DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA Y CENTROS

Nº 9. Cuarto Trimestre 2005

En este número

- *ACTUALIDAD OBSERVATORIOS*
- *ACTUALIDAD TECNOLÓGICA*
- *TECNOLOGÍAS EMERGENTES*
- *EN PROFUNDIDAD*
- *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, Optrónica y Nanotecnología
C.N. Ing. Arturo Maira Rodríguez
arturomaira@oc.mde.es

Observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección
T.Col. Nicolás Braojos López
nbraojos@oc.mde.es

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

Observatorio de Protección 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

Boletín
de Observación Tecnológica en Defensa

Editado por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica

EDITORIAL

Parece que fue ayer cuando publicamos el primer número del *Boletín de Observación Tecnológica en Defensa*, cuando ahora, con este número 9, cumplimos dos años de Boletín.

Dos años de intercambio permanente con expertos tecnólogos, de identificación y seguimiento de nuevas tecnologías, buscando nuevas fuentes e ideas entre la comunidad tecnológica nacional, pero sin perder de vista el panorama internacional. Dos años tras los cuales seguimos dándole vueltas a las mismas cuestiones, ¿cuáles son los nuevos retos de la Defensa y que tecnologías nos permiten darles respuesta?

Todavía no hemos llegado a una respuesta definitiva, pero este tiempo nos ha permitido consolidar una actividad, la de divulgación tecnológica, que consideramos clave para alcanzar este objetivo. Una divulgación que es el resultado de la vigilancia tecnológica, pero también de la continua colaboración con todos los que contribuyen a que la tecnología sea una realidad en los sistemas de defensa.

Así pues, trasladamos la felicitación a todos aquellos que con sus investigaciones, artículos y comentarios hacen posible que este Boletín sea una realidad. Felicitamos también a nuestros lectores, que nos apoyan y siguen con interés. Gracias a todos, por que sólo con la ayuda de todos podremos seguir cumpliendo años.

Tecnologías Disruptivas: CONCLUSIONES

El *Institute for Technological Trend Analysis* del *Fraunhofer Institute* (Alemania) hospedó la última reunión del grupo de trabajo sobre Tecnologías Disruptivas de la LOI. Esta reunión tuvo como objetivo realizar un análisis de las lecciones aprendidas en las cuatro reuniones temáticas anteriores (*Materiales Inteligentes, Nanotecnología, Terahercios, y Computación Avanzada*) sobre el carácter disruptivo de estas tecnologías, así como procurar la búsqueda de consenso sobre la definición e identificación de tecnologías disruptivas.

Así, aunque existen diferentes acepciones para la descripción de tecnología disruptiva, una de las más completas y generales, no sólo aplicable a entornos empresariales es: *aquella tecnología nueva o existente que cambia una capacidad (o crea una nueva) interrumpiendo el curso o evolución normal de las soluciones existentes que proporcionan esa capacidad.*

Tal y como se debatió en la reunión, además es necesario realizar las siguientes puntualizaciones:

- La tecnología no tiene por qué ser nueva, de hecho, nuevos usos de tecnologías maduras y/o obsoletas pueden causar disrupción.
- La tecnología no tiene que ser necesariamente mejor (en prestaciones, en calidad, etc.) que las soluciones tecnológicas existentes para causar disrupción.
- La tecnología no tiene que necesariamente desplazar significativamente o incluso reemplazar a las soluciones tecnológicas existentes para causar disrupción.
- La disrupción puede suceder dentro del mundo tecnológico (a nivel de concepto, componente, subsistema y sistema) o tener visiblidad directa y suceder en la sociedad y/o organizaciones a gran escala.
- Como norma general, la tecnología por si misma no es factor suficiente para generar disrupción, existiendo otros factores esenciales agrupados en el contexto (como el momento cronológico, circunstancias sociales y de comportamiento o campañas de marketing)

No obstante, y desde el punto de vista militar, esta última puntualización presenta excepciones (como son el caso de la pólvora, la bomba atómica). Además, en el contexto de defensa hay que añadir otros aspectos influyentes y diferenciadores, como que la efectividad militar se valora y mide de manera diferente a la utilidad/popularidad comercial y que los costes en defensa se evalúan de manera también diferente.

En cuanto al futuro del grupo de tecnologías disruptivas, se está estudiando la posibilidad de aplicar las lecciones y conocimientos aprendidos en estos seminarios a otros entornos de la LOI. Así, una posible cooperación sería la cooperación en el análisis e identificación de elementos potencialmente disruptivos en los avances de los grupos RTCT (*Research and Technology Cooperative Teams*) de la LOI.

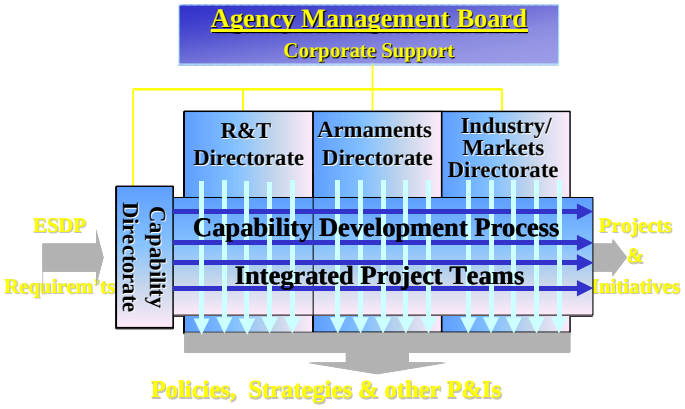
EJERCICIO DE PROSPECTIVA

Durante este mes de diciembre dará comienzo el envío de los cuestionarios pertenecientes al Primer Ejercicio de Prospectiva Tecnológica en Defensa.

Más información: Boletín de Observación Tecnológica Nº8. Contacto: acorgon@oc.mde.es

EDA: CapTechs

En números anteriores de este Boletín se ha destacado la importancia de la creación de la Agencia Europea de Defensa y la rapidez con la que se está llevando a cabo su proceso de constitución. En este artículo queremos centrar nuestra atención en el campo de la investigación y la tecnología, donde la EDA recoge la experiencia del GAEO (Grupo de Armamento de Europa Occidental) y de sus redes de expertos creadas alrededor de las CEPAs (Common European Priority Areas), que se constituyeron como comunidades de I+T, consiguiendo importantes avances en la puesta en marcha de actividades de I+T en cooperación.



Los objetivos del I+T en la EDA se basan en el desarrollo de capacidades militares previamente identificadas por la dirección de la EDA (Capability Directorate) y en el desarrollo de una base tecnológica que facilite la mejora de las mismas.

Pero, ¿qué es una CapTechs? Una CapTech es una red de expertos, y además es un área tecnológica centrada en un determinado dominio de capacidades militares y las tecnologías asociadas a ella. Así, se han definido tres grupos de capacidades militares, IAP (Information, Acquisition and Processing), GEM (Guidance, Energy and Materials), y ESM (Environment, Systems and Modelling), alrededor de los cuales se estructuran las CapTechs. En total se han creado 12 CapTechs, concentradas en los tres grupos, dentro de cada cual se definen cuatro áreas:

EDA CapTechs		
IAP (Information Acquisition and Processing)	1	Components
	2	Sensor Systems
	3	Signal processing & computing
	4	CIS & Networks
GEM (Guidance, Energy and Materials)	1	Materials
	2	Energy & Propulsion Systems
	3	Lethality & Protection
	4	Guidance & Control
ESM (Environment, Systems and Modelling)	1	Design
	2	Simulation
	3	Operating Environment
	4	Human Factor

Cada CapTech está coordinada por un Moderador de la EDA y un primer nivel de representantes nacionales (Coordinador Nacional). Además de los Coordinadores, cada CapTech está formada por una red de expertos gubernamentales provenientes de los estados miembros de la EDA, apoyados por expertos procedentes de la industria, centros de investigación o instituciones académicas.

El Moderador de la CapTech es el encargado de organizar, dinamizar y/o moderar las reuniones, así como de mantener informada a la organización sobre las actividades y proyectos de la CapTech. El Moderador es el responsable del intercambio transversal de información con otras CapTechs.

El Coordinador contribuye, como experto en el área de la CapTech, al intercambio de ideas y al trabajo de su CapTech, aportando el punto de vista nacional. Además, apoya al Moderador en la gestión. Por último, es el encargado de designar a los expertos nacionales que forman parte de la red de expertos de la CapTech, en la que se favorece el trabajo colaborativo y en línea.

Desde el punto de vista de las actividades a desarrollar por las CapTech se han definido dos procesos para la generación y puesta en marcha de proyectos; un proceso "Top down", con proyectos orientados a la mejora de capacidades en línea con las prioridades de la EDA; y un proceso "Bottom up", donde son los miembros de cada CapTech los que identifican posibles actividades y proyectos, que son apoyados por los países interesados. La gestión y financiación están ligadas al tipo de proyecto, así se definen tres tipos de proyectos. El primer tipo es el denominado *EDA Funded*, donde el contrato se gestiona a través de la EDA y todos los países miembros (pMS) obtienen información del proyecto; además los resultados finales se comparten con los 24 pMS. El segundo tipo de proyecto es el *Ad Hoc Category A*, en el que se establece un Comité de Proyecto para su control, todos los pMS participantes obtienen información del proyecto y los resultados finales. Por último el tipo *Ad Hoc Category B* establece un Grupo de Gestión nombrado por los pMS participantes, los resultados del proyecto se comparten entre los pMS participantes y al resto de los pMS sólo se les informa.

Más información sobre las CapTechs en http://www.eda.eu.int

¿QUIERE COLABORAR EN EL BOLETÍN?

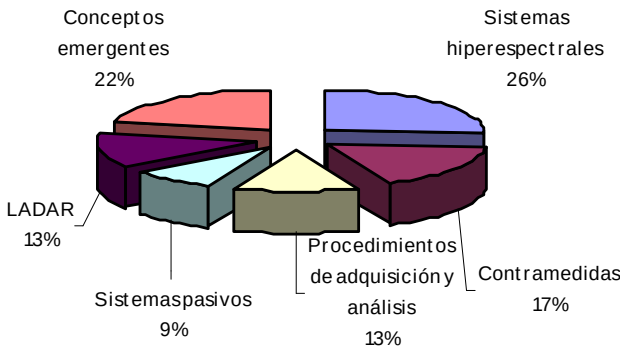
Envíe sus sugerencias al **Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica** y contactaremos con usted. Puede proponer temas que considere de interés o sobre los que le gustaría ampliar conocimientos, colaborar preparando artículos en temas de su experiencia,...

Contacto: CN Ingº Manuel Berná
Tlf. 913954654 mberna@oc.mde.es

SET-094 "Emerging EO Phenomenology"

Del 10 al 11 de octubre del presente año, tuvo lugar en Berlín el simposio "Emerging electro-optics phenomenology", auspiciado por el panel SET (Sensors&Electronics Technology) de la RTO. El objetivo del simposio era proporcionar una visión de los avances tecnológicos y tendencias en I+D dentro del área de optoelectrónica para defensa de los países miembros.

Todas las presentaciones, realizadas en el transcurso de las sesiones del simposio, se agruparon en seis áreas temáticas. Estas áreas temáticas (indicadas en la figura) serán de ayuda para mostrar un indicador de la importancia relativa de cada una de ellas en las actividades de I+D, dentro de los países miembros de la RTO. Tal indicador muestra por área el número de presentaciones realizadas respecto al total. De este análisis se obtienen los datos que se muestran en la figura.



El simposio se dividió en siete sesiones, de las cuales una fue clasificada como NATO CLASSIFIED. A excepción de esta última, el resto de las mismas estuvo abierta a los países PfP (Partners for Peace), tanto en contribuciones como en asistencia.

En cuanto a la procedencia geográfica de las aportaciones (se considera la procedencia del primer autor firmante), el 75% de las mismas provienen de Alemania, EEUU y Canadá (35%, 22% y 17% respectivamente). Merece la pena destacar la escasa aportación de Francia y el Reino Unido a este congreso. En el caso español, no se realizaron aportaciones a este foro.

Analizando el gráfico anterior, cabe resaltar los siguientes puntos:

1- El 26% de las aportaciones provienen de sistemas hiperespectrales. Las aportaciones versaban principalmente sobre desarrollos de sistemas y sus aplicaciones a sistemas de observación aérea o espacial.

2- Un 26% provienen de aplicaciones LADAR y procedimientos de adquisición y análisis (13% por cada tema, respectivamente).

3- El 17% versaban sobre la viabilidad del concepto de contramedidas dirigidas (DIRCM) para protección de plataformas aéreas. En este aspecto, cabe destacar la unanimidad de que el concepto está probado y falta el desarrollo último a escala industrial para su aplicación práctica hacia el 2008-2010.

4- Un 22% de las presentaciones trataban sobre conceptos emergentes: láseres de femtosegundo para contramedidas y detección a distancia de agentes nocivos; terahercios para protección contra agentes químicos y biológicos; radiometría FTIR para detección precoz a distancia; y sensores espaciales basados en detectores de estado sólido desarrollados con estructuras de baja dimensionalidad (=detectores cuánticos).

A raíz de los puntos expuestos, se puede concluir que las aplicaciones de los sistemas hiperespectrales es un tema "candente" de innovación, cuya explotación para aplicaciones militares está aún por desarrollar, principalmente en sistemas de vigilancia y percepción del entorno (Situational Awareness).

Más información sobre las presentaciones en el Observatorio de Óptica, Optrónica y Nanotecnología.

16th HFM PANEL BUSINESS MEETING

Del 3 al 7 de octubre se celebró en Praga el simposio HFM-124 "Strategies to maintain combat readiness during extended deployments -A human systems integration approach" y la 16ª reunión del Panel HFM (Factores Humanos y Medicina) de la RTO. El simposio fue coordinado por España y se centró en aspectos en los que la integración de sistemas humanos ha supuesto una ventaja para el mantenimiento de la preparación del soldado en combate durante despliegues prolongados. En el simposio se contó con tres presentaciones españolas en las áreas de cuestiones psicológicas y sociológicas y en retos psicológicos.

