

# PASAPALABRA. COMIENZA POR LA «S»: DISPOSITIVO QUE VA A PERMITIR UNA RAPIDEZ NUNCA VISTA EN LAS COMUNICACIONES DE LAS OPERACIONES NAVALES (O NO)

## Introducción

**P**RETENDÍA titular el artículo con un texto similar a éste: «Avances CIS en las operaciones navales. La importancia del ancho de banda». Hubiese sido garantía de que el 95 por 100 de los lectores pasase directamente al siguiente apartado. Reconozco que los temas CIS no son precisamente los más amenos. Yo mismo me las he visto y deseado para no quedarme dormido en alguna conferencia CIS, con el agravante de que, en muchas ocasiones, yo era el ponente. A pesar de ello, lo que no se puede poner en duda es la importancia de los CIS/TIC<sup>1</sup>, tanto en nuestro día a día como en las operaciones. Pruebe alguien a quedarse en su oficina o en su unidad sin conexión a intranet o sin correo electrónico durante un par de días. Apenas se puede trabajar, ya que la mayoría de aplicaciones o información se encuentran en red. También tiene su parte positiva, y es que permite acometer trabajos o actividades para los que nunca se

encuentra tiempo. Seguro que todos tenemos alguna anécdota que contar, especialmente los más veteranos, que hemos vivido la época de la no conectividad (o conectividad en HF), pero no me resisto a describir cómo nos cambia la vida la ausencia de red, especialmente en la mar o en una unidad de Infantería de Marina desplegada. En nuestro buque escuela, el *Juan Sebastián de Elcano*, sin ninguna duda el barco donde más vida se hace en cubierta, los accesos por satélite disminuyeron notablemente esa presencia de la dotación al aire libre, ya que el trabajo y el ocio se trasladaron a los dispositivos electrónicos y al ordenador conectado a una red<sup>2</sup>. Pero una falta de cobertura del satélite durante un par de días provocó que, tras un período inicial de agobio por parte de la dotación («¿cómo voy a sobrevivir sin conectarme a internet?»), como por arte de magia la cubierta se poblase de asombrados personajes, cual topos saliendo a tierra, algunos de los cuales descubrieron que podían charlar animadamente por la noche, otros que podían

1. CIS es el acrónimo en inglés de *Communications and Information Systems*. TIC en español: Tecnologías de la Información y las (Tele)Comunicaciones. Caso curioso el de incorporar en nuestra documentación y terminología oficial un acrónimo inglés, de uso tan extendido en las Fuerzas Armadas, que para utilizar su equivalente en español optamos por unir ambos. No sé qué dirá la RAE de todo esto, que, por cierto, no es objeto de este artículo y está desviando la atención del tema principal.

2. No menciono los barcos «grises», ya que la vida en las cámaras ha disminuido notablemente y, a excepción del gimnasio y de alguna persona que hace deporte en cubierta, la vida, condicionada por la actividad operativa o por la propia seguridad, es más monótona.



**Los requisitos básicos de las comunicaciones navales son tres: confianza, seguridad y rapidez**

ACP-176

jugar una partida de cartas y hasta los hubo que renegaron cuando se anunció la vuelta del satélite. «Cosas veredes, amigo Sancho, que harán hablar las piedras...».

Pero no se trata simplemente del ocio. La revolución sufrida en las comunicaciones con la llegada del satélite supuso un antes y un después en las operaciones navales a finales del siglo XX. Se pasó de unas comunicaciones basadas en circuitos en fonía y mensajería formal ACP-127 (los mensajes de SACOMAR) a la posibilidad de chats, de mandar archivos y de disponer de verdaderos sistemas de Mando y Control, con cartografía, herramientas de planeamiento, análisis, imágenes y otras muchas más aplicaciones.

Los sistemas, bien de mensajería o bien de Mando y Control, proliferaron en los barcos en función de su misión: SACOMAR<sup>3</sup>, SMN (Sistema de Mando Naval), ICC (Sistema de Mando y Control del Ejército del Aire), SIJE (Sistema de Información del JEMAD), NSWAN (NATO Secret-WAN), BICES (*Battlefield Information Collection*

*and Exploitation*), CENTRIXS (*Combined Enterprise Regional Information Exchange System*)... y otros *ad-hoc* que ha sido necesario utilizar, además de los que vendrán en el futuro, alguno incluso en el corto plazo.

Más allá de las operaciones, toda la actividad administrativa y logística también fue volcándose en redes, y al crecimiento de los sistemas de Mando y Control (C2) hubo que añadir el desarrollo paralelo en tierra de otras aplicaciones. Cada vez que una de estas nuevas herramientas pasaba a la red, obligaba a replicarla en la mar<sup>4</sup>, por lo que las necesidades de conectividad aumentaban a un ritmo mayor que las tecnológicas, con medidas más o menos afortunadas para disminuir su peso y hacer los enlaces más llevaderos. Así, nos acostumbramos a elaborar los partes de mantenimiento en GALIA, a consultar la base de datos de puertos en intranet, pero también a realizar todas las gestiones económicas en el Intendente Montojo, después SIDAE (Sistema Informático de Dirección y Administración Económica), o a abandonar los escritos en papel

3. Sistema Automático de Conmutación de Mensajes de la Armada. Aunque cualquier miembro de la Institución sabe de qué hablamos cuando nos referimos a la SACOMAR, al menos el 90 por 100 (siendo generoso) desconoce o no recuerda lo que significan las siglas. De hecho, el que escribe esto se acuerda porque lo tiene apuntado en la libreta de consultas rápidas de la mesa de trabajo.

4. A partir de aquí, cada vez que mencione la mar, me referiré también, por economía de palabras y agilidad de lectura, a las unidades de Infantería de Marina desplegadas fuera de su base.

por el SIMENDEF (Sistema de Mensajería y Gestión del Ministerio de Defensa)<sup>5</sup>.

No es menos cierto que era mucho más agradable poder leer el *BOD* a diario en la mar que tener que esperar a llegar a puerto y recibir docenas de boletines con semanas de retraso. O acceder a las bases documentales sin necesidad de recurrir a archivos en tierra o perdidos en un pañol u oficina. Pero todo esto tenía un precio. Y no me refiero sólo al económico. En comunicaciones, el coste se mide en ancho de banda (*BW, bandwidth*).

Volvamos a un ejemplo cotidiano. Recuerden los tiempos de los inicios de internet en las viviendas. Acceso por cable de cobre, de 64K, páginas que tardaban una eternidad en cargarse, enlaces que caían de forma relativamente fácil. Prácticamente el Pleistoceno digital. Y, sin embargo, nos parecía un avan-

ce extraordinario. Así comenzaron también los enlaces en la mar con la llegada de los primeros terminales satélite militares.

En medio de la mar o en un despliegue en un lugar remoto, la única posibilidad de conectividad era (y casi sigue siendo) el satélite. Los comerciales implicaban unos costes inasumibles, además de falta de confianza y/o seguridad, para utilizar los sistemas que he mencionado antes, por lo que se limitaban a recibir algún correo y a llamadas telefónicas imprescindibles, además de aplicaciones de salvamento. El programa SECOMSAT (Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite), iniciado en 1989, permitió una gran mejora al ir incorporando poco a poco todos estos servicios<sup>6</sup>. Pero los anchos de banda eran muy limitados, bien por el terminal o bien porque el número de portadoras disponibles era

Puente de mando del BAC *Patiño*. (Fuente: Armada)



5. No hay que olvidar otras aplicaciones transparentes para el usuario, pero que también requieren conectividad, como la transmisión de datos de mantenimiento predictivo o, en el futuro cercano, el gemelo digital.

6. Los primeros satélites, Hispasat 1A y 1B, fueron lanzados en 1992 y 1993, respectivamente. Posteriormente, fueron sustituidos por Spainsat y XTAR-EUR en 2006.

escaso. Pero se fue incrementando: de 128 Kb se pasó a 256; de 0,5 Mb a uno, y en ocasiones tenemos portadoras de dos o cuatro megabits. Sin embargo, siempre es insuficiente. Y los satélites no cubren todo el globo: las zonas polares o el Pacífico quedan fuera de su área de cobertura.

En los últimos años han surgido novedosas soluciones que parecen abrir una nueva era en las comunicaciones, de la que podrían beneficiarse nuestras unidades desplegadas. Comprobemos si estamos al día de estos avances. Propongo una especie de concurso, como el conocido *Pasapalabra*, en el que el lector podrá comprobar sus conocimientos sobre comunicaciones.

### Comienza por la S: nuevo satélite que va a mejorar notablemente las capacidades de las comunicaciones

Probablemente muchos han pensado en determinada constelación de un multimillonario norteamericano, pero, como diría el presentador de *Pasapalabra*, la clave está en que se trata de un satélite de futuro (inmediato si este artículo se publica pronto; de lo contrario, quedará desfasado, como sucede con toda la tecnología actual), no de presente. Spainsat NG (Nueva Generación) es la respuesta adecuada. ¡Vaya!, muchos lectores ya no optan al roscó<sup>7</sup>. Pero, ¿supone una verdadera revolución o es

simplemente una evolución de los anteriores satélites gubernamentales?

Como aquéllos a los que sustituye, se trata de un satélite geoestacionario (GEO, *Geostationary Earth Orbit*), es decir, que gira al mismo tiempo que la Tierra (para un observador en la superficie de nuestro planeta la sensación es que se encuentra fijo) y se localiza sobre la línea del ecuador. En este caso, la constelación constará de dos satélites, lanzados respectivamente a principios y mediados de 2025<sup>8</sup>. El primero entró en servicio en agosto del mismo año, mientras que su compañero lo iba a hacer el primer semestre del año siguiente, si bien el impacto sufrido a principios de enero de 2026 por una partícula durante su fase de transición a la órbita definitiva, obligará a revisar esa fecha e incluso, como anuncia Indra<sup>9</sup> en su comunicado de prensa, sopesar la posibilidad de sustituir el satélite<sup>10</sup>. Tanto la contratación como la operación se llevan a cabo a través de Hisdesat Servicios Estratégicos, dando continuidad al modelo previo. Sus capacidades son muy superiores a las que hemos estado recibiendo del actual Spainsat y del ya retirado XTAR-EUR (sustituido por el SPAINSAT NG 1).

Por una parte, el propio satélite posee unas características mucho más robustas, *antispoofing* (intentos de suplantación) y *antijamming* (interferencias), gracias a la reconfiguración de haces, geolocalización y mitigación en recepción en

7. Para aquéllos que no hayan visto nunca el programa, los dos finalistas del concurso se enfrentan a 25 preguntas coincidentes con las letras del abecedario en un tiempo determinado. Gana, como es lógico, el que acierta más respuestas. Y si un concursante contestase adecuadamente a las 25, ganaría un bote acumulado programa tras programa, que puede superar el millón de euros. Se denomina cariñosamente «roscó» porque la imagen de los concursantes queda inscrita en la pantalla entre las 25 letras del abecedario dispuestas en forma de roscó o circunferencia.

8. Spainsat NG 1 fue lanzado con éxito el 30 de enero de 2025 y SPAINSAT NG el 22 de octubre...

9. Indra se convirtió en el accionista mayoritario de la empresa Hisdesat unos días antes del impacto.

10. Comunicado de prensa de Indra-Hisdesat, de 2 de enero de 2026. Disponible en HYPERLINK <https://www.indragroup.com/cms-content/2026/01/260102-NP-Spain-Sat-NG-ES-.pdf>

banda X y la utilización de un procesador digital transparente para las bandas X y Ka, que permite cancelar las interferencias a nivel frecuencial, e incluso ofrecerán protección contra el pulso electromagnético generado por una explosión nuclear en altura. Todo esto garantiza una mayor confianza y seguridad de las comunicaciones.

Por otro lado, transmite en las bandas X, Ka militar y UHF. Las dos primeras no son una novedad, aunque la banda es mucho más ancha y la latencia menor. «Vamos a tener del orden de 10 veces más de ancho de banda y de potencia con respecto a los actuales satélites<sup>11</sup>». La verdadera novedad es la incorporación de la banda UHF, una capacidad de la que España no disponía y a la que se accedía a través de satélites norteamericanos tras un engorroso proceso burocrático y supeditado siempre a la disponibilidad de canales. La antena en banda X es configurada permanentemente a través de *software*, que permite la reorientación electrónica en órbita de los haces (diez móviles y dos globales) en función de las necesidades, mientras que la banda Ka lo hace a través de sistemas mecánicos, cuyas seis antenas son orientables individualmente. Con la puesta en marcha de este programa, España será el primer país europeo en disponer de satélites de comunicaciones gubernamentales con tres bandas de frecuencia<sup>12</sup>, lo que le proporcionará autonomía e independencia en las comunicaciones seguras.

Ni qué decir tiene que estos satélites incorporarán tecnologías punteras, como inteligencia artificial (IA), *big data* o internet de las cosas (IoT) en su gestión.

Además, va a permitir asegurar el Mando y Control en operaciones militares a nuestras Fuerzas Armadas en dos tercios del globo —desde Estados Unidos (a la altura de Denver) y Sudamérica hasta Oriente Medio, llegando a Singapur, incluyendo África y Europa— mediante enlaces de servicio dedicado que prometen ser de alta velocidad. Ubicados sobre las latitudes 29° E y 30° W, también podrán prestar servicios a otras agencias gubernamentales españolas y, mediante acuerdos bilaterales, a países aliados y amigos<sup>13</sup>. Y, para sentirnos orgullosos, más del 45 por 100 de la tecnología es española.

Para contestar a mi pregunta al comienzo de este apartado, considero que estos satélites supondrán un salto cualitativo indudable, aunque no me atrevo a decir, hasta que los veamos en funcionamiento, que serán una auténtica revolución.

### **Comienza por la L: constelaciones de satélites que están suponiendo una auténtica revolución en las comunicaciones**

Como no me gusta malgastar el dinero, no quiero poner fácil a nadie que se lleve el rosco

11. Basilio Garrido, director de Operaciones y programas de Hisdesat. Publicado en *El Mundo*, 30 de enero de 2025, el día siguiente al lanzamiento del SPAINSAT NG I. Disponible en: <https://amp.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2025/01/30/679ac805e85ece75558b4592.html>

12. Los otros satélites gubernamentales europeos proporcionan servicio en dos bandas. Está previsto que el SICAL 3 (italiano) trabaje en tres bandas, como el Spainsat NG, pero se encuentra aún en fase de desarrollo.

13. Especialmente debido a la escasez de oferta a nivel OTAN de la banda UHF SATCOM. En junio de 2024, España se unió al proyecto NATO SATCOM Services 6.<sup>th</sup> Generation (NSS6G) para convertirse en uno de los países que proporciona servicios de comunicaciones por satélite a la OTAN.

de hoy, así que me he permitido una licencia (forma elegante que se arrojan los escritores cuando quieren hacer trampas): hablar de constelaciones cuando lo que quiero decir realmente es órbita. Me refiero a los satélites LEO, es decir, aquéllos que vuelan en órbitas bajas (*Low Earth Orbit*), aproximadamente a unos 1.000-1.200 km de altitud, aunque algunos lo hacen por debajo de los 500.



Consortio de Comunicaciones por Satélite de la OTAN.  
(Fuente: *tetdae.org*)

Comencemos por la más popular, que incluso podemos adquirir en un hipermercado, Starlink<sup>14</sup>. Se trata de una empresa que se creó para ofrecer servicios de internet de banda ancha, baja latencia y cobertura mundial a bajo coste, con una vocación claramente orientada al mundo civil. Desde que lanzó su primer satélite en 2019, ha desplegado,

a finales de 2024, más de 6.000, en una órbita de unos 550 km de altitud, que trabajan en bandas Ku y Ka. Actualmente, tiene licencia para lanzar hasta un total de 12.000 satélites, aunque aspira a llegar a los 42.000.

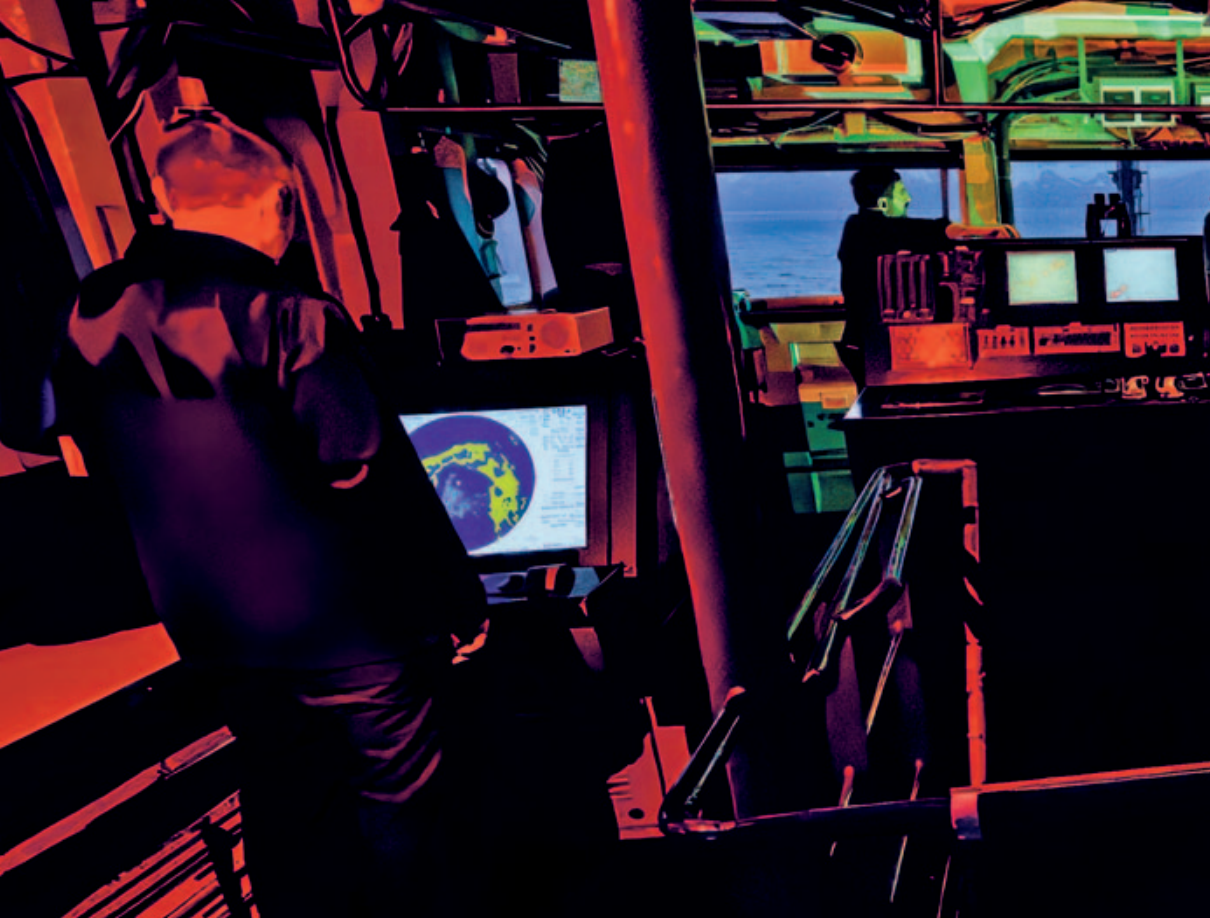
Las Fuerzas Armadas se encuentran en un período de experimentación de esta tecnología, al menos hasta el año 2026 en que se decidirá el camino a seguir y por cuáles apostar. Por ello, se están llevando a cabo pruebas con diferentes tipos de constelaciones y sus terminales para obtener un conocimiento profundo de sus capacidades, ventajas e inconvenientes y poder comparar los diferentes proveedores.

La constelación que se tiene en mente es la ya por todos conocida Starlink, de Space X, propiedad de Elon Musk, aunque sin olvidar otras que se están abriendo camino a pasos agigantados, como OneWeb, o que pretenden hacerlo en un futuro inmediato, como Kuiper, o muy cercano, como BeetleSat.

Ofrece grandes ventajas. La primera de ellas es su notable velocidad, tanto de subida como de bajada<sup>15</sup>. En los buques en los que se ha probado, la revolución ha sido total. Velocidades nunca vistas en la mar han supuesto una demanda cada vez mayor de este servicio y un cambio decisivo en las tareas de Mando y Control, logísticas, administrativas e, incluso, de ocio. Si bien los satélites comerciales son utilizados como respaldo del SECOMSAT (excepto en aquéllos que sólo disponen de satélite comercial, como el *Hespérides* o el

14. En octubre de 2023, me sorprendía el jefe del Grupo de Centros de Explotación CIS (GRUCECIS) enviándome un folleto publicitario de una cadena internacional de hipermercados que incluía una antena de Starlink a precios muy asequibles. Hoy en día, se puede adquirir en más comercios. Para quien tenga la tentación de comprar uno para su barco, no se lo recomiendo, ya que puede meterse en buen lío, como sucedió a bordo de un buque de la US Navy en el que se instaló un terminal sin conocimiento del comandante, <https://www.twz.com/sea/the-story-of-sailors-secretly-installing-starlink-on-their-littoral-combat-ship-is-truly-bonkers>

15. En las pruebas se han comprobado velocidades de bajada sostenidas muy superiores a 100 Mbps, en ocasiones cercanas a 200 Mbps (nominalmente, han de llegar a 250 Mbps).



*Juan Sebastián de Elcano*), sus elevadas prestaciones están suponiendo que pasen a ser empleados, en determinadas ocasiones, como sistema primario.

A su gran velocidad se une una latencia<sup>16</sup> muy baja. En la mar se han comprobado latencias inferiores a 80 ms (los terminales de SECOM-SAT, al igual que los tradicionales comerciales a bordo de los buques, se mueven en el entorno de 500-700 ms). La propia compañía

asegura haberlas disminuido y se ha marcado el objetivo de alcanzar los 20 ms. Su baja latencia lo hace candidato a ser utilizado en los despliegues de otras tecnologías, de las que hablaré más tarde, sin pérdida apreciable de capacidades.

Por otro lado, su cobertura global, que incluye los polos, solventa el problema de los satélites geoestacionarios o GEO, que no ofrecen servicio por encima de latitudes de 70°. Esto ha

---

16. La latencia, en términos informáticos, es el tiempo que transcurre entre una orden y la respuesta a esa orden. Si nos referimos a una red, es el tiempo de demora en transmitir los paquetes de información, es decir, los datos, a través de la red, desde el origen a su destino. Aunque no es exactamente lo mismo, podemos considerar, a efectos de simplicidad, que es el retardo en la red. Quien se haya comunicado por teléfono a través de satélite desde la mar habrá podido experimentar ese retardo, que da lugar a situaciones cómicas, a veces desesperantes, y que en ocasiones acaba en lo que coloquialmente se conoce como «diálogo de besugos».



Puente de gobierno del BIO *Hespérides*.  
(Fuente: Armada)

llevado a garantizar la conectividad en diferentes despliegues o durante el proceso de navalización en buques de reciente incorporación que, por no seguir el proceso habitual de obtención, con una oficina de programa, no disponen de SECOMSAT en el momento de su entrada en servicio. Así quedó demostrado durante el Ejercicio FORMIDABLE SHIELD-23, gracias a la instalación de un terminal de Starlink a bordo de la fragata *Blas de Lezo*, lo que solventó los habituales problemas de pérdida de enlace al navegar por encima de 65° N, al tiempo que ofrecía las prestaciones ya mencionadas.

Otra ventaja a tener en cuenta es su facilidad de instalación, con antenas planas, de un tamaño bastante reducido y escaso peso, casi

de «quita y pon» (dicho en lenguaje más técnico, podría considerarse *plug and play*), lo que proporciona gran versatilidad, ya que facilita su intercambio de un buque a otro sin grandes instalaciones. Se les supone resilientes, debido al elevado número de satélites en órbita, por lo que el fallo (accidental o intencionado) de algunas plataformas no implica pérdida total de comunicaciones, como sí sucedería en constelaciones reducidas (como las GEO). Finalmente, al compararlo con las soluciones comerciales tradicionales, los precios son muy inferiores.

Resultado: una demanda cada vez mayor de este tipo de terminales en cualquier operación o despliegue. Y es que somos insaciables. El comandante que lo prueba no quiere dejarlo,

lo que está suponiendo, mientras no se disponga de un terminal para cada unidad, una competencia por el recurso. Algo lógico, dadas sus prestaciones.

Pero no todo el monte es orégano. A medio plazo, surgen algunas dudas: teniendo en cuenta que los satélites tienen una vida media estimada de dos o tres años, si quiere llegar a los 42.000 satélites, cuando se encuentre a pleno rendimiento debería lanzar unos 15.000-20.000 al año para mantener la tasa de reposición. El sistema está orientado al mundo civil, en particular al mercado residencial o comercial, por lo que no dispone de los sistemas de seguridad que se les suponen a los gubernamentales. Por el mismo motivo, surgen dudas acerca de su disponibilidad permanente, requisito inherente a cualquier sistema militar, y aunque proporciona cobertura a nivel mundial, no puede utilizarse en cualquier parte del mundo por motivos legales. Su empleo requiere un acuerdo entre la empresa y el gobierno de cada país<sup>17</sup>. Para solventar alguno de estos problemas, en 2020 se creó Starshield, una unidad de negocio de SpaceX que, utilizando satélites similares a los de la constelación Starlink, proporciona capacidades militares adicionales al Gobierno estadounidense, con la posibilidad de extenderlo a países aliados.

El principal competidor de Starlink en estos momentos es OneWeb. Aunque se trata de otra

constelación LEO, presenta algunas diferencias con la empresa norteamericana, comenzando por su nacionalidad franco-británica o su orientación hacia mercados gubernamentales, incluyendo Defensa, empresas u operadores telefónicos. Este último aspecto es muy relevante, ya que garantiza, en teoría, los servicios de forma permanente y no depende de estrategias comerciales independientes. Otras diferencias son más técnicas. Si bien la velocidad y latencias deben ser similares (siempre por encima de 100 Mbps y menos de 70 ms, respectivamente, según su portfolio), el número de sus satélites se limita a 648, a una altitud superior, 1.200 km, sobre la superficie terrestre, distribuidos en 12 planos diferentