

# UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO COMO NUEVO ESPACIO DE COMPETICIÓN MILITAR

Ramón DÍAZ GUEVARA ANTE



## Introducción



OS principales competidores de Occidente, China y Rusia llevan años observando nuestras tácticas, técnicas y procedimientos militares en conflictos como Irak o Afganistán. La información que han obtenido ha mostrado la enorme dependencia de las fuerzas occidentales en el uso del espectro electromagnético (EMS, por sus siglas en inglés *ElectroMagnetic Spectrum*), por lo que han desarrollado líneas de trabajo dirigidas contra ese talón de Aquiles. Ambas potencias buscan proyectar su poder e influencia en la escena internacional mediante la generación de los escenarios antiacceso y denegación de área (A2/AD por sus siglas en inglés *Anti-Access/Area Denial*).

Los escenarios A2/AD se basan en dispositivos diseñados para neutralizar o interferir los sistemas C5ISR (1). En el enfrentamiento que ya está librándose soterrado el EMS, donde luchan por su efectividad medidas y contramedidas, es necesario disponer de una respuesta que nos asegure el acceso y libertad de acción al mismo incluyendo el negar el uso efectivo por parte del adversario.

---

(1) Mando y Control, Comunicaciones, Computación, Ciberdefensa, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento.

En el ámbito de la Alianza Atlántica, dicha respuesta se está articulando en dos líneas de acción diferentes, basadas, por un lado, en la generación de nuevos conceptos doctrinales para reducir la efectividad de los dispositivos A2/AD, como las Operaciones Marítimas Distribuidas (2) (DMO, por sus siglas en inglés *Distributed Maritime Operations*) y, por el otro, en los esfuerzos centrados en los desarrollos tecnológicos que proporcionen la ventaja en equipamiento.

## Desafíos en el entorno electromagnético

En las últimas décadas, el panorama internacional ha ido evolucionando a un escenario donde la superioridad militar occidental no puede darse por sentada. Durante este período, tanto China como Rusia, además de algunas potencias regionales, han identificado las áreas desde las que contrarrestar con éxito la superioridad occidental, destacando, entre ellas, las Operaciones Electromagnéticas (EMO, *ElectroMagnetic Operations*). En aquellos escenarios en los que se busca operar por debajo del umbral de conflicto, ambas potencias han recurrido a la generación de las burbujas A2/AD con el propósito de impedir el acceso y limitar la capacidad de maniobra de sus oponentes.

Estas burbujas no se apoyan exclusivamente en su territorio (región del Báltico o en el mar de China), sino que se encuentran también fuera de ellos (Mediterráneo Oriental). Como consecuencia, uno de los retos más difíciles al que se enfrentan las potencias occidentales reside en encontrar una respuesta adecuada para tales escenarios, no necesariamente un conflicto armado, sino también operando en la Zona Gris (3). Uno de los instrumentos que mejor puede dar la respuesta adecuada a este reto son las capacidades de EW, que nos permitan acceso al espectro y obtener la superioridad en el EMS.

## Guerra electrónica en operaciones navales. Concepto de Operaciones Marítimas Distribuidas (DMO)

Una vez analizadas las dificultades para operar en entornos complejos como las burbujas A2/AD, resulta necesario determinar la estrategia de confrontación más idónea que minimice la efectividad de las mismas. En este sentido, la

---

(2) El Navy Warfare Development Command (NWDC) define las DMO como «aquellas capacidades de combate necesarias para alcanzar y mantener el control del mar empleando la potencia de combate de manera distribuida sobre múltiples dominios, áreas muy extensas y todo tipo de plataformas».

(3) Según el profesor Josep Baqués, la Zona Gris se explica como «un conjunto de actitudes, instrumentos y estrategias que no son ni *White* (paz) ni *Black* (guerra abierta, híbrida o convencional)».

Marina de los Estados Unidos, en el año 2015, sentó las bases de un nuevo concepto naval que, posteriormente, constituyó el pilar fundamental de su nueva estrategia. Inicialmente denominado Letalidad Distribuida (4) ha ido evolucionando hasta lo que actualmente se conoce por DMO.

El principal reto de las DMO consiste en recuperar la EW e introducir a las unidades navales en el mundo de las EMO. Para ello, potencian la superioridad en el uso del espectro ante los intentos de denegar el acceso por parte del adversario, reforzando la dispersión geográfica con la distribución de posturas o niveles de discreción por las diferentes fuerzas navales. Además, disminuyen la probabilidad de ser detectado por las fuerzas adversarias, lo que dificulta su capacidad para llevar a cabo el proceso de ISR (5) y *targeting* (6) desde dentro de su paraguas A2/AD, complicando su maniobra electromagnética.

### Tecnologías emergentes

Determinada la estrategia de confrontación más idónea para minimizar la efectividad de los entornos electromagnéticos navales complejos, queda por determinar una última línea de acción encaminada a conformar el catálogo de capacidades más idóneo en estos escenarios.

A este respecto, es prioritario desarrollar capacidades que permitan que los sistemas detecten, evalúen, compartan, maniobren y sobrevivan en Electromagnetic Environment (EME) complejos, a la vez que se niegue a nuestros oponentes la capacidad de hacer lo mismo. Estos sistemas deberán ser más resilientes, ágiles y eficientes a fin de optimizar su rendimiento y contrarrestar al mismo tiempo las amenazas.

Uno de los marcos preferibles de crecimiento en capacidades va a ser el de la PESCO (*Permanent Structured Cooperation*), cuyo propósito es el de poder construir capacidades entre los países de la Unión Europea (UE). Considerando el escenario económico que se vislumbra, es una de las líneas de acción que más viabilidad tiene, no solo porque existe financiación para estos proyectos sino porque la UE está determinada a alcanzar autonomía estratégica en asuntos de defensa. Por tanto, PESCO puede entenderse como una fórmula sobre la cual es más sencillo construir capacidades relacionadas con las EMO.

Sin embargo, esta línea de acción debe combinarse con otras que no graven más nuestros recursos financieros y que busquen mancomunarse proyectos gracias a las organizaciones internacionales. Un claro ejemplo es la OTAN con su

---

(4) El concepto de Letalidad Distribuida aparece por primera vez en el documento *Surface Force Strategy. Return to the Sea Control*. Dicho concepto se asentaba sobre dos pilares fundamentales: las acciones propias de guerra electrónica y las operaciones electromagnéticas.

(5) *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*.

(6) Proceso de designación de blancos.

nueva Estrategia del Espectro Electromagnético y su paquete de capacidad de mando y control de guerra electrónica. Resulta esencial monitorizar el desarrollo de estas capacidades y garantizar su traslado a los diferentes sectores de las Fuerzas Armadas.

A este respecto, la OTAN se encuentra inmersa en el desarrollo de las capacidades que se exponen a continuación.

## **Mando y Control**

La deontología militar occidental progresivamente exige un mayor conocimiento del entorno de las operaciones militares además de una acrecentada necesidad de ejercer la acción del mando. Todo ello hace necesario dotarse de sistemas de mando y control que permitan un amplio abanico de posibilidades.

### ***Recognized Electromagnetic Picture (REMP)***

El conocimiento del entorno debe materializarse en los sistemas de mando y control con interfaces sencillos y adaptados a cada uno de los niveles de conducción de las operaciones. Actualmente, la OTAN está desarrollando una herramienta C2 de EW que le permitirá visualizar la actividad en el espectro permitiéndole mejorar la *situational awareness* y conducción efectiva de las EMO, la *Recognized Electromagnetic Picture* (REMP). En términos de umbrales de detección la REMP es capaz de detectar a alcances mayores que la *Recognized Air Picture* o la *Recognized Maritime Picture* además de permanecer pasiva con lo que mantenemos la discreción en escenarios por ejemplo de fuego de salvos.

### ***Cooperative ESM Operations (CESMO)***

CESMO es un protocolo digital incluido en el STANAG 4658 y la Publicación de Documentación de Ingeniería Aliada (AEDP) para apoyar la EW y las EMO. Dicha herramienta ha sido diseñada para operar con sistemas de datos tácticos como el LINK-16. Actualmente dicha capacidad se encuentra en proceso de desarrollo en el marco de la OTAN, aunque se espera contar con ella en los próximos cinco años. CESMO a la postre proporciona la REMP e integra todos los emisores y receptores en el teatro de operaciones.

## *Información y comunicaciones*

Rusia persigue generar entornos que degraden la Capacidad de Mando y Control (C2D2E, *Command and Control in a Denied and Degraded Environment*). Este efecto se consigue principalmente a través de acciones en el EMS dirigidas a degradar desde los sistemas satelitales, tanto de comunicaciones como de GPS, hasta las comunicaciones radio. Con objeto de reforzar dichas capacidades se proponen los siguientes sistemas.

### **Sistemas de comunicaciones no satelitales**

Una de las formas de contrarrestar la generación de C2D2E sigue un patrón similar a lo señalado para las burbujas A2/AD, esto es, empleando sistemas innovadores (De Medina, 2020) que nos permitan disponer de una arquitectura CIS robusta y fiable. Actualmente, encontramos varios proyectos en diferentes estados de desarrollo que pueden ser explotados para llevarnos al C2D2E; algunos están orientados a los sistemas SATCOM, mientras que otros a sistemas radio: MARLIN (7), SATURN (8), Wide Band HF, BRIPES (9) o CHESS (10).

### **SATCOM EHF**

El empleo de sistemas de comunicaciones que usan frecuencias extremadamente altas proporciona a dichos sistemas más resiliencia ante ataques electrónicos (perturbación). Otras de las principales ventajas de estos sistemas es que tanto la banda de frecuencias en la que trabajan (bandas K/Ka) como su reducido tamaño simplifican tanto las interferencias electromagnéticas (EMI) a bordo como la superficie equivalente radar (RCS) (11).

Estados Unidos lleva más de una década desarrollando estos sistemas, siendo el AEHF-1 (*Advanced Extremely High Frequency Satellite*), fabricado por Lockheed Martin, el primero de estos satélites de comunicaciones lanzado por los norteamericanos en el año 2010. Posteriormente, en los años 2012,

---

(7) Acrónimo del sistema *MARitime Line of sight Network*, capaz de soportar sistemas C2 mediante enlaces radio de UHF.

(8) SATURN, *Second Anti-jamming Tactical UHF Radio for NATO*, que reemplazará al Have Quick II.

(9) BRASS IP Enhanced System, innovación en cuya primera Arquitectura Técnica ya trabaja la Armada.

(10) *Correlated HF Enhanced Spread Spectrum*. Estándar de salto de frecuencia en HF para la OTAN.

(11) *Radar Cross Section*.

2013 y 2018 lo siguieron el AEHF-2, AEHF-3 y AEHF-4 respectivamente (Departamento de Defensa de los Estados Unidos, 2019). Los satélites AEHF también son empleados por las fuerzas armadas del Reino Unido, Canadá y Holanda.

## Vigilancia y reconocimiento

El conocimiento del entorno del espectro electromagnético debe ser una tarea similar a la que realizamos con la vigilancia radar o visual dirigida a construir el conocimiento del entorno marítimo. Incrementando el conocimiento de lo que ocurra en el espectro podremos mitigar las interferencias y advertir las vulnerabilidades tanto del adversario como propios de tal forma que mejoramos la superioridad en el enfrentamiento con el adversario. Esta tarea revista mucha complejidad pues los emisores en la zona de operaciones son muy numerosos y diversos, lo que hace muy complicada la tarea de poder gestionarlo sobre una misma herramienta.

A este respecto, con objeto de mejorar la capacidad de vigilancia y reconocimiento en el EME se proponen los siguientes sistemas:

### *Radio definida por software (SDR)*

Actualmente, la tecnología asociada al ámbito de las comunicaciones ofrece muchas ventajas; existen las SDR (*Software Defined Radio*) que es un sistema de radiocomunicaciones donde varios de los componentes implementados en *hardware* son implementados en *software*, a través de ordenadores muy potentes.

Actualmente, España, junto con otros cinco países (Finlandia, Francia, Italia, Polonia y Suecia) participa en el programa de cooperación internacional denominado ESSOR (*European Secure Software Defined Radio*) de la OCCAR (Organización Conjunta de Cooperación de Armamento).

### *Radars pasivos*

Basados en el concepto de radar biestático (12), los denominados radars pasivos o *Passive Coherent Location* (PCL) llevan varias décadas de desarrollo tecnológico, con un amplio uso en China. En el seno de la UE, Alemania se ha erigido en impulsora de un desarrollo de PCL bajo el paraguas de PESCO, lo que permite un

---

(12) Radar en el que la antena emisora es diferente a la receptora.

razonable optimismo. Conviene aquí recordar también el sistema de la compañía alemana HENSOLDT (13), actualmente en estudio en el marco de la OTAN.

### *Sistemas de búsqueda y seguimiento IR*

Un sistema de monitorización del espectro en márgenes de IR es capaz de detectar desde vehículos aéreos no tripulados hasta las firmas de los buques de superficie. Dicho sistema es completamente pasivo y resistente a ambientes electromagnéticos congestionados.

A este respecto, una línea de investigación a desarrollar sería el determinar aquellas áreas del espectro en las que una unidad naval es más vulnerable por su firma y explotarlo con un equipo de detección. Este sistema contribuiría a potenciar la capacidad de supervivencia y protección en la defensa contra medios asimétricos. Actualmente el Sistema IRST ARTEMIS es el que ofrece mejores garantías. Dicho sistema es fabricado por la empresa francesa Thales y está instalado tanto en el portaviones *Charles de Gaulle* como en las fragatas tipo FREEM.

## **Combate naval**

Los sistemas de armas basados en el uso de energía electromagnética están adquiriendo una importancia cada vez mayor en el ámbito marítimo, importancia que les hace merecedores de un apartado específico en este trabajo.

## **Dispositivos de energía Dirigida**

Actualmente, países como Alemania, Reino Unido, Estados Unidos, Rusia y China se encuentran desarrollando este tipo de armas. Las ventajas de estos sistemas son numerosas y se pueden adaptar al perfil de un proyecto PESCO por varios motivos: pueden ser creadas con el perfil de no letales, ofrecen otro tipo de ventajas como: mayor seguridad para los operadores, son armas extremadamente silenciosas de gran precisión, proporcionan más autonomía, reducen los inconvenientes logísticos y son capaces de batir varios blancos en movimiento (Nieto, 2021b).

El proyecto europeo TALOS es el elegido para desarrollar capacidades europeas de tecnología de armas láser de energía dirigida más esenciales. Dicho consorcio reúne a 16 empresas de nueve países entre las que destaca la

---

(13) <https://www.hensoldt.net/stories/twinvis-passive-radar/>

participación de la empresa española AERTEC. Está previsto que la Armada española instale uno de estos sistemas en la futura fragata *F-110*.

### **Generadores de Microondas de Alta Potencia (HPM)**

El origen de dichos dispositivos tiene lugar durante la guerra de Irak, en la que el ejército norteamericano se planteó la manera de destruir los dispositivos electrónicos improvisados empleados por los iraquíes. Posteriormente, las investigaciones han ido orientadas a otros ámbitos, como la ASMD. Sin embargo, los más recientes desarrollos de este tipo de armas han ido dirigidos hacia la defensa contra UAV. Aunque no existen informes que lo sustenten, algunos analistas sostienen que China ha diseñado armas de este tipo como defensa contra satélites y antimisil.

Actualmente, el laboratorio de investigación de la Fuerza Aérea norteamericana junto con la empresa Boeing está desarrollando el proyecto CHAMP (14) que inutiliza todos los dispositivos electrónicos que encuentre a su paso. Sin embargo, estas armas, por su naturaleza peligrosa y muy asociada a daños colaterales, no podrán ser financiadas por la PESCO.

### **Protección de unidades, bases e instalaciones**

En estrecha relación con lo expuesto en apartados anteriores, es necesario el empleo de equipos y sistemas para garantizar la protección de las unidades propias, así como de bases e instalaciones, también vulnerables a ataques electromagnéticos.

### **NAVWAR**

Como bien señala el capitán de navío Nieto en un artículo de la REVISTA GENERAL DE MARINA, el acrónimo NAVWAR tiene una complicada traducción al castellano. Tal y como se ha señalado anteriormente, la definición doctrinal de *NAVigation WARfare* en la OTAN se concreta en *actions and/or technical measures to assure PNT superiority*.

Resulta evidente que se trata de un aspecto de vital importancia. En este sentido, los escoltas de las marinas de guerra no pueden ser exclusivamente dependientes de los sistemas de posicionamiento global satelital (GNSS), sino que deben tener

---

(14) Proyecto de misiles avanzados de microondas de alta potencia de interferencia electrónica (*CHAMP, Counter-electronics High power microwave Advanced Missile Project*).

suficiente capacidad de supervivencia ante ambientes degradados o denegados de ese tipo de señal. No se trataría exclusivamente de un problema de navegación, sino que también afectaría al uso de sus sensores y sistemas de armas.

Las vulnerabilidades relativas a posicionamiento y navegación se pueden reducir o eliminar mediante procedimientos operativos o desarrollos tecnológicos. Entre estos últimos, merecen ser reseñados algunas iniciativas. La primera de ellas, el denominado *enhanced* LORAN, la evolución surcoreana hecha sobre el sistema LORAN de ayuda a la navegación desarrollado por Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial. Mediante el uso de señales troposféricas de 100 kHz, se permite una navegación de precisión y la obtención de información de posicionamiento, notablemente inmune a las interferencias de sistemas de perturbación norcoreanos.

Otra iniciativa la encontramos en sistemas inerciales de posicionamiento, como los sistemas neerlandeses testados y que han demostrado ser capaces de dar una posición estimada extremadamente precisa durante días.

No menos importante, en lo que respecta al PNT (*Positioning, Navigation and Timing*), la componente de *timing* tiene también una especial importancia, dado que se trata de la señal de sincronización a todos los equipos, vital para la práctica totalidad de los sistemas digitales. Existen diversas maneras para atajar esta vulnerabilidad que se está tratando de resolver de muchas maneras. Desde la perspectiva del autor, disponer de relojes atómicos a bordo de las unidades parece la más acertada, en tanto que garantizarían una precisión en el tiempo suficiente para poder alimentar a todos los equipos que dependan de este tipo de señal.

Sea como fuere, hay sistemas que garantizan el *timing* y otros que proporcionan el posicionamiento, los hay y son muchos.

## IA y *Big Data*

En lo que respecta a la IA aplicada a la EW, sus algoritmos pueden «aprender» las características del EMS en un entorno determinado, detectando anomalías electromagnéticas que delaten intenciones hostiles o vulnerabilidades que puedan ser explotadas. El *Big Data* aporta la capacidad de manejar gran cantidad de información, su recopilación y almacenamiento y, especialmente su trato posterior, permitiendo el análisis de los datos recogidos de manera sencilla.

Actualmente, la Armada cuenta con el Centro de Inteligencia Artificial (CIA2) ubicado en la Escuela Naval Militar (ENM) como centro catalizador y coordinador de todas las iniciativas relacionadas con IA, el desarrollo de actividades de investigación. Además, se relaciona con otros centros tanto civiles como militares con capacidades en dicha materia.

En lo que respecta a la tecnología *Big Data*, la Armada acaba de crear el Centro de Gestión del Dato (CGDA). Actualmente, se encuentra en pleno

desarrollo de una estrategia de gestión y gobernanza de los datos de la Armada, y en los pasos precisos para su futura implementación.

## Tecnología 5G

La tecnología 5G plantea un escenario de redes inalámbricas con velocidades de procesamiento muy superiores a las actuales. La principal característica de esta tecnología es su baja latencia, es decir, el mínimo tiempo de respuesta para órdenes por señal (Clark, McNamara y Walton, 2019). Esto es fundamental para los vehículos autónomos no tripulados.

La Sección CIS de EMA lidera en la Armada el desarrollo de esta tecnología, dentro de las directrices establecidas en la Estrategia 5G (15) del Ministerio de Defensa y durante los meses de abril y mayo efectuó pruebas en escenarios operativos que han permitido comprobar las bondades del 5G. Actualmente, liderado por el CESTIC, los Ejércitos y la Armada están elaborando la documentación que les permitirá optar a fondos de resiliencia de la UE para implementar una serie de proyectos piloto (burbuja 5G de una fuerza naval, comunicaciones 5G en una base y comunicaciones 5G para la Infantería de Marina, en el caso de la Armada).

## Conclusiones

Para conseguir la superioridad en unos escenarios electromagnéticamente disputados y congestionados, así como garantizar la libertad de maniobra en el mismo, resulta preciso determinar una estrategia transversal para superar los retos actuales. A este respecto, Estados Unidos lleva años desarrollando el concepto naval más adecuado para este propósito.

Tras una primera aproximación a esta necesidad mediante el concepto de Letalidad Distribuida, la Marina norteamericana ha implementado un nuevo desarrollo conceptual, más adecuado a sus actuales capacidades, las Operaciones Marítimas Distribuidas (DMO).

Estas contribuyen a la respuesta táctica y operacional al desarrollo de armas y sensores A2/AD cada vez más sofisticados, diseñados específicamente para negar a las fuerzas navales la libertad de maniobra necesaria para emplear sus capacidades. Además, prestan especial atención a la resiliencia y supervivencia en entornos electromagnéticamente complejos para garantizar no solo el libre

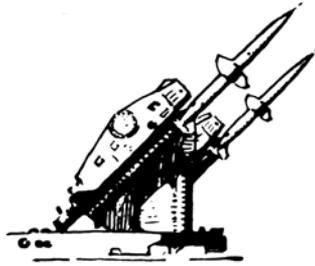
---

(15) Resolución 307/08135/21, de 17 mayo de 2021, de la SEDEF, por la que se establece la Estrategia de Comunicaciones móviles de quinta generación (Estrategia 5G) del Ministerio de Defensa. BOD 103, 28 mayo de 2021.

acceso al espectro sino también la libertad de maniobra electromagnética en el mismo.

Este concepto, cuyo desarrollo reforzaría las capacidades de EW de la Armada, supone un primer paso para adaptar la doctrina a nuevos escenarios de actuación, donde las operaciones que se expanden al EME adquieren una especial relevancia.

Finalmente, en paralelo al desarrollo de conceptos tácticos para minimizar el impacto negativo de operar en los escenarios descritos en el presente artículo, se hace preciso avanzar en la vertiente tecnológica, descrita a grandes rasgos en este estudio. Esta debe ir encaminada a desarrollar capacidades que permitan que los sistemas detecten, evalúen, compartan, maniobren y sobrevivan en EME complejos, a la vez que se niegue a nuestros oponentes la capacidad de hacer lo mismo.



## BIBLIOGRAFÍA

- BEERY, P. (2019): «Command and Control for distributed lethality». *Research Gate*, 2019.
- CLARK, B., y WALTON, T. (2019): *Taking back the seas. Center for Strategic and Budgetary Assessment*.
- DALSJO, R.; BERGLUND, C., y JONSSON, M. (2019): *Bursting the Bubble. Russian A2/AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures and Implications*.
- JONSSON, M., y DALSJO, R. (2020): *Beyond Bursting the bubbles. Understanding the Full Spectrum of the Russian A2/AD Threat and identifying Strategies for Counteraction*.
- KJELLEN, J. (2018): *Russian Electronic Warfare. The role of electronic warfare in the Russian Armed Forces*.
- NIETO FERNÁNDEZ, I. (2019a): «Las Operaciones Electromagnéticas». *REVISTA GENERAL DE MARINA*, vol. 277, diciembre, pp. 971-977.
- (2020b): «Los anhelos de superioridad en el espectro electromagnético de los Estados Unidos».
- MCDERMOTT, R. (2017): *Russia's Electronic Warfare capabilities to 2025: Challenging NATO in the Electromagnetic Spectrum*.
- WITHINGTON, T. (2018): «A Moving Experience: Evolving Theoretical Frameworks for Electromagnetic Manoeuvre». *The Defence Horizon Journal*, marzo.

El patrullero *Serviola* saliendo de Huelva, octubre de 2022. (Foto: Federico Ruiz Pedreira)