La contribución nacional al Panel se centra en las áreas de Medicina Operacional, que actualmente está presidida por España, y recientemente, en Protección Humana. En la reunión plenaria del panel se revisó el estado de las actividades correspondientes a los grupos de trabajo, lectures series, exploratory teams, symposiums, etc., además de la discusión y aprobación de las nuevas actividades propuestas dentro de cada una de las áreas del panel, a dos años vista. La participación española en el panel HFM se ha visto incrementada en los últimos tiempos a través de expertos del sector militar y civil, y se espera poder contar en el futuro con la participación de la industria nacional.

1º EJERCICIO INTERLABORATORIOS SIRA

Durante el pasado mes de octubre tuvo lugar el primer ejercicio interlaboratorios para el análisis e identificación de agentes radiológicos organizado en el marco de la OTAN por el subgrupo de trabajo AC/225-LG-7-SIBCRA "Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents". El país organizador del ejercicio fue Canadá, y los países participantes fueron Reino Unido, Holanda, EE.UU., Suecia, Noruega y, por parte de España, el Laboratorio de Análisis de Radiactividad Ambiental, LARA, de la Unidad Nuclear del Departamento NBQ (FNM).

El ejercicio consistía en identificar y cuantificar la contaminación radiactiva en diversos tipos de muestras, conforme a los requisitos que deben cumplir los laboratorios fijos, según la normativa OTAN AEP-49. Las 4 muestras de filtro de aire, agua, suelo y frotis, se recibieron el 28 de septiembre, junto con información sobre el escenario que simulaba cada una de ellas. La duración prevista del ejercicio era de un mes, a lo largo del cual se debían elaborar y enviar dos informes, el primero correspondiente a las 24 horas de análisis y en un plazo máximo de 1 semana y el segundo al mes de la recepción de la muestra.

El objetivo del primer informe consiste en ofrecer información al Mando y Control de la zona sobre el tipo de contaminación radiactiva a la que se enfrenta, de forma que le ayude en la toma de decisiones, así como algunas sugerencias o consejos sobre el procedimiento de actuación a seguir. En el segundo informe se remite el resultado del análisis confirmatorio llevado a cabo para cada muestra. Los resultados del ejercicio se darán a conocer en la próxima reunión del grupo SIBCRA que se celebrará los días 25 a 27 de Abril en Holanda.

Programas finalizados: Detección Activa de Buceadores (DAB)

Dentro de la iniciativa del Programa Coincidente, del Ministerio de Defensa, para fomentar la I+D en tecnologías de doble uso militar y civil, la empresa SAES desarrolló el programa DAB (Detección Activa de Buceadores y Fuentes en Movimiento de Bajo Doppler), durante los años 2002 y 2003.

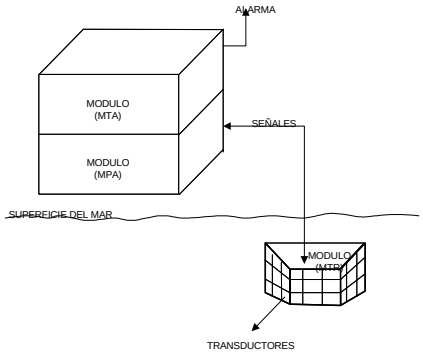
El objetivo del programa DAB fue el desarrollo del prototipo de un sistema de detección acústica (activa) submarina de objetos (buceadores) no deseados en movimiento a baja velocidad, y por tanto que tengan un Doppler bajo, a una distancia que permita disponer de la capacidad de reacción y con demora suficiente para su localización. De esta manera se evita que un buceador o grupo de buceadores se aproxime a un buque (submarino, corbeta, mercante, etc.) atracado en el puerto o fuera de él.

El sistema DAB dispone de los siguientes módulos:

1) Transmisor/Receptor (MTR), incluye los transductores necesarios para emitir las señales sonar y para recibir el eco de las mismas.

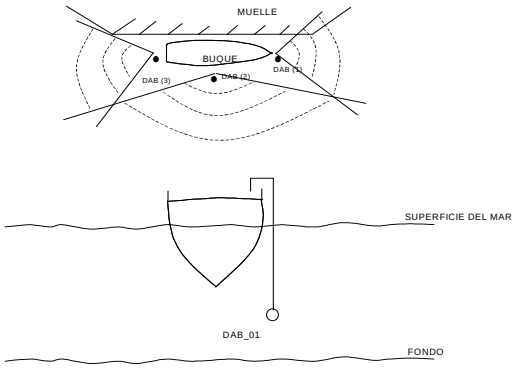
2) Procesado y Acondicionador de señal (MPA), contiene las tarjetas encargadas de digitalizar y procesar las señales que provienen de los transductores (MTR) gracias a la técnica de enventanado y Transformada Rápida de Fourier (FFT), también se encarga de la generación digital de los pulsos y de la sincronización emisión/recepción.

3) Tratamiento de datos y Alarmas (MTA), encargado de evaluar los datos provenientes del módulo MPA y decidir si se debe generar una alarma o no.



Módulos del Sistema DAB

El sistema proporciona la visualización de datos como la distancia al contacto, la posición del contacto (demora) o el nivel de alarma. También tiene cierta capacidad de evitar falsas alarmas producidas por ejemplo por un banco de peces.



Disposición General. Áreas de Cobertura del DAB

El sistema es portátil y de sencillo funcionamiento e instalación en cualquier tipo de buque, tanto unidades navales como buques mercantes, incluso en instalaciones portuarias. El uso del sistema no se limita al campo militar, sino que también tiene múltiples aplicaciones en el campo civil, como en la seguridad en puertos deportivos, zonas de buceo, trabajos submarinos, plataformas petrolíferas, etc. En la actualidad el sistema se encuentra pendiente de industrialización.

-Este artículo ha sido realizado con la colaboración del Tte. de Navío Ing. F. Javier Fernández Martínez, Jefe del Programa DAB, y actualmente destinado en la JAL. –

2ª Jornada Nacional MIDS/LINK-16

El pasado 29 de septiembre, a iniciativa de la Subdirección General de Tecnología y Centros de la DGAM, tuvo lugar en la Escuela Politécnica Superior del Ejército de Tierra (ET), la "Segunda Jornada Nacional sobre MIDS/ Link –16".

Las jornadas, celebradas anualmente, pretenden dar a conocer las múltiples actividades nacionales en materia de MIDS/Link-16 y facilitar el intercambio de información entre los organismos oficiales y empresas participantes.

Esta 2ª Jornada comenzó con la intervención del Subdirector General de Tecnología y Centros, quién dio la bienvenida a los asistentes en nombre del DIGAM y presentó los objetivos, para continuar con las exposiciones de la propia SDG TECEN y los Cuarteles Generales.

La ponencia de la SDG TECEN repasó los avances realizados, destacando el contrato de producción y entrega de terminales (Lotes 1 y 2) y las actividades de integración en plataformas, así como los principales retos de futuro, como pueden ser la definición del concepto de Operación Nacional Link-16, la interoperabilidad, el apoyo conjunto al Ciclo de Vida, la formación del personal y el desarrollo del concepto MIDS/JTRS (Joint Tactical Radio Systems).

La Armada describió el programa nacional de desarrollo LINPRO (procesador de data-links que soporta el intercambio de información en tiempo real y libera al sistema de combate de la gestión de los protocolos de transmisión / recepción de los distintos enlaces de datos tácticos) y la implementación de MIDS/Link-16 en la fragata F-100, denominada MOS (MIDS on Ship). También presentó el Plan de Migración de data-links hacia el futuro Link-22.

El Ejército del Aire expuso la situación actual a 2005, destacando las acciones enfocadas al establecimiento del Concepto de Operaciones (CONOPS) del MIDS/Link-16, la integración en plataformas (SIMCA, EFA, F-18 y futuro A400) y las directrices generales para mantenimiento de terminales MIDS.

El Ejército de Tierra detalló las actividades en curso, centrándose también en la elaboración del CONOPS en su doble vertiente de Artillería Antiaérea y para helicópteros, la viabilidad de la integración Link-16 en el helicóptero de ataque TIGRE y la posible implementación para Puestos de Mando. Se destacó como punto clave la puesta en marcha del Programa Link-16 del ET como aglutinador de las iniciativas dispersas en éste área en el Ejército.

Finalmente, se destacan otras ponencias que desarrollaron distintos aspectos de interés:

- Gestión de redes. Situación actual y previsiones para el Centro de Gestión de Redes Data Link del EMACON, organismo conjunto para la gestión y coordinación de redes Link-16, incluyendo las funciones para diseñar, planear, establecer y controlar las redes de enlaces tácticos, en particular Link-16 al objeto de asegurar la interoperabilidad inter-ejércitos y con países aliados.
- Implantación nacional e integración en el buque tipo LPD "Castilla" (MAB "MIDS a bordo).
- Programa multinacional MIDS-JTRS. Necesidades y objetivos. Concepto de radio software.
- Problemática de la interoperabilidad Link-16 entre plataformas, visión de EADS /CASA.

Más información o copia de las presentaciones en el Observatorio de Electrónica

ENLACES DE INTERÉS

Asociación Española del Hidrógeno

Página Web de esta asociación sin ánimo de lucro, que tiene como objetivo el desarrollo tecnológico del hidrógeno y las pilas de combustible.

http://aeh2.org/

The Air Force Research Laboratory

El AFRL es una organización estadounidense dedicada a la investigación, desarrollo e integración de tecnologías asequibles, destinadas a sus fuerzas aéreas.

http://www.afrl.af.mil/

UAV Info. The Internacional UAV Information Source

Enlace a la página con contenidos sobre Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs) Tras registrarse en la página se puede acceder a información sobre el tema.

http://www.uav-info.com

Fiabilidad de Sistemas de Armas: ÁRBOLES DE FALLOS

Los Sistemas de Seguridad/Protección (SSP) están presentes en una gran variedad de sistemas técnicos tanto de tipo industrial como militar. Existen multitud de ejemplos de estos sistemas en el ámbito de la industria civil. Así pues, hoy en día es difícil encontrar a alguien que nunca haya oído hablar de los "sistemas de protección activa" como los ampliamente desarrollados dentro de la industria del automóvil (airbags y sistemas de control de frenada, entre otros) o de sistemas de freno de emergencia en ascensores o de sistemas de extinción de incendios.

Análogamente, en el ámbito de la industria militar aparecen también multitud de ejemplos de SSPs. Espoletas de diversos tipos, misiles y otras municiones de alto coste, sistemas de detección y/o identificación basados en diferentes tecnologías (radar, láser o infrarroja) o sistemas de ayuda a la navegación (terrestre, marítima o aérea) son sólo algunos de los referentes en este campo.

Centrándose en el ámbito militar de los SSPs puede decirse, sin pérdida de generalidad, que la característica principal de éstos estriba en que permanecen a la espera de intervenir una gran parte de su vida útil, intervención que en muchos casos sólo llega a ser necesaria en Operaciones de Adiestramiento de las UCOs o en Operaciones de Combate real.

Sin embargo, el diseño de dichos sistemas y las estrategias de mantenimiento que con ellos se empleen, deben ser diseñadas bajo la premisa de minimizar la probabilidad de que fallen cuando se les demande para intervenir, ya que, dada la naturaleza de dicha intervención, su fallo puede acarrear consecuencias graves para las personas, sus bienes y/o el medio ambiente. Es decir, están diseñados para dotarles de un alto grado de fiabilidad.

Para el diseño, en términos de fiabilidad de SSP, se emplean modelos matemáticos, de los cuales el más común es el del *árbol de fallos*. Una vez obtenido el árbol de fallos se hace necesario considerar un procedimiento que permita evaluarlo cuantitativamente de forma eficiente y segura. Para ello, el método tradicional ha sido el cálculo de los Grupos de Corte Mínimos (GCM) seguido de la aplicación de diversos métodos, como por ejemplo el de inclusión-exclusión, para el cálculo de la probabilidad del suceso top del árbol (fallo del sistema).

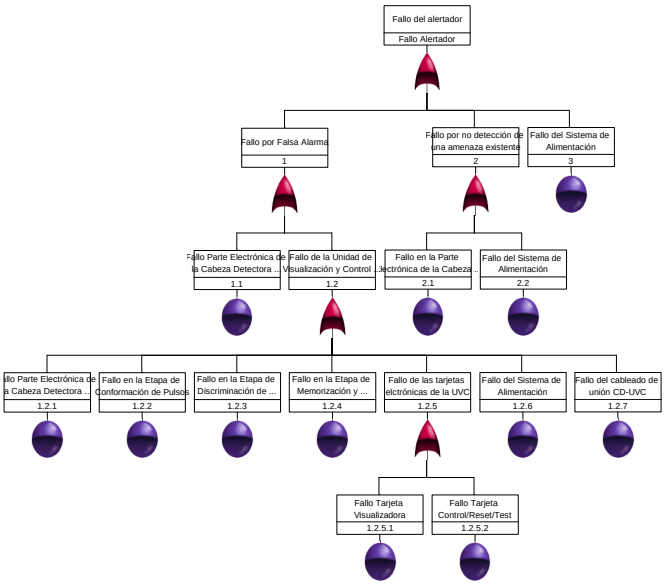
A este modelo matemático se le ha incorporado recientemente la posibilidad de contemplar diferentes *alternativas de diseño* mediante la aplicación de técnicas de optimización basadas en la programación evolutiva (como los *Algoritmos Genéticos*), consiguiendo con ello facilitar su aplicación a múltiples sistemas o subsistemas técnicos.

Aplicación del árbol de fallos para la estimación de la fiabilidad esperada del ALERTADOR LÁSER PROTOTIPO M-37

Un ejemplo de aplicación de esta metodología en el Ministerio de Defensa es la del alertador láser. Ante la proliferación de telémetros, direcciones de tiro y designadores de objetivos que utilizan el láser como elemento de medida, puntería, guiado y designación de blancos se ha convenido como sumamente interesante el dotar a las tripulaciones de cualquier tipo de plataformas móviles (Vehículos de Combate de Infantería/Caballería, Carros de Combate, Helicópteros, etc.), o plataformas fijas (Centros de Mando, etc.), de un ALERTADOR que sea capaz de determinar si dichas plataformas se encuentran sometidas a una amenaza láser.

Al objeto de estimar la fiabilidad esperada de uno de estos sistemas técnicos, el ALERTADOR LÁSER PROTOTIPO M-37 como Sistema de Protección Activa de la tripulación de la plataforma en la que va a ir incorporado. Se aplicó la técnica de análisis por árboles de fallos en un proyecto conjunto realizado entre la Escuela Politécnica Superior del Ejército (ESPOL) y el Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería (TPYCEA) de la SDG TECEN.

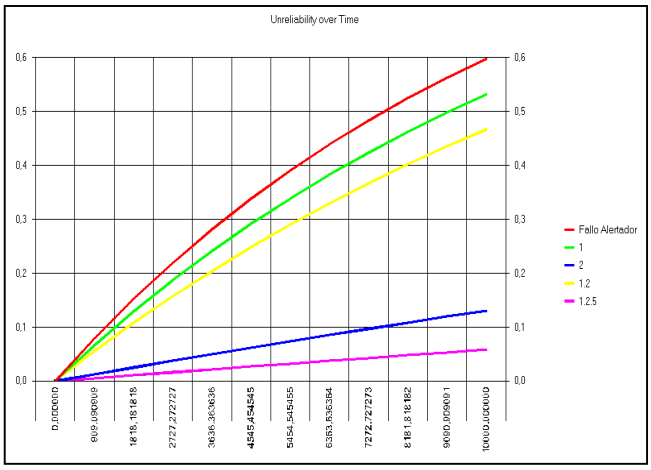
El análisis mediante árboles de fallos permitió estudiar la fiabilidad y la no disponibilidad de este sistema técnico mediante el uso de *puertas lógicas* organizadas en una estructura que condujo desde unos sucesos no deseados hasta sus causas fundamentales o sucesos básicos.



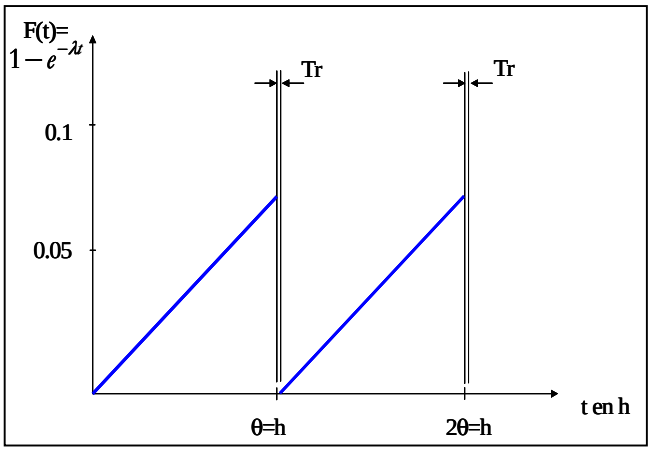
Árbol de fallos del suceso top

Para la estimación de la fiabilidad del sistema se utilizaron dos aplicaciones informáticas de uso y distribución libres. La primera de ellas para la estimación de los datos de fiabilidad de cada uno de los subsistemas o componentes electrónicos basado en el Manual Americano MIL-HDBK-217F[1] y la segunda para el desarrollo y evaluación del árbol de fallos[2].

A la luz de los resultados proporcionados por ambas aplicaciones informáticas se obtuvo el valor de la fiabilidad esperada del sistema, además de determinar los GCMs del mismo. Con los valores más críticos se pudieron diseñar estrategias de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad del sistema y consecuentemente mejorar su diseño.



Probabilidad de fallo del ALERTADOR LÁSER frente al tiempo



Modelo de Mantenimiento Preventivo con Revisión Periódica

Una de las aplicaciones que se planteó como futura línea de trabajo en el análisis de fiabilidad del ALERTADOR es la optimización de su diseño.

Esta tarea implicaría, generalmente, la búsqueda de soluciones que, cumpliendo la función de estructura del árbol de fallos, además cumplieran una amplia variedad de restricciones, a menudo divergentes, con un mínimo de recursos. Por otra parte, el número de posibles combinaciones de los recursos que optimizarían el espacio de soluciones sería muy grande y el tamaño o complejidad lógica de los árboles de fallos convertiría dicha tarea en un problema de cálculo formidable. Como consecuencia, la búsqueda determinista de la solución óptima exacta de este problema de diseño real sería algo inviable.

En este contexto, los Sistemas Inteligentes son técnicas metaheurísticas que pueden proporcionar herramientas muy eficaces y que están siendo utilizados con éxito en la solución de problemas complejos de optimización no lineal. La programación evolutiva en general, y los **A**lgoritmos **G**enéticos (AG,s) en particular, presentan excelentes características de flexibilidad, robustez y adaptabilidad muy adecuados para atacar los complejos problemas combinatorios asociados a la optimización de la fiabilidad de sistemas técnicos reales.

Referencias

[1] Cte. CIP. ES. Juan Carlos París González, Tte. CIP. ES. Manuel Aparicio Muñoz [2004]. "*Aplicación del análisis de árboles de fallos para la estimación de la fiabilidad esperada del Alertador Láser PROTOTIPO M-37*", Proyecto Fin de Estudios: XI Curso de Perfeccionamiento sobre Sistema de Armas. ESPOL.
[2] Vesely, W.E., Goldberg, F.F., Roberts, N.H., Haals, D.F. [1981]. "*Fault Tree Handbook, Systems and Reliability Research Office of Nuclear Regulatory Research*", U.S. Nuclear Regulatory Comission, Washington D.C.
[3]] J.D. Andrews, "*Optimal safety system design using fault tree analysis*". In Proc. Instn. Mech. Engrs., vol. 208, pp. 123-131, 1994.
[4] R.M. Sinnamon & J.D. Andrews, "*New approaches to evaluating fault trees*". Reliability Engineering and System Safety 58 (1997) 89-96.
[5] Andrews, J.D. and Pattison, R.L., "*Optimal Safety-system performance*". In Proceedings of the 1997 Reliability and Maintainability Symposium, Philadelphia, Pennsylvania, January 1997, pp. 76-83.
[6] Hauptmanns, U., "*Análisis de Árboles de Fallos*". Ed. Bellaterra, S.A., Barcelona, 1987.
[7] Ernest, J. Henley, Kumantoto, H., "*Reliability Engineering and Risk Assessment*". Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, 1981.
[8] Creus Solé, A., "*Fiabilidad y Seguridad de Procesos Industriales*". Ed. Marcombo, S.A., 1991.
Arbones Malisani, E. A., "Optimización Industrial (II): programación de los recursos". Ed. Marcombo, S.A., 1989.
[9] Autores varios, "Diversas fuentes relativas a datos sobre fiabilidad de componentes técnicos".

[1] *Quanterion Automated Reliability Toolkit QuART v 1.0 http://www.quanterion.com/)*

[2] *Reliability Software RELEX V7.2 http://www.relexsoftware.com).*

- Este artículo ha sido preparado por D. Manuel Aparicio Muñoz, Teniente del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra. (Escala Superior). Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Acorazados nº2. (PCMSA 2). mapamun@et.mde.es –

La simulación como apoyo al proceso de adquisición (SBA)

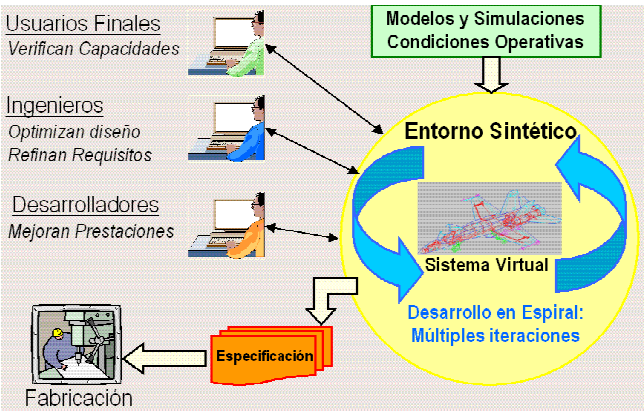
La complejidad de los sistemas de armas y sus exigentes requisitos de operación han hecho que la complejidad de los procesos de adquisición y, en concreto, la definición de sus capacidades y requisitos crezca de forma considerable.

Como solución de futuro para superar estas dificultades, desde hace ya algunos años, se emplea el concepto SBA (*Simulation Based Acquisition*), para identificar una serie de nuevos planteamientos consistentes en utilizar de forma global e integrada la tecnología de simulación a lo largo de todo el ciclo de vida de los sistemas, desde la concepción de la necesidad hasta la baja del sistema real. Se intenta poder construir prototipos virtuales antes de fabricar los prototipos reales, con el fin de que los usuarios finales sean capaces de probar las capacidades operacionales y comparar las distintas alternativas. La idea que se persigue es la de reducir el tiempo, recursos y riesgos asociados al proceso global de adquisición, construyendo el mejor sistema "la primera vez".

Actualmente, es frecuente emplear herramientas de simulación en las diferentes fases del proceso de obtención y operación de sistemas, tales como en el desarrollo del concepto, definición de requisitos, actividades de desarrollo o durante el soporte a la operación, como en el adiestramiento. Sin embargo, en general las herramientas utilizadas en cada fase son diseñadas para lograr objetivos específicos e inmediatos sin relación con otras fases del ciclo de vida del sistema. A diferencia de esto, el SBA persigue conseguir un enfoque integrado del empleo de técnicas de simulación en todo el proceso de adquisición.

La idea no se reduce a *construir* un sistema de forma virtual. Se trata además de *emplear* dicho sistema considerando el entorno, situaciones y misiones en las que el sistema real deberá operar. El ámbito de aplicación de las técnicas no sólo abarca aspectos asociados a capacidades operativas de los sistemas, sino que permite profundizar en otros como el mantenimiento o la fabricación e integración de los componentes. La utilización de este tipo de enfoques debería ayudar a disponer de una visión más cercana a las capacidades que ofrecen los sistemas, en lugar de una visión puramente técnica, permitiendo comprender, antes de construir el sistema, lo que éste realmente puede hacer en situaciones próximas a las reales y coherente con el uso que se va a hacer de él, pudiendo tomar decisiones en momentos tempranos. Se pasa a hablar del *ciclo de vida virtual de un sistema,* que sigue una secuencia de diseño, simulación y modificación de las deficiencias detectadas de forma iterativa, hasta conseguir una validación virtual de los requisitos. Dado que los ciclos de vida virtuales pueden repetirse múltiples veces en periodos cortos, la calidad final de la especificación de los sistemas debería mejorar ostensiblemente y con ello las capacidades del sistema a desarrollar.

Una de las ideas detrás de SBA es la importancia de compartir modelos y simulaciones entre la industria y el Ministerio de Defensa. Se pretende emplear los mismos modelos en todos los ámbitos relacionados con el desarrollo y explotación de sistemas. Algunos ejemplos en los que se podrían usar los modelos son el software de simulación de fabricación de componentes, el software de simulación de instalaciones para fabricación y el software de control y operación de sistemas.



Por otro lado, la participación del usuario en todas las fases del proceso de simulación es beneficiosa tanto para el sistema, en la fase de desarrollo en la que se fomenta su optimización, como para el propio usuario, que se beneficia disponiendo de forma inmediata de un sistema de entrenamiento avanzado con capacidades similares al real. Por último, el enfoque SBA posibilita el desarrollo de los sistemas desde una perspectiva de "sistema de sistemas", tocando aspectos de interoperabilidad entre ellos.

A pesar de que las posibilidades potenciales de SBA son múltiples, su puesta en práctica entraña dificultades relacionadas fundamentalmente con la necesidad de introducir cambios culturales y organizativos en la gestión de programas. En concreto, la necesidad de compartir modelos hace necesario utilizar un entorno sintético común, basado en estándares, en todas las fases de cada programa y entre programas diferentes, fomentando así la reutilización. Adicionalmente se necesitan repositorios de modelos, que faciliten su mantenimiento y explotación, y de procesos de verificación, validación y acreditación, que aseguren la consistencia y fiabilidad de modelos y simulaciones.

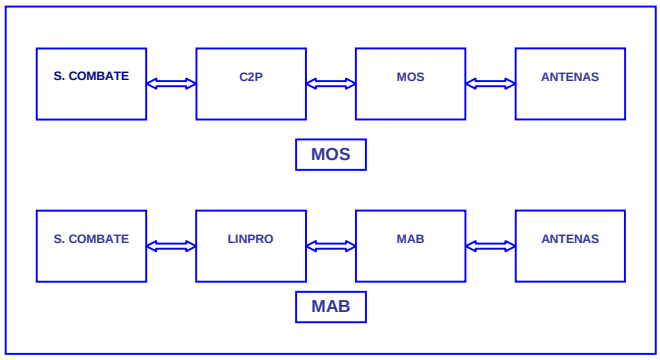
Desde la SDGTECEN ya se participó hace algunos años en el grupo MSG-003 "*M&S Technology in support to Simulation Based Acquisition (SBA)*", del Panel NMSG-RTO de la OTAN, en el que se estudiaba las posibilidades de aplicación de estas técnicas. Adicionalmente, se está comenzando a participar en el grupo RTP 111.041 "*Framework for Simulation Based Acquisition*", en el que se espera obtener una infraestructura básica, modelos y herramientas, para su aplicación futura.

Programa MIDS a bordo (MAB) 1ª integración española en buque de MIDS / LINK-16

El programa "MIDS A Bordo" (MAB) tiene como objetivo desarrollar la integración desde el punto de vista hardware, del terminal MIDS/Link-16 denominado LVT (Low Volume Terminal) en los buques de la Armada para dotarles de la capacidad de intercambio de datos tácticos cuando estos se integren en una Fuerza aeronaval, ya sea nacional o internacional.

En la actualidad, en las fragatas F-100 existe una configuración análoga que se denomina MOS ("MIDS on Ship") que resuelve el problema de esta integración, pero es una solución de elevado coste de la Marina norteamericana adaptada a sus necesidades.

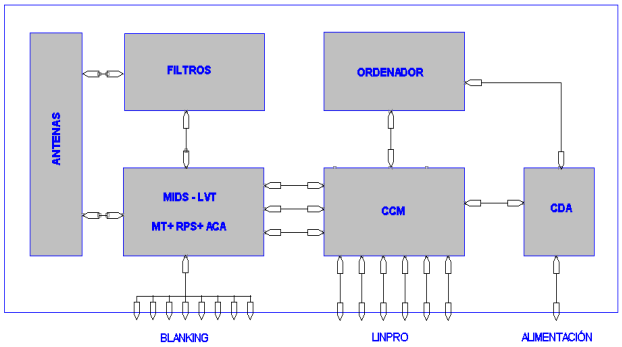
La Subdirección de Tecnología y Centros, a iniciativa del CIDA y de la JAL, ha optado por un desarrollo de I+D para abordar una solución nacional teniendo en cuenta el número de instalaciones previstas en otros buques (los de nueva construcción, más algunos existentes), la utilización del preprocesador data-link, LINPRO, también desarrollo nacional, en lugar del C2P americano, la potenciación de la industria nacional y el riesgo moderado de acometerlo. La figura adjunta ilustra las diferencias básicas entre ambas configuraciones respecto a la integración en el buque.



El desarrollo MAB, aunque genérico para cualquier configuración de Sistema de Combate, se enfoca en ésta primera realización a la integración en el buque LPD "Castilla".

El programa contempla el diseño y desarrollo de un rack de 19'' navalizado donde se integran, además del terminal LVT del MIDS, todos los equipos necesarios como interfaz común entre el LINPRO y la antena MIDS. De esta manera se configura el MAB como un bloque autónomo capaz de facilitar la instalación en prácticamente cualquier tipo de buque, con la única restricción de que el sistema de combate lleve equipado un procesador tipo LINPRO. Los componentes principales instalados en el rack son:

- Terminal LVT del MIDS / Link-16
- Caja de Control del MIDS (CCM).
- Cajón de Distribución de Alimentaciones (CDA).
- Ordenador personal "rugerizado" de soporte.



En el diagrama de bloques se muestra la interrelación de los equipos instalados en el rack. La configuración del rack reserva un espacio para un posible futuro amplificador de potencia de hasta 1000 W, que sí incorpora la solución MOS americana en las F-100. En el desarrollo actual del MAB nacional para el LPD "Castilla" la potencia de salida nominal será la que provee el propio terminal LVT (200 W)

El programa está liderado por el CIDA, quien además de la dirección y control del mismo realiza los desarrollos de la caja de control del MIDS, la caja de distribución de la alimentación y el diseño del rack, siendo también responsable de las pruebas de integración, pruebas ambientales y de interferencia electromagnética.

La empresa RYMSA ha sido contratada para el diseño y desarrollo de las antenas de transmisión / recepción y la unidad de filtros necesarios (paso banda y banda eliminada) para evitar las interferencias con el IFF que utiliza frecuencias próximas al MIDS en banda L.

La navalización y consecuentemente los aspectos de robustez ambiental y mecánica para trabajar en entorno marinos, han sido unos de los condicionantes más importantes tenidos en cuenta en el diseño del rack, de los equipos que en el se integran y de la nueva antena desarrollada.

El programa está planificado para finalizar en diciembre de 2005. En la actualidad se han llevado a cabo las pruebas ambientales y de vibración del rack con su equipamiento completo en el INTA, así como las pruebas funcionales de integración en tierra, concretamente en el CEAR.

Para el próximo año se ejecutará la integración e instalación del MAB en el buque "Castilla". La instalación pruebas y puesta a punto en el buque traerá consigo una problemática específica derivada de la adecuación del palo de popa, donde se instalará la nueva antena desarrollada (obra a ejecutar por NAVANTIA), la disponibilidad de un primer prototipo de la unidad LINPRO para las

pruebas funcionales a bordo del sistema completo, y la realización de pruebas de compatibilidad electromagnética con todos los sistemas de RF del buque.

Para las pruebas funcionales operativas a bordo se utilizará el laboratorio móvil Link-16 MOVILINK, al igual que se ha venido haciendo para las pruebas de integración del MIDS / Link-16 en fragatas F-100, y se continua hasta completar la serie.

Como último paso una vez probada y validada la configuración final MAB en el Castilla, y dado que el desarrollo de este primer prototipo se ha ejecutado en el CIDA, se espera realizar la transferencia de toda la documentación de diseño y de producto a la industria para la fabricación en serie de posteriores versiones con que se equipen el resto de buques en los que se pretende instalar MIDS / Link-16.

NUEVOS MÉTODOS PARA LA DESCONTAMINACIÓN RADIOLÓGICA

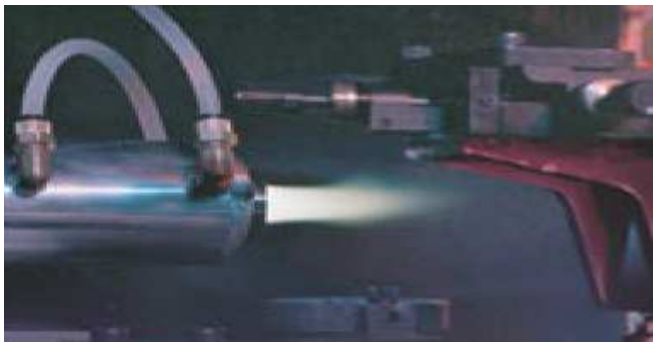
La descontaminación radiológica es el proceso llevado a cabo para reducir o eliminar contaminantes radiactivos mediante el empleo de métodos físicos y/o químicos. A la hora de elegir un método de descontaminación hay que valorar aspectos tales como riesgos para el personal, eficacia, volumen de residuos generados, nivel de contaminación, características de la superficie a descontaminar (ya sea para reutilizar materiales y/o recuperar espacios) y rentabilidad (balance coste-beneficio).

Con objeto de solventar algunos de estos problemas asociados a la descontaminación radiactiva, se están desarrollando tecnologías que permitan ofrecer métodos más seguros, eficaces y que minimicen la formación de residuos.

En el artículo se describen brevemente algunas de estas tecnologías. La mayor parte del desarrollo de estos nuevos métodos de descontaminación está orientado para su aplicación dentro del ámbito civil (instalaciones nucleares y radiactivas) tanto para la gestión de residuos radiactivos como para la descontaminación de materiales y superficies. Derivados de los proyectos de investigación que se están realizando en este sentido, surgirán productos también aplicables en el ámbito militar para hacer frente a amenazas radiológicas.

DESCONTAMINACIÓN RADIOLÓGICA EMPLEANDO PLASMAS A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La tecnología de generación de plasmas a presión atmosférica (APPJ, Atmospheric Pressure Plasma Jet) se viene utilizando en aplicaciones industriales y militares para modificar propiedades de los materiales, como aumentar su impregnación y su absorción. Actualmente, se está desarrollando su empleo como sistema de descontaminación para agentes químicos, biológicos y radiológicos tanto de superficies como de equipos.



El plasma está compuesto por un gas inerte (helio) y un aditivo (generalmente oxígeno). En este tipo de plasmas, las especies de oxígeno reactivas son el oxígeno metaestable (O_2*), el oxígeno atómico (O) e iones oxigeno (O_2^+) .Estas especies reactivas generadas “queman” materias orgánicas, como aceite o grasa, presentes en superficies a temperaturas relativamente bajas. Aunque la apariencia del plasma es similar a un mechero Bunsen, su temperatura se puede mantener fría, entre 50º C y 300º C. Se puede aplicar, por tanto, sobre materiales sensibles (ordenadores, maquinaria industrial o sistemas de comunicaciones) sin dañarlos.

Su aplicación para la descontaminación radiactiva está en fase de desarrollo y los primeros estudios se están centrando en el plutonio y en el uranio. En este método, al plasma se añaden pequeñas cantidades de aditivos como NF_3, CF_4/O_2 o SF_6 para generar átomos de flúor activos. Estos átomos activos reaccionan con los radionucleidos presentes en una superficie para formar los correspondientes fluoruros volátiles que escapan de la superficie y quedan atrapados en un sistema de filtración. Empleando el plasma durante 10 minutos los resultados obtenidos están en torno a un 90 % de eliminación para el uranio y de un 50 % para el plutonio.

Su aplicación para descontaminación biológica y química también está dando buenos resultados. Se ha aplicado a un simulador de ántrax, al VX y a la iperita. En el caso de los agresivos químicos, la eficacia de la descontaminación aumenta con la adición de agentes reductores u oxidantes para la obtención de sus productos de degradación.

EMPLEO DE POLÍMEROS

POLÍMEROS SOLUBLES EN AGUA

El desarrollo y la síntesis de polímeros solubles en agua y con capacidad para formar complejos con metales resultan de gran interés por su aplicación en métodos de descontaminación radiológica seguros y baratos. El origen de la investigación ha sido la creación de unidades de filtración selectiva para la recuperación de metales pesados y radionucleidos de efluentes procedentes de la industria o de centros donde se manipula material radiactivo.

La acción de este tipo de descontaminantes poliméricos se basa en su capacidad para encapsular los radionucleidos y de esta forma extraerlos de la superficie. Así, se han desarrollado productos en forma de pintura, que se extienden sobre la superficie contaminada, se dejan secar y se retiran en forma de película. Se puede añadir una característica más, la identificación de la contaminación mediante un cambio de color. En este sentido, se ha conseguido distinguir uranio y plutonio y se espera poder adaptar la técnica para la detección de otros radionucleidos. El proyecto de investigación se lleva a cabo en el Laboratorio Nacional de Los Álamos (EEUU).

Empleo de biopolímeros "verdes"

Los biopolímeros son polímeros sintetizados por microorganismos y su empleo como sistema de descontaminación radiológica también es del tipo "aplicar, esperar, retirar". El recubrimiento formado por el radionucleido unido al polímero se puede quitar en forma de película, en forma de polvo o mediante lavado. Entre las ventajas del empleo de biopolímeros, se encuentra que:

- Son degradables
- Aumentan la viscosidad de las disoluciones acuosas, permitiendo un mejor recubrimiento de la superficie.
- Disminución de residuos peligrosos y de los riesgos en los procesos de descontaminación.
- Menor coste e incremento en la eficiencia de descontaminación.
- La bioadsorción puede ser selectiva para determinadas especies metálicas.

Hasta la fecha, hay estudios realizados con uranio y cobre, aunque se pretende estudiar su aplicación en productos de fisión, como el estroncio y el cesio. Las principales líneas de investigación se centran en:

- Definir las características de los biopolímeros, su poder para encapsular metales y sus propiedades surfactantes.
- Conocimiento de la fisiología en la producción microbiana de estos polímeros.
- Estudio de sus propiedades reológicas para su empleo efectivo sobre superficies.
- Empleo de técnicas de electrospray para un despliegue más rápido.

El proyecto de investigación se está llevando a cabo en el Laboratorio Nacional Oak Ridge (EEUU).

EMPLEO DE BACTERIAS CON CAPACIDAD DE DESCONTAMINACIÓN RADIACTIVA

Investigadores estadounidenses están estudiando ciertas bacterias que poseen la habilidad de descontaminar suelos. Las bacterias metabolizan los compuestos orgánicos presentes en el suelo, generando electrones. Estos electrones son captados por los metales como, por ejemplo, el uranio (VI), produciéndose un cambio en su estado de oxidación. Las especies reducidas son menos solubles y precipitan, depositándose en las aguas subterráneas. Además, el paso de los electrones crea una biopila que podría utilizarse para producir electricidad.

Entre los contaminantes estudiados, además del U(VI) se encuentran: tecnecio (VII), neptunio (V), plutonio (IV), mercurio (II), cobalto (III), cromo y hierro (III). Se puede obtener más información en www.lbl.gov/NABIR.

RadPro®: PROCESO PATENTADO DE DESCONTAMINACIÓN

La empresa EAI (Environmental Alternatives, Inc) posee un interesante proceso de descontaminación patentado denominado RadPro®. El método consiste en la aplicación de formulaciones químicas de forma secuencial para extraer y encapsular los contaminantes presentes en superficies. Este proceso de extracción es efectivo tanto para los radionucleidos, como para metales pesados y compuestos orgánicos. Los niveles de descontaminación alcanzados están en torno al 90-99%. Este método es aplicable sobre una gran variedad de superficies y materiales que incluyen cemento, asfalto, madera, acero, acero inoxidable, etc. Además, puede ser utilizado en superficies difíciles como paredes, techos, tuberías, etc. Para más información; rmartin@eai-inc.com

- Este artículo ha sido realizado por María del Mar Hidalgo, licenciada en Ciencias Químicas. Pertenece a la Unidad Nuclear del Departamento NBQ de la Marañosa, y es además colaboradora del Observatorio NBQ-

Programas militares sobre PILAS DE COMBUSTIBLE

Como ya se apuntaba en el artículo "Introducción a las Pilas de Combustible" del Boletín nº8, las pilas de combustible, tecnología dual enormemente prometedora, poseen un gran potencial en defensa. La energía eléctrica necesaria en muchas aplicaciones militares aumenta continuamente (dispositivos electrónicos cada vez más sofisticados, sistemas más complejos), por lo que es fundamental el desarrollo de fuentes de energía que puedan responder a esa demanda, satisfaciendo a su vez otros requisitos como la disminución de peso y volumen, en el caso de dispositivos portátiles, o la reducción de la firma térmica o acústica para misiones que así lo requieran. Las limitaciones que imponen las baterías o los motores de combustión interna en muchas aplicaciones llevan a buscar otras opciones de suministro de energía.

Las características de las pilas de combustible las convierten en candidatas para satisfacer esta necesidad. Aunque se trata de una tecnología que aún no ha alcanzado el grado de madurez suficiente, las inversiones en investigación para hacer de ella una tecnología competitiva son cada vez mayores y se multiplica el número de proyectos de demostración, tanto en el ámbito civil como militar.

Son muchas las ventajas que las pilas de combustible pueden aportar en el entorno militar: simplificar la logística, aumentar la funcionalidad y efectividad de los dispositivos o cubrir ciertos nichos específicos debido a sus características particulares (reducción de firmas, agua como subproducto, etc.)

Prácticamente todos los países que se plantean el uso de pilas de combustible, lo hacen para tres aplicaciones:

- Propulsión de futuros vehículos: de tierra, mar o aire, tripulados o no.
- Fuentes de alimentación portátiles.
- Fuentes de energía estacionarias para las bases militares

En investigación y desarrollo de pilas de combustible y auxiliares para aplicaciones militares, Estados Unidos se encuentra en una posición privilegiada. Algunos de los proyectos más destacados financiados por el Ministerio de Defensa estadounidense (DoD) y en los que se encuentran involucrados una enorme cantidad de laboratorios, centros de investigación y empresas son los siguientes:

1) El programa de Combatiente Futuro está investigando diversas tecnologías para adaptar su uso al soldado individual. Entre estas tecnologías se encuentran las pilas de combustible, alimentadas bien con metanol o bien con combustibles convencionales, para aportar energía a armas, sistemas electrónicos y quizás incluso a exoesqueletos que permitan a los soldados acarrear cargas muy pesadas.

2) En esta misma línea de dispositivos de generación de energía portátil, DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), en su programa Palm Power, está desarrollando y demostrando pilas portátiles compactas de 20 W que podrán ser de utilidad para pequeños robots, equipamiento de soldados o micro UAVs. La densidad energética objetivo varía entre los 1000 y los 3000 Wh/Kg para permitir misiones de entre 3 horas y 10 días.

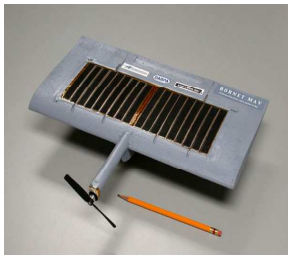
3) A finales del 2004 vio la luz un todoterreno propulsado con pila de combustible desarrollado por Quantum. El vehículo, denominado "Aggressor" se ha estado probando durante el año 2005. Entre los resultados más significativos, destaca el hecho de que la aceleración que alcanza puede llegar a doblar la de un motor convencional de gasolina. Para dar soporte a este vehículo actualmente se está desarrollando un dispositivo portátil para repostar hidrógeno.

4) Durante los años 90 se demostraron numerosos sistemas de pila de combustible estacionarios (PEMFC-Proton Exchange Membrane Fuel Cell Y PAFC-Phosphoric Acid Fuel Cell) en bases militares y emplazamientos diplomáticos en todo el mundo para suministro de energía eléctrica y calor. Las pilas para el proyecto fueron suministradas por cinco fabricantes diferentes. Los resultados de la demostración se entregaron a todos ellos con el fin de mejorar sus productos. Actualmente se continua colaborando con algunas empresas para seguir probando instalaciones tanto en campo como en laboratorio, estudiando su fiabilidad en distintos climas y ubicaciones.

5) El "Ship Service Fuel Cell Program" desarrolla sistemas de pila de combustible (basados en MCFC-Molten Carbonate Fuel Cells) para suministro de energía primaria y auxiliar en plataformas navales. Entre los beneficios que se espera obtener con la implantación de estos sistemas destaca la reducción de costes en combustible consumido.

6) La NASA también colabora con el DoD en aplicaciones militares. Destaca un programa que tiene como objetivo el desarrollo de UAVs donde las pilas de combustible se combinen con energía fotovoltaica para misiones de vigilancia. A este programa pertenece el prototipo Helios, destruido en accidente en 2003.

7) DARPA también tiene actividad en el desarrollo de micro UAVs como el Hornet, propulsado con pila de combustible y que puede equiparse con una cámara para misiones de vigilancia.



En Europa, la actividad en torno a las pilas de combustible militares es menor que en EEUU, pero el interés es creciente y la cantidad de proyectos que se ponen en marcha también aumenta.

1) Gran parte de los Programas de Combatiente Futuro (Alemania, Reino Unido, Francia, España) contemplan, en mayor o menor medida, la incorporación de pilas de combustible al equipamiento de los soldados, por lo que se trabaja en desarrollos de pila, demostradores de sistemas completos, etc.

2) En el Boletín nº8 se mencionó que en la LoI se intenta identificar intereses y líneas de actuación comunes en este campo. A día de hoy las aplicaciones con más posibilidades de dar lugar a un proyecto de colaboración son las pilas de combustible portátiles y sistemas APU (Auxiliary Power Unit).

3) Alemania, Italia, Grecia y España están interesados en las pilas de combustible para propulsión de submarinos (sistemas AIP)[1].

4) En Suecia se ha lanzado un programa denominado "Tecnología de pilas de combustible" con el objetivo de impulsar estas tecnologías. Su actividad consiste fundamentalmente en la puesta en marcha de demostradores para distintas aplicaciones (APUs, telecomunicaciones), así como desarrollo de pilas PEM.

5) Una línea de investigación complementaria al desarrollo de pilas de combustible es el reformado del combustible, con lo que se pretende poder utilizar combustibles convencionales para obtener el hidrógeno necesario, y así facilitar la logística. Existe un programa pendiente, DESIRES, de la Cepa 16 (GAEO), que consiste en el reformado de combustible NATO F76, en el que colaborarán Alemania, Países Bajos, Italia y Turquía.

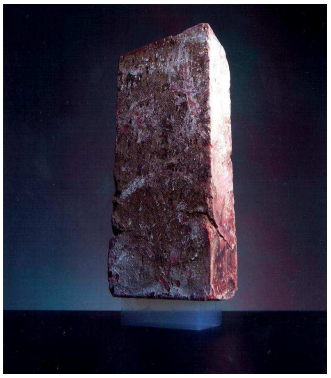
Por otro lado, Canadá también apoya la investigación de pilas de combustible militares desde 1990, destacando su aplicación como fuente de energía en submarinos.

Estos son sólo algunos de los proyectos que se están acometiendo a nivel mundial y cada año aumentan las inversiones, las empresas y organismos involucrados. También la cantidad de demostradores y prototipos es cada vez mayor y se espera que a medio plazo los dispositivos tengan una implantación considerable en el entorno militar. Además, debido a la dualidad de estas tecnologías, el desarrollo militar podría dar a la industria un impulso importante para la implantación generalizada de las pilas de combustible también en el entorno civil.

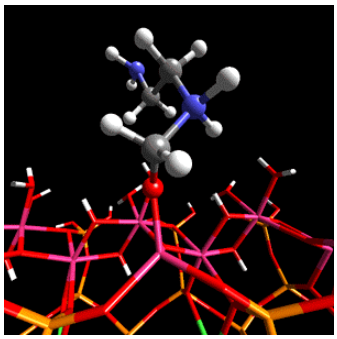
[1] Más información de sistemas AIP en el Boletín Nº7

NANOMATERIALES: Aplicaciones

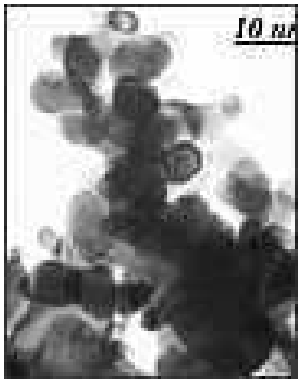
En el numero anterior de este boletín se definió de una manera aproximada lo que se entiende actualmente como nanomateriales o materiales nanoestructurados, los principales métodos de producción, y las excelentes propiedades que sus especiales características físico-químicas les imprimen. El hecho de que estos nuevos materiales presenten unas características extraordinarias, a veces incluso poco previsibles, y el todavía escaso conocimiento que sobre ellos se tiene, hace posible pensar en una no muy lejana revolución que afectará tanto a los materiales funcionales como estructurales, cuyas propiedades podrán ser diseñadas "a la carta".



Un primer ejemplo de estas nuevas posibilidades lo encontramos en el campo de la energía. Frente a la limitada capacidad de almacenamiento de las baterias tradicionales y la necesidad de frecuentes recargas, los materiales nanocristalinos, con su caracteristica microestructura, permiten almacenar una cantidad de energía considerablemente mayor y superar así muchas de las limitaciones existentes. Baterías de níquel-hidruros metálicos realizadas con níquel nanocristalino están demostrando una mayor duración, debido a su gran área superficial de limite de grano y a sus superiores propiedades físicas, químicas y mecánicas. Multiples aplicaciones, desde equipamiento para el soldado de infantería, hasta plataformas no tripuladas y aplicaciones robóticas de apoyo, y fundamentalmente el sector de las comunicaciones, podrán beneficiarse de los avances en esta área.



Otro ejemplo, centrado en una aplicación tradicional de la tecnología en el área de Defensa son los nanocompositos. Dichos materiales están demostrando unas propiedades muy prometedoras en las denominadas tecnologías stealth, y especialmente en el desarrollo de materiales absorbentes del radar, o materiales RAM (Radar Absorbing Materials). Los materiales RAM son recubrimientos cuyas propiedades eléctricas o magnéticas se modifican para permitir la absorción de la energía electromagnética incidente. Dicha energía se reemite con diferente longitud de onda, o se disipa



en forma de energía térmica, de modo que finalmente el receptor no es capaz de captar la señal. Existe en la actualidad una importante cantidad de materiales RAM capaces de conseguir importantes reducciones en la RCS (Radar Cross Section), generalmente empleando matrices flexibles, con refuerzos magnéticos o dieléctricos. Controlando las cargas de dichos refuerzos, es posible seleccionar la absorción a más de una frecuencia discreta, o el cubrir bandas más anchas. El mayor conocimiento de las propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales a escala nanométrica, y el dominio de los refuerzos empleados permiten un enorme control sobre las frecuencias a absorber y la posibilidad de obtener efectos sinérgicos extraordinarios. Las investigaciones en este campo se dirigen ahora hacia nanopartículas de ferritas embebidas en matrices poliméricas, nanopartículas de Zn-Co dopadas, polímeros conductores, vidrios amorfos, y por supuesto, materiales compuestos de nanotubos de carbono.

Otro de los sectores donde el dominio de los materiales nanoestructurados está experimentando una mayor influencia es el de los materiales cerámicos. Las cerámicas, duras, frágiles y difíciles de mecanizar por naturaleza, se han encontrado a veces, a pesar de sus excelentes propiedades, relegadas de potenciales aplicaciones industriales por sus problemas de fabricación. Sin embargo, los últimos avances encaminados a una adecuada reducción en el tamaño de grano de estos materiales han permitido que determinadas cerámicas nanocristalinas, como nitruro de silicio, Si_3N_4, o carburo de silicio SiC, incrementen su presencia en la industria de la automoción o en aeroespacial. Así, ya se encuentran aplicaciones en piezas diversas ó en componentes aeronáuticos como las partes de los motores sometidas a mayores esfuerzos térmicos o en recubrimientos aislantes de sistemas espaciales, e incluso en sistemas de protección de plataformas, debido a sus excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas y a una mejor maquinabilidad.

Adicionalmente, los procesos de fabricación y mecanizado también pueden beneficiarse de estos nuevos materiales. Las herramientas de corte hechas de materiales nanocristalinos, como carburo de tungsteno, carburo de tántalo o carburo de titanio son mucho más duras, más resistentes a la erosión y al desgaste por fricción y más duraderas que sus equivalentes tradicionales, lo que permite unos procesos de mecanizado más veloces, un incremento de productividad y unos costes significativamente menores.

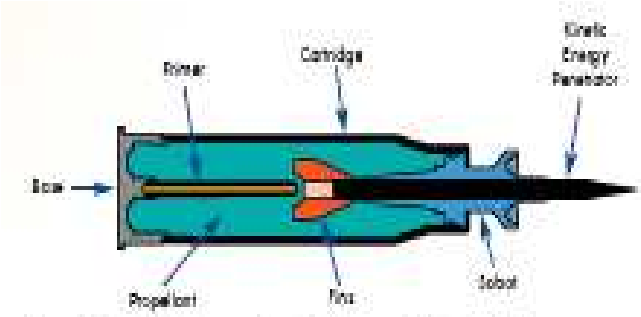


Figure 1. Typical Components of a Large Caliber Projectile.

Dichas tecnologías de fabricación y de síntesis de materiales nanoestructurados pueden aplicarse también en los sistemas de armas y en sus municiones. De especial interés se consideran los materiales destinados a los penetradores de energía cinética (KEPs), ya que deben satisfacer unos complejos requisitos de resistencia y densidad, así como una adecuada plasticidad para mantener una forma cónica adecuada para la penetración en el objetivo. Las aleaciones de tungsteno se han investigado mucho debido a su elevada densidad (19,3 g/cm^3), pero carecen de los mecanismos de deformación requeridos. Sin embargo, si se dispone de reducidos tamaños de grano (500 nm como máximo), aplicando técnicas como sinterización por microondas o compactación por presión de plasma, es posible, mediante unos especiales mecanismos de deslizamiento a través de los limites de grano, obtener comportamientos de deformación plástica compresiva inestable, lo que posibilita el empleo de estas aleaciones para producir KEPs de excelente comportamiento.

Como se puede apreciar, los campos de aplicación de los nuevos nanomateriales o materiales nanoestructurados son casi inimaginables, y pueden cambiar de manera muy significativa la concepción actual que tenemos sobre los límites en las propiedades de los materiales tradicionales, especialmente en una industria tan sensible a las nuevas tecnologías, como es la relacionada con la Defensa. Prueba del interés que este campo despierta, es la importancia que se le ofrece en centros tan prestigiosos como el Institute for Soldier Nanotechnologies, asociado al MIT, o el US Army Natick Soldier Center. En España también existen muchas expectativas creadas en estas nuevas tecnologías, como atestigua la presencia de las empresas más representativas en foros como el Spanish Nanotechnology Think Tank (SNT^3).

Capacidades nacionales en Hiperespectrales: Sistema AHS

Uno de los temas actualmente objeto de mayores innovaciones en el campo de la optrónica aplicada es el desarrollo de sensores multi e hiperespectrales, junto con la interpretación de las imágenes y datos tomados con los mismos. Es una tecnología de marcado carácter dual, de gran utilidad en fines medioambientales, geotécnicos o agrarios, por citar algunos ejemplos. Sin embargo, en el campo militar todavía no se dispone de la suficiente experiencia acumulada que permita sacar pleno rendimiento a este tipo de sensores. Esto justifica la actividad de I+D en este terreno en países de nuestro entorno y que los resultados obtenidos sean tratados con sumo esmero. La idea genérica que justifica el interés militar reside en el hecho de la capacidad de discriminación es tanto mayor cuantos más canales de información posea un sensor. Se describen a continuación las capacidades técnicas nacionales en esta área de investigación, centradas en el sistema AHS (Airborne Hiperspectral System) que nos permiten estar en una posición de referencia internacional.

El AHS es un radiómetro de tipo "*line-scanner*" o de barrido mecánico que dispone de 80 bandas espectrales, diseñado y fabricado por *SenSytech Inc*. (actualmente *Argon ST*[1], y anterior *Daedalus Ent. Inc*.), adquirido por el INTA en 2003. Se basa en sensores hiperespectrales aéreos precedentes como el MIVIS[2] (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) y el MAS[3] (MODIS *Airborne Simulator*).

El sensor AHS fue instalado en una aeronave CASA-212-200 del INTA e integrado con un equipo GPS/INS POS-AV 410 fabricado por *Applanix*[4]. El AHS voló por primera vez en septiembre de 2003. En 2004 el instrumento fue validado a partir de los datos obtenidos en una serie de campañas, durante las que se tomaron gran cantidad de imágenes sobre zonas extensas (SPARC-2004 y otras). Desde comienzos de 2005 el sistema está completamente operativo.

Las características espectrales del AHS dependen del rango espectral considerado. En la región VIS/NIR, las bandas son relativamente anchas (entre 27 y 30 nm), siendo la cobertura continua desde 0,43 hasta 1,0 µm. En el rango SWIR, dispone de una banda aislada centrada en 1,6 µm, que simula la banda típicamente disponible en los sensores de teledetección embarcados en satélite. A continuación, dispone de una serie de canales bastante estrechos (13 nm) entre 2,0 y 2,5 µm, muy adecuados para estudios geológicos de cubiertas de suelos. En la región MIR y TIR, la resolución espectral es alta (entre 300 y 500 nm), y las ventanas de transmisión atmosférica, de 3 a 5 µm y de 8 a 13 µm se cubren completamente. Estas características espectrales hacen del AHS un sensor muy adecuado para estudios multipropósito, cuando se demandan datos en un rango espectral muy amplio y no se requiere una espectroscopía detallada. En particular, es un instrumento muy valioso para realizar análisis a partir de datos de teledetección tomados en rango térmico. El sistema pertenece a la categoría de tecnologías de aplicación dual, y como tal, se pone a disposición de los usuarios, tanto civiles como militares, a través de acuerdos específicos, ya sea contractuales o basados en convenios de colaboración.

EL SISTEMA AHS

Bajo la denominación "sistema AHS" se engloban una serie de instrumentos, herramientas software y procedimientos utilizados para producir datos imagen a partir de unos requisitos fijados por los usuarios. Se describen a continuación los principales elementos que componen el sistema AHS.

La **plataforma aérea**, empleada en las campañas de teledetección, es una aeronave CASA 212-200, de ala alta, dotada de dos motores turbohélice y sin presurización en cabina. Ha sido configurada e instrumentada como plataforma aérea de teledetección por técnicos del INTA.

Figura 1: Aviocar CASA-212-200 "Paternina"

Las características técnicas de la aeronave son: volumen de cabina: 22 m^3; carga de pago máx.: 2100 kg; velocidad de crucero: 260 km/h (72 ms^{-1}); techo de servicio: 7620m; alcance máximo: 1760km; autonomía máx.: 6 horas; ayudas a la nav.: GPS, ADF, VOR, ILS, etc. Dispone de dos ventanas en el suelo de la cabina principal para instalar dos sensores de "mira" vertical en configuración "tándem".

La aeronave, propiedad del INTA, está operada por el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire, CECAF, mediante un acuerdo específico y forma parte del consorcio europeo EUFAR[5] (*European Fleet for Airborne Research*).

El **sensor AHS** es un sensor tipo "*whiskbroom*" opto-electrónico aeroportado de barrido mecánico. En cuanto a su diseño óptico se puede decir que está compuesto por un espejo a 45º cuya rotación produce el barrido. Tras él, se encuentran una serie de elementos reflectivos dispuestos en una configuración de telescopio gregoriano afocal. Su FOV (*Field Of View*) es de 1,5708 rad (90º) y el GSD (*Ground Sampling Distance*) de 2,1 mrad

(0,12º), con 750 píxeles por línea. El IFOV (*Instantaneous FOV*) queda determinado por una apertura simple situada en el camino óptico, y es de 2,5 mrad. Permite seis regímenes de barrido: 6,25-12,5-18,75-25-31,2 y 35 rps; que corresponden a distancias de muestreo sobre la superficie entre 2,5 y 10m, para una velocidad de plataforma de 72 ms^{-1} (260 km/h, 140 nudos).

Las señales analógicas obtenidas por los detectores y amplificadas en etapas posteriores, se digitalizan en 12 bits, con niveles de ganancia que van desde x0,25 a x10. Dispone de dos fuentes de referencia situadas en el módulo sensor, que son dos cuerpos negros cuya temperatura es ajustable. El espectrómetro consta de cuatro filtros dicroicos para dividir y dirigir la radiación electromagnética hacia sus cinco puertos ópticos y por las correspondientes rejillas que separan la radiación que debe llegar a cada puerto.

Figura 2. Sistema AHS embarcado.

Los 80 detectores disponibles están agrupados en 5 puertos ópticos y proporcionan una cobertura continua en el rango VIS y NIR (puerto-1), SWIR (puerto-2), MIR (puerto-3) y TIR (puerto-4). También dispone de un canal único adicional centrado en 1,6µm (puerto-2A). Los detectores son fotodiodos de silicio en el puerto-1, detectores InSb en los puertos 2 y 3, y MCT en los canales de infrarrojo lejano. Estos tres últimos grupos de detectores se refrigeran con nitrógeno líquido a 77K. El detector del puerto-2A es de InGaAs y se refrigera mediante un módulo termoeléctrico.

Puerto	1	2A	2	3	4
Cobertura (µm)	0,442 – 1,019	1,491 – 1,650	2,024 – 2,498	3,030 – 5,410	7,950 – 13,10
Ancho de banda – FWHM (nm)	28	160	13	30-40	400-550
$\lambda/\Delta\lambda$ (valor mínimo)	~16	~9	~156	~9	~17
Canales espectrales	20	1	42	7	10

- Tabla-1. Precisión absoluta del sistema Applanix POS/AV 410 (valores proporcionados por el fabricante) –

Tal como se muestra en la Tabla-1, algunos canales espectrales del AHS están próximos a bandas de absorción atmosférica:

- Canal AHS-18 (0,94 µm). Se ve afectado por la banda de absorción del vapor de agua. Es posible utilizar la información proporcionada para estimar el contenido atmosférico de vapor de agua.
- Canal AHS-67 (4,17 µm). Se ve afectado por la fuerte absorción espectral del CO_2.
- Canales AHS-64(3,18 µm) y AHS-70 (5.31µm). Se encuentran muy próximos a los bordes de la ventana de transmisión atmosférica de 3 a 5 µm. Normalmente son muy ruidosos.
- Canal AHS-74 (9,60µm). Se ve afectado por la absorción del O_3. No suele ser relevante para imágenes obtenidas mediante teledetección aérea.

El **módulo GPS/INS** es un *Applanix* POS/AV 410 y proporciona los parámetros de posición y actitud del sensor AHS durante la toma de imágenes. La Tabla-2 recoge las especificaciones del sistema en términos de precisión absoluta. Como referencia, un píxel de una imagen AHS corresponde a 2,094 mrad (0,12º), y su tamaño mínimo sobre el terreno es de 2 m aproximadamente.

Magnitud	Posición	Velocidad	Alabeo y cabeceo	Guiñada
Precisión absoluta tras procesado	0,05-0,3 m	0,005 ms^{-1}	0,14 mrad (0,008 °)	0,26 mrad (0,015°)

- Tabla-2. Precisión absoluta del sistema Applanix POS/AV 410 (valores proporcionados por el fabricante) -

La sincronización de los registros proporcionados por el POS/AV y las líneas adquiridas por el AHS se consigue electrónicamente, a partir de un pulso generado cada vez que el espejo móvil en su giro pasa por el nadir, estando el sistema en modo de grabación de datos. El pulso es enviado al módulo PCS del POS/AV, que lo marca como un evento ("*event true flag*"). De esta manera se garantiza la correspondencia biunívoca entre líneas AHS y registros POS/AV. El módulo IMU del POS/AV va montado rígidamente sobre el chasis de la cabeza detectora del AHS. Los ángulos de alineamiento de los sistemas de referencia del módulo óptico del AHS y del POS/AV se calculan mediante un vuelo de calibración *boresight*, que es preciso repetir cada vez que se reinstala la IMU.

Una vez caracterizado el sistema completo (plataforma / sensor hiperespectral / módulo GPS/INS) es posible geo-referenciar las imágenes a través del método directo, esto es, sin necesidad de tomar puntos de apoyo en la zona sobrevolada.

Calibración del sistema AHS

El INTA dispone de los equipos necesarios para realizar las calibraciones del sistema AHS. Para la calibración radiométrica se toma como fuente de referencia una esfera integradora fabricada por *Labsphere*, de 900mm de diámetro, con diez lámparas halógenas calibradas en su interior (figura 3). Periódicamente se toman medidas radiométricas de su apertura con el sensor AHS para calcular los coeficientes de calibración en los canales comprendidos en los rangos VIS, NIR y SWIR (puertos 1, 2 y 2A).

Figura 3. Esfera integradora utilizada para la calibración absoluta del sistema AHS.
Figura 4. Banco de calibración espectral del sistema AHS.

Los canales situados en las regiones MIR y TIR se calibran de una manera continua, durante la adquisición de las imágenes, tomando como fuentes de referencia los dos cuerpos negros integrados en el módulo detector, situados a ambos lados del campo de visión del escáner. Se mide su temperatura así como el nivel digital que les asigna el sensor. Los valores se graban en la cabecera de cada línea para su análisis posterior.

La calibración espectral se realiza con un banco espectral (Fig-4), dotado de dos fuentes monocromáticas ajustables, una caracteriza los canales reflectivos, y la otra, los emisivos. Su resolución espectral es de 0,2 nm.

Así mismo, el laboratorio dispone de otros instrumentos que completan el sistema, de gran utilidad para llevar a cabo tareas específicas de calibración y operación del sensor AHS. Entre ellos:

- Estación terrena de referencia GPS, que permite trabajar en modo GPS-diferencial diferido en aquellos casos en los que la cobertura proporcionada por las estaciones disponibles no está garantizada.
- Radioespectrómetro de campo GER-1500, utilizado para aplicar la técnica de calibración vicaria en las bandas espectrales comprendidas en las regiones VIS y NIR.
- Cámara infrarroja AGEMA ThermaCam PM595, utilizada para llevar a cabo la calibración vicaria de las bandas situadas en la región TIR.

Productos AHS

Niveles de procesado.

El Servicio de Teledetección del INTA realiza el procesado de las imágenes adquiridas con el AHS. Existen distintos productos disponibles, clasificados según el nivel de procesado aplicado a los datos AHS en las categorías estándar L1a, L1b, L1c y L2 (Tabla-3).

La notación utilizada en los ficheros de imágenes AHS indica mediante un código de cinco dígitos precedidos por el carácter "L" el nivel de procesado aplicado que puede ser: Radiométrico, S-bend, Térmico, bits/píxel (Valor) y posición geográfica (X,Y); según el orden RSTVXY. Aunque es posible aplicar cualquier combinación de procesos, nominalmente se ofrecen las cuatro recogidas en la Tabla-3. Bajo demanda pueden proporcionarse otras combinaciones.

Cada imagen adquirida está sometida a un control de calidad a partir del cálculo de ciertas variables estadísticas (media, desviación estándar, valores máximo y mínimo), y de la estimación de los valores NEdL, NEdT y SNR, que se calculan de un modo pragmático a partir de los datos obtenidos por el sensor durante el vuelo.

Identificación	Procesado radiométrico	Procesado geométrico	Especificación
L1a Datos brutos L0R000	No aplicado	No aplicado	Datos brutos importados a ENVI, 753 valores por línea
L1b Radiancias en el sensor L10020 / L00120	Transformación a Ls (a partir de los datos del *test-bench* + esfera integradora para los puertos VIS/NIR y SWIR, y de los valores de los cuerpos negros para los puertos MIR y TIR)	No aplicado	NedL VIS: <0,2 w/(m^2.sr.µm) / NedL SWIR: <0,3 w/(m^2.sr.µm) / NedT TIR: <0,33 ºC / Resolución límite (rango/bits) depende de la ganancia, para ganancia 1 / VIS/SWIR: <0,2 w/(m^2.sr.um) / TIR: ≈0,01 ºC La precisión depende del equipo utilizado en la calibración (esfera integradora y cuerpos de referencia térmica)
L1c Valores geo-referenciados de radiancia en el sensor L10022 / L00122	Transformación a Ls (a partir de los datos del *test-bench* + esfera integradora para los puertos VIS/NIR y SWIR, y de los valores de los cuerpos negros para los puertos MIR y TIR)	Geo-referenciación directa utilizando las aplicaciones SW Applanix POSPAC y PARGE (www.rese.ch)	GSD: 2,1m -> 6m (nadir) / PSF/MTF: TBD Precisión determinada por la del equipo POS/AV 410 (véase tabla 2) y por la incertidumbre del resultado obtenida de la calibración *boresight* (valor estimado: 1/3 píxel)
L2 Valores geo-referenciados de reflectancia y temperatura L20022/ L20122	Transformación de Ls a ρ / ε / T realizada con el programa ATCOR o con medidas de campo	Geo-referenciación directa utilizando las aplicaciones SW Applanix POSPAC y PARGE (www.rese.ch)	La resolución depende de las especificaciones de L1. La precisión depende de las medidas auxiliares realizadas.

Tabla 3. Productos AHS. Características.

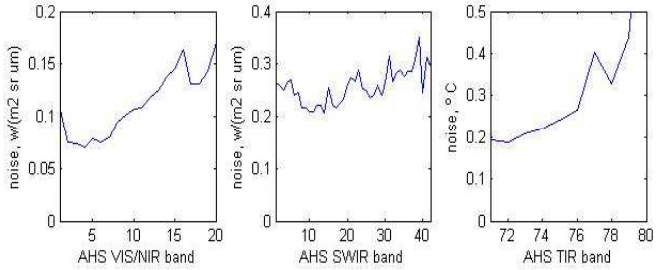


Figura 5. NEdL y NEdT, calculado como sigma-1 de las lecturas de los cuerpos negros (imagen de junio de 2005).

3.2. *Metadatos*

El laboratorio ha realizado un esfuerzo importante en la documentación de todos los productos imagen obtenidos a partir del AHS mediante un set de metadatos completo y preciso. Esta característica adicional se considera un factor clave que permitirá la utilización eficiente de los productos AHS.

El estándar elegido para documentar los metadatos ha sido el ISO19115:2003 "Geographic Information: Metadata". Inicialmente, esta normativa está concebida para información cartográfica convencional (mapas), y por tanto, no es viable su aplicación directa a las imágenes raster proporcionadas tradicionalmente por los sensores de teledetección. Está prevista la elaboración de estándares específicos para este tipo de imágenes. En particular, es aplicable la norma ISO19115 part 2, y también es aplicable la ISO19130, que se refiere al conocido como "sensor model", y que pretende caracterizar el proceso de adquisición de la imagen y sus propiedades geométricas.

Una fuente de referencia adicional para definir el set de metadatos AHS es la Norma Española de Metadatos (NEM). NEM es un perfil (Ej., un subgrupo de metadatos ISO19115 que es coherente y completo para cierto propósito), cuya utilización recomiendan las instituciones públicas españolas como núcleo básico de cualquier compilación de metadatos.

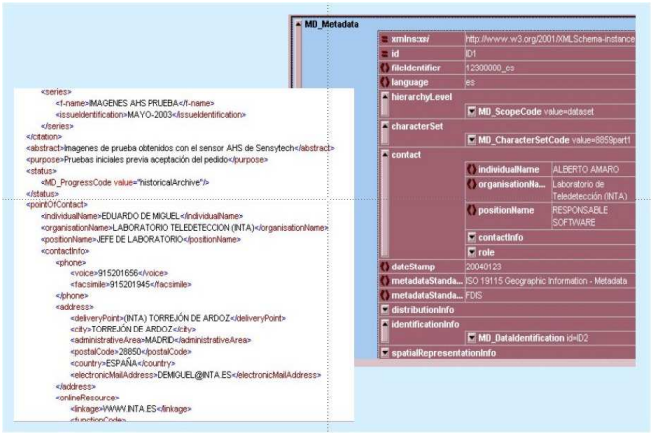


Figura 6. Ejemplo de fichero de metadatos XML

El INTA ha creado su propio perfil[6], como extensión del estándar NEM, complementado en algunos casos con algunos elementos tomados del borrador del estándar ISO19130, y en otros, cuando ha sido necesario, con otros elementos nuevos. Este estándar se ha implementado en XML de acuerdo con el esquema propuesto en el borrador de la norma ISO19139.

Se ha desarrollado una herramienta software específica, INTA Metadata Editor ó IME, para facilitar la generación la estructura de los archivos XML. El programa IME está disponible para uso público y se puede descargar en www.crepad.rcanaria.es. La herramienta proporciona, para cada campaña y para cada nivel de procesado de datos, lo que se denomina "master MD file". Existe una herramienta adicional para rellenar automáticamente ese fichero master con los valores específicos de cada imagen y el nivel de procesado aplicado. La salida es un fichero de texto con estructura XML que se graba con cada producto imagen.

4. Aplicaciones

Como se decía en la introducción, el AHS es un sistema de uso dual. Sin embargo, en sus dos primeros años de servicio han predominado las aplicaciones de carácter marcadamente medioambiental y de investigación básica. Así, cabe destacar la participación en las campañas de toma de datos SPARC-2004[7] (junio 2004), coordinada por la Universidad de Valencia y financiada por la Agencia Espacial Europea, que tuvo por objeto contribuir a la caracterización de futuras misiones europeas de Observación de la Tierra desde el Espacio.

En junio y julio de 2005 se realizaron las campañas SEN2FLEX Mission 1 y Mission 2[8], cuyo objetivo es profundizar en la definición de la misión europea Sentinel 2.

Así mismo cabe destacar la participación, durante 2004 y 2005, en el proyecto HIPERVAL, actividad financiada con fondos del Programa Nacional de I+D, en el cual los datos hiperespectrales AHS se utilizan para aplicaciones de agricultura de precisión.

Durante este periodo se han realizado también tres campañas sobre el Parque Nacional de Doñana, para el estudio de la dinámica del manto eólico de dicho paraje natural.

Por último, cabe destacar la realización de la actividad denominada “Plan Hiperespectral Belga” o campaña AHS2005, cuyos vuelos tuvieron lugar en junio de 2005 sobre parcelas situadas dentro del territorio de tres estados europeos: Bélgica, Holanda y España; financiada por la Oficina Belga de Política Científica[9] y coordinada por VITO[10]. En dicho marco se realizaron un total de once campañas de teledetección para distintas aplicaciones[11].

En octubre de 2004, una delegación del Gobierno de Israel visitó el INTA para interesarse por las capacidades del sistema AHS. Se acordó crear un

grupo de trabajo hispano-israelí para evaluar la viabilidad de una posible cooperación en el ámbito de las aplicaciones hiperespectrales.

Así mismo, se han mantenido reuniones preliminares en las que han participado miembros de distintos organismos del Ministerio de Defensa, para explorar la aplicabilidad de las técnicas basadas en sensores aéreos hiperespectrales a proyectos relacionados con la defensa.

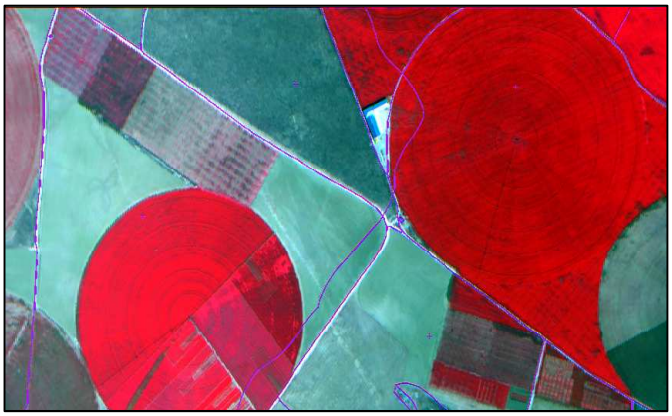


Figura 7. Imagen AHS geo-referenciada del polígono de Barrax (Albacete). Los vectores corresponden a datos cartográficos.

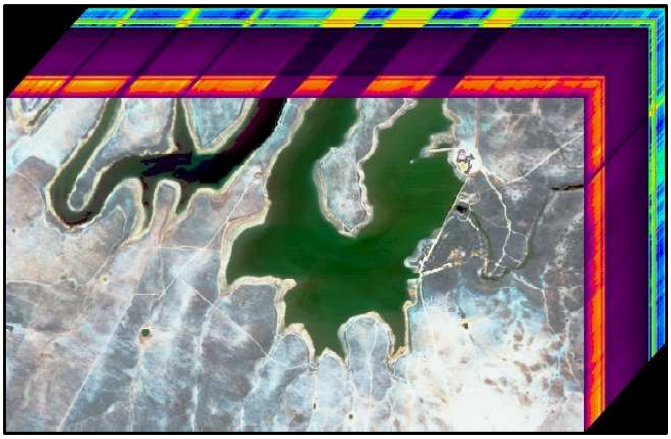


Figura 8. Imagen AHS del Embalse de Guadiloba. Cubo hiperespectral de 80 bandas

5. Conclusiones

El AHS es un instrumento diseñado para proporcionar imágenes susceptibles de ser utilizadas en una amplia variedad de aplicaciones de teledetección. Cabe afirmar que la configuración actual del sistema AHS con la plataforma, el propio sensor, el banco de calibración espectral, la esfera integradora, el módulo GPS/INS y la estación de referencia GPS diferencial, permite proporcionar imágenes hiperespectrales que cumplen los requisitos de calidad necesarios para llevar a cabo análisis cuantitativos.

ENVI, PARGE y ATCOR, junto con otros módulos software desarrollados en el instituto, garantizan el procesado correcto para obtener imágenes según los estándares L1b, L1c y L2. Datos adicionales externos, tales como medidas atmosféricas o modelos digitales del terreno de alta resolución no forman parte del sistema, y deben ser aportados por los usuarios en cada caso.

Como futura mejora del sistema puede citarse la adquisición de un espectroradiómetro de campo que cubra los rangos VNIR y SWIR. Este sistema permitirá mejorar los resultados de la calibración radiométrica y reducir los tiempos de entrega de productos a partir de una mayor automatización de los procesos a los que se someten las imágenes.

En el campo de la caracterización del instrumento, se está trabajando en la medida y monitorización de su respuesta espacial MTF.

La generación de metadatos de acuerdo al estándar ISO19115 se considera un objetivo prioritario, fundamental para garantizar que las imágenes AHS sean incluidas en inventarios y bases de datos de observación de la Tierra, y sean accesibles y utilizables por los potenciales usuarios. Se trabaja en la elaboración de plantillas y herramientas software que permitan un acceso sencillo a los metadatos.

Por último, tras estos dos primeros años de operación del AHS, a pesar de su cualidad de tecnología de uso dual, su utilización en proyectos de investigación básica y medioambiental-económica ha sido claramente predominante.

Iniciativas como las propuestas por el Gobierno de Israel y el EMAD, pueden servir para explorar y extender su aplicación a campos encuadrados dentro del ámbito de la Defensa.

Referencias

1. http:// http://www.argonst.com
2. Bianchi R., Marino C.M., Pignatti S., "Airborne hyperspectral remote sensing in Italy", Recent Advances in Remote Sensing and Hyperspectral Remote Sensing, Pat S. Chavez, Jr., Carlo M. Marino, Robert A. Schowengerdt (Eds), Proc. SPIE Vol. 2318, p. 29-37, Dec. 1994.
3. Jeffrey S. Myers, "MODIS and ASTER airborne simulators", Earth Observing Systems IV, William L. Barnes (Ed.), Proc. SPIE Vol. 3750, p. 269-273, Sep 1999.
4. http://www.applanix.com
5. http://www.eufar.net
6. Amaro Cormenzana A., Domínguez Barroso M y Jiménez Michavila M. "Metodología para la generación de Metadatos según la normativa ISO19115 (Metadatos de Información Geográfica) e ISO19139 (Especificación de la Implementación)". XI Congreso Nacional de Teledetección , 21-23 septiembre 2005. Puerto de la Cruz. Tenerife.
7. http://gpds.uv.es/sparc/
8. http://www.uv.es/leo/sen2flex/
9. http://www.belspo.be
10. http://www.vito.be
11. http://campaigns.vgt.vito.be/

- Este artículo ha sido realizado por Alix Fernández-Renau, Eduardo de Miguel, José Antonio Gómez, pertenecientes al Servicio de Teledetección del INTA (Instituto de Técnica Aeroespacial). www.inta.es -

Radio Software

Actualmente en el campo militar existen multitud de sistemas de comunicaciones, uno para cada aplicación, incompatibles y no interoperables entre sí, y que exigen un terminal físico con unas características concretas para cada uno. Todo ello con los inconvenientes que en cuanto a peso, consumo, espacio y logística llevan asociados.

Sería mucho mejor disponer de un solo sistema para poder realizar todas las comunicaciones, o al menos un conjunto de ellas. De este modo surge el concepto de Radio Software.

¿Qué es radio software?

Radio software aplica a los sistemas de comunicaciones el mismo concepto que se aplica a la informática: sobre un mismo ordenador (terminal de comunicaciones) nos es posible instalar y ejecutar diversos programas (sistemas de comunicaciones) sin tener que cambiar de ordenador para ello. Este concepto está claro en el ámbito informático, pero ¿cómo se consigue esto en el de las comunicaciones?

Pues la respuesta es (teóricamente hablando) muy sencilla: trasladando la frontera entre el mundo analógico y el digital de un sistema de comunicaciones lo más próxima a la antena, es decir, que cada vez se hagan menos cosas en analógico y más en digital.
Hasta ahora, gran parte de los sistemas de comunicaciones realizaban la mayoría de sus funciones mediante elementos discretos analógicos (modulación y demodulación, mezclado, filtrado, conversión en frecuencia, etc.) lo que convertía a los sistemas en inflexibles y escasamente actualizables, además de estar sometidos a una mayor cantidad de fallos y no idealidades (Figura 1).

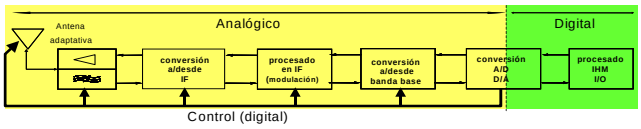


Figura 1. Diagrama de bloques de un sistema tradicional analógico

Tal y como se ha comentado el concepto de Radio Software consiste en digitalizar la señal lo más próximo posible a la antena (idealmente justo tras ella) procesando en analógico sólo la amplificación de potencia (en transmisión) y el filtrado antialiasing (en recepción) (Figura 2).

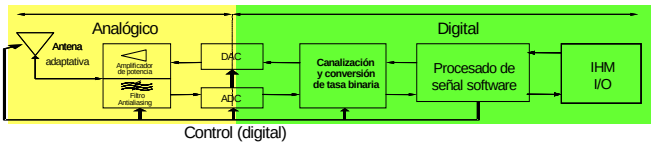


Figura 2. Diagrama de bloques de un sistema Radio Software ideal

¿Y con todo esto qué se consigue? ¿Cuáles son las ventajas de la Radio Software? En resumen, son 7 los factores que están produciendo la cada vez mayor aceptación de la Radio Software en múltiples ámbitos, y se describen a continuación:

- Multifuncionalidad: la Radio Software permite agrupar en un solo equipo las ventajas de distintos sistemas de comunicaciones. De las comunicaciones telefónicas vía satélite hasta la transmisión de videoconferencia por las nuevas redes celulares de banda ancha (3G) pueden realizarse desde un mismo terminal. Multitud de estándares recientemente desarrollados (Bluetooth, Wireless LAN, WCDMA) pueden compartir el mismo terminal que las ya establecidas comunicaciones troncales (TETRA), celulares públicas (GSM), militares (V/UHF), e incluso incorporarse a los servicios Web y a todas las ventajas de comunicaciones que proporciona Internet.

- Interoperabilidad y compatibilidad global: la Radio Software elimina las fronteras que hasta ahora han establecido las diferentes estandarizaciones existentes en el mundo. Sistemas como CDMA-2000 o el IS-95 americanos podrán utilizarse desde los mismos terminales que el GSM o el UMTS europeos. En el campo militar, la cada vez más importante globalización de las misiones internacionales obliga a los ejércitos de los distintos países a comunicarse, reduciendo al mismo tiempo las necesidades de espacio, peso y potencia, que en las maniobras militares son tan críticas. Este último aspecto conduce obligatoriamente al siguiente.

- Terminales más compactos y de menor consumo: obviamente, un equipo que agrupe distintos sistemas de comunicaciones en su interior será siempre más compacto y consumirá menos potencia que los distintos equipos para cada sistema por separado. Pero esta ventaja no se aplica a los llamados sistemas “velcro” (como los actuales teléfonos móviles tribanda) que lo único que hacen es utilizar una arquitectura de RF distinta para cada sistema en un mismo terminal. Es la Radio Software la que lo permite, sobre todo conforme aumenta el número de sistemas integrados, al utilizar la misma plataforma de hardware para implementar múltiples sistemas e interfaces.

- Mayor viabilidad: los componentes de RF son mucho más difíciles de desarrollar, estandarizar y optimizar que los programas software. Por ello, al permitir realizar las funciones que antes se realizaban por hardware, mediante software sobre plataformas hardware comunes ampliamente desarrolladas y estandarizadas (PC´s, DSP´s, FPGA´s) se permite no sólo reducir el “time-to-market”, sino también los costes y la facilidad de fabricación de los terminales. Simultáneamente, permite aplicar más rápidamente los avances sobre el procesado de señal, mediante la creación

de nuevos algoritmos, que si estos se implementaran mediante hardware.

- Mayor flexibilidad y escalabilidad: otra ventaja que se deriva de la utilización de la tecnología digital como base, es la facilidad de actualización y/o de adaptación a nuevos sistemas de comunicaciones, ya que estos procesos consistirían simplemente en una descarga de nuevo software sobre el hardware de proceso del equipo radio (hardware de propósito general). Dicha descarga podría ser incluso en "tiempo-real", según las necesidades detectadas por el terminal radio. Ello conduce intrínsecamente a la necesidad de todas las partes de crear estructuras de interfaces abiertos, que permitan utilizar software de distintas procedencias sobre un mismo hardware, y para distintos sistemas. Así surgen las arquitecturas comunes que se describirán más adelante.

- Mayor eficiencia espectral y reducción de las interferencias: el disponer en un terminal radio de la capacidad de utilización de distintos sistemas de comunicaciones que operan a distintas frecuencias permite una mayor eficiencia espectral, ya que evita la saturación de un sistema concreto mediante el "reparto" de la carga entre distintos sistemas. De la misma forma, si una banda de frecuencias está muy interferida, podría utilizarse una red de comunicaciones distinta que permita realizar la comunicación sin renunciar a la calidad de servicio. Si se une el concepto Radio Software con las ventajas que proporcionan las antenas adaptativas (configuran un estrecho haz de radiación en la dirección de la comunicación) ambas ventajas se incrementan enormemente ya que no se contamina todo el entorno (sólo se radia en una dirección) y se reduce el efecto de las interferencias sobre los equipos. En sistemas militares estos dos factores se traducen en una mayor eficiencia de los sistemas en la lucha contra el jamming, así como una mejora de las prestaciones contra la interceptación de comunicaciones.

- Mayor mantenibilidad: es probablemente uno de los factores más importantes de cara a la industria militar. Agrupar distintos equipos radio en uno solo reduce las tareas de mantenimiento necesarias y su complejidad. Ello implica una mayor disponibilidad de los equipos así como un menor tiempo de reparación. A ello se añade que el mantenimiento del hardware sería más sencillo, ya que al tratarse de hardware de propósito general (DSP´s, FPGA´s) bastaría con cambiar las tarjetas de proceso, además de que este tipo de hardware tiene menor probabilidad de fallos que el hardware específico de radiofrecuencia.

Pero a pesar de estas enormes ventajas, todo esto no es posible con la tecnología actual. Por ello es necesario llegar a una solución de compromiso. ¿Y por qué no es posible? A continuación se describen los factores que no permiten tecnológicamente alcanzar el concepto de Radio Software:

- Capacidades de conversión A/D y D/A: este constituye el cuello de botella actual en el desarrollo de la Radio Software como tal. Para la digitalización de una porción del espectro de un ancho de banda de 2,5GHz, sería necesario un conversor A/D de al menos 5Gsps, con un ancho de banda analógico de al menos 2,5GHz. El estado del arte actual en conversores analógico-digitales no permite la conversión a mayor frecuencia manteniendo un margen dinámico aceptable. De hecho, con la conversión a 5Gsps el margen dinámico alcanzable sería escaso para algunos sistemas de comunicaciones (unos 30dB). Por ello, junto con el elevado consumo de potencia que requieren los conversores A/D y D/A de banda ancha (que conducirían a un rápido agotamiento de las baterías en el caso de terminales móviles) hacen inviable la conversión directa de RF, al menos por el momento.

- Capacidad de proceso: conforme se incrementa el número de sistemas y el número de formas de onda y frecuencias integradas en un equipo de Radio Software, las necesidades de proceso se incrementan exponencialmente. Por ejemplo, realizar el filtrado digital de un stream de datos de 5 giga-muestras por segundo (unos 2,5GHz de ancho de banda radio) para extraer un canal de 25MHz de ancho de banda exige al menos 500 gigamultiplicaciones ($5x10^{11}$) por segundo. Estas prestaciones son inalcanzables para los equipos hardware de proceso general (PC´s) y el hardware programable como DSP´s o FPGA´s podría tener problemas para llevarlo a cabo si además tiene que realizar otras múltiples operaciones simultáneas para conservar el tiempo real.

- Antenas: no existe una antena capaz de servir para la recepción y transmisión simultánea de una banda de radiofrecuencia desde los MHz hasta varios GHz. Para ello sería necesario un conjunto de antenas o un array adaptativo capaz de sintonizar la banda adecuada para cada comunicación, lo cual incrementa el tamaño físico y la complejidad del equipo radio.

- Amplificadores de potencia: al igual que ocurre con las antenas, no existe un amplificador de potencia (o de bajo ruido) lineal que permita cubrir simultáneamente toda la banda de 2,5GHz sin introducir distorsión en la señal. Esta distorsión puede ser corregida por el software de proceso, pero ello incide directamente otra vez en el punto 2.

- Consumo de potencia: como ya se ha citado, los conversores A/D y D/A de banda ancha consumen una elevada cantidad de potencia. De la misma forma, el incremento en las necesidades de proceso (DSP´s, FPGA´s) incrementa también sustancialmente el consumo de potencia de los equipos, lo que conduce a un agotamiento rápido de las baterías en el caso de los terminales móviles, al menos mientras la tecnología de

sistemas de baterías no mejore (hasta hace poco eran el cuello de botella en el desarrollo de la tecnología móvil celular).

Por ello, la Radio Software llegará primero a las estaciones base y a los equipos portátiles embarcados (aviones, vehículos, barcos...) dejando su aplicación a los terminales móviles a un futuro desarrollo de la tecnología de baterías que sea capaz de cumplir las prestaciones exigidas. Por ello también, la tecnología de Radio Software está siendo desarrollada con mayor interés desde el campo militar, donde la mayoría de los equipos de comunicaciones son embarcados.

Todos los puntos anteriores conducen a la necesidad de alcanzar un compromiso entre lo que teóricamente es alcanzable y lo que en la práctica se puede conseguir: es necesario canalizar la banda en distintas subbandas antes de realizar la conversión A/D y D/A, lo cual conduce necesariamente a que en la mayoría de los casos existirá siempre una primera etapa de radiofrecuencia.

Este compromiso al que se aludía antes se plasma en lo que se conoce como Radio Definida por Software o SDR (Software Defined Radio), y que se define como: "Sistema radio en el cual la señal recibida se digitaliza "en algún punto" tras la antena, típicamente tras el filtrado de banda ancha, la amplificación de bajo ruido y la conversión de frecuencia".

El punto en el que actualmente se realiza dicha digitalización, en la mayoría de los sistemas, es tras la conversión a Frecuencia Intermedia (FI). El gran avance es realizar la modulación, demodulación y conversión a/desde banda base mediante técnicas digitales (Figura 3).

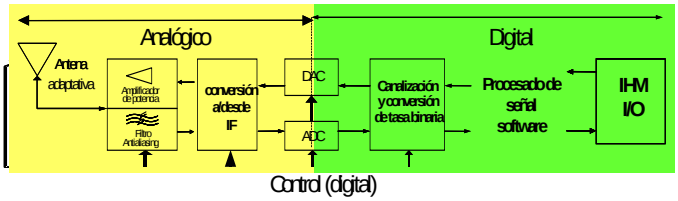


Figura 3. Diagrama de bloques de una Radios Definida por Software

Actualidad SDR: estándares e iniciativas.

Al margen de las iniciativas civiles, las cuales ya son una realidad pero que buscan simplemente solucionar problemas puntuales sin seguir ninguna arquitectura concreta, comentaremos los aspectos más importantes de la actualidad de SDR de implicación para el campo militar.

Actualmente no existe un estándar completo (hardware y software) exclusivo para Radio Software. Cada laboratorio o empresa, dependiendo de qué sistemas radio quiera abarcar con su desarrollo de Radio Software, tiene presente los estándares de esos sistemas concretos.

A pesar de ello lo que sí existen son arquitecturas definidas desarrolladas para alguna aplicación de Radio Software (JTRS, Joint Tactical Radio System) y que posiblemente se conviertan en un estándar "de facto", y otros desarrollados para otros ámbitos o sistemas y que son aplicables al concepto de Radio Software. Aquí se encuentran los dos grupos más importantes hoy en día en cuanto a Radio Software (el SDR Forum y el OMG, Object Management Group) y el intento de estandarización más conocido y avanzado (el SCA, Software Communications Architecture), producto del JTRS. Actualmente el OMG está trabajando para convertir la arquitectura SCA en un estándar.

- El SDR Forum se formó en el año 1996 promovido por el gobierno de los EEUU. Querían obtener arquitecturas abiertas estándar para SPEAKeasy, el primer proyecto de Radio Software en el ámbito militar. El propio Forum se describe a sí mismo como "una corporación abierta y sin ánimo de lucro dedicada a dar soporte al desarrollo, expansión y uso de arquitecturas abiertas de sistemas inalámbricos avanzados". Los miembros del Forum proceden de todas partes del mundo y de todos los ámbitos dedicados a las comunicaciones radio. Hay fabricantes de radio, infraestructuras de telecomunicaciones, terminales, chips, equipos de pruebas, operadores de telecomunicaciones, organizaciones de investigación y otras organizaciones tanto civiles como militares. Telefónica es la única empresa española participante en dicho foro (Telefónica I+D).
- OMG (Object Management Group): es un grupo compuesto por cerca de 800 compañías cuya función es producir y mantener especificaciones que dan soporte a proyectos de desarrollo de software distribuido que van desde el análisis y diseño del mismo hasta la codificación y el mantenimiento. Las especificaciones se escriben y son aceptadas siguiendo un proceso abierto. Como se ha comentado antes, actualmente están trabajando para convertir la SCA en un estándar.
- SCA (Software Communications Architecture): SCA es una arquitectura abierta constituida por un conjunto de especificaciones que describen la interacción entre los diferentes componentes hardware y software de un sistema radio y ofrece además comandos software para su control. SCA ha sido desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en el marco del proyecto JTRS, adoptado por el SDR Forum y promovido por el OMG como estándar internacional de facto para Radio Software. Todavía no tiene el rango de estándar. INDRA está actualmente implicada en las reuniones que trabajan en la definición y evolución de la arquitectura SCA.

En cuanto a los programas más avanzados se encuentran el JTRS (Joint Tactical Radio System) americano y el FSRP (Finnish Software Radio Program) finlandés. Existen más iniciativas y equipos (Portugal, Francia, etc.) pero estos dos constituyen el primer intento de implementación de la arquitectura SCA.

Finalmente, respecto a la situación en España, es importante destacar 5 iniciativas:

- Participación en el programa JTRS-MIDS americano, el único de todo el programa JTRS abierto a colaboración internacional, y que consiste en implementar la forma de onda Link-16 en terminales LVT de idénticas características a los MIDS-LVT actuales.
- Participación en el grupo europeo de estandarización de requisitos (LOI EDIR CRT VI) sobre tecnologías de Radio Software en busca de unos Objetivos de Estado Mayor comunes para las naciones participantes.
- Grupo de Trabajo de Comunicaciones Tácticas creado en la JUPROAM para la definición de esos mismos requisitos pero a nivel nacional.
- La industria, que participa en los diversos foros de estandarización, como se ha comentado antes.
- Programas nacionales de I+D sobre Radio Software, como el programa Coincidente presentado por INDRA y cuya dirección y supervisión se llevará a cabo en el Laboratorio de Comunicaciones de la SDGTECEN ubicado en el Polígono de Experiencias de Carabanchel (PEC).

Más información sobre Radio Software en el Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicación y Simulación (TICS)

AGENDA

Programa CENIT

Subvenciones destinadas a fomentar la cooperación estable público privada en I+D+i.
BOE nº262 de 2 de noviembre de 2005. Plazo abierto hasta el 2 de diciembre de 2005.

www.boe.es / www.cdti.es

La Transferencia de Conocimiento Tecnológico en España: El Reto de la Innovación

1 de diciembre 2005. UAM, Madrid.

http://www.madridmasd.org

ISSNIP 2005 Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing

Del 5 al 8 de diciembre de 2005. Melbourne, Australia.

http://www.issnip.org/cfp.htm

Airborne Early Warning and Battle Management Conference

13 y 14 de diciembre 2005. The Café Royal, Londres, UK.

http://www.iqpc.co.uk/

Software Defined Radio 2005 Conferences

1 y 2 de diciembre de 2005. Le Meridien Picadilly, Londres, UK

http://www.defenceiq.com/

Directed Energy Weapons 2006

23 y 24 de enero 2006. Thistle Marble Arch, Londres, UK

http://www.iqpc.com

The 4th Annual ASM Biodefense Reasearch Meeting

Del15 al 18 de febrero 2006. Washington DC, EEUU.

http://www.asmbiodefense.org

Conferencia Europea sobre Investigación en Seguridad

20 y 21 de febrero de 2006. Viena, Austria.

http://www.bmvit.gv.at/src

Infosecurity Iberia

Del 21 al 23 de marzo 2006. Palacio de Congresos, Madrid

http://www.infosecurity.com.es/esp/0101.htm#f1

First Radiological Dispersal Device and Nuclear Event Response Symposium

Del 7 al 9 de marzo 2006. Richmond, Virginia, EEUU.

http://www.radandnuke.com/

2006 International Symposium on Spectral Sensing Research

Del 29 de mayo al 2 de junio 2006. Bar Harbor, Main, EEUU

http://www.isssr2006.com/

RTO NATO MEETINGS:

MSG-ET-017 M&S of Civil Emergency Planing in context of Defence Against Terrorsim

15 y 16 de diciembre de 2005, Italia.

SET-095 Specialist Meeting on "Bistatic – Multistatic Radar and Sonar Systems"

Del 7 al 9 de junio de 2006.

http://www.rta.nato.int

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa en Internet

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