier Technology 2005**
Del 21 al 23 de junio, 2005 Bruselas, Bélgica.
www.soldiertechnology.com

**Network Transformation 2005**
Del 29 de noviembre al 1 de diciembre, 2005. Londres.

www.networktransformation.com

**Land Attack 2005 Conferencias y Clases magistrales**
Del 11 al 14 de julio, 2005. The Café Royal, Londres.

www.defenceiq.com/2362a

**Darpa Grand Challenge**
14 de agosto, Nevada, EEUU.

www.darpa.mil/grandchallenge/

**Jornadas de Visita CWID (Coalition Warrior Interoperability Demonstration)**
20, 21, 22 y 24 de junio, Mando de Artillería Antiaérea, Madrid.

http://10.40.60.38/cwid/index.htm
(Intranet de Defensa)

**2ª Reunión del Think Tank de Nanotecnología**
20 y 21 de junio, Barcelona.

www.snt3.net

**CURSOS DE VERANO 2005 DE EL ESCORIAL. UCM:**

**Técnicas Formales para el Diseño de Software**
Del 18 al 22 de julio, El Escorial, Madrid.

http://cv.sim.ucm.es/index.asp

**2ª Jornada Nacional MIDS / LINK16**
**DGAM / TECEN**
29 de septiembre de 2005, ESPOL, Madrid

**RTO NATO MEETINGS:**

**AVT-121 "Symposium on Evaluation, Control and Prevention of High Cycle Fatigue in Gas Turbine Engines for Land, Sea and Air Vehicles"**
Del 3 al 6 de octubre, 2005. España

**AVT-122 Specialist Meeting on "Nanomaterials Technology for Military Vehicle Structural Applications"**
3 y 4 de octubre, 2005. España.

**SET-086 Lecture Series on "Advanced Radar Systems, Signal and Data Processing"**
23 y 24 de junio, 2005. Portugal.
27 y 28 de junio, 2005. Alemania.
30 de junio y 1 de julio, 2005. Lituania.

www.rta.nato.int

**Boletín de Observación Tecnológica en Defensa en Internet**

Disponible en http://www.mde.es/dgam/observatec.htm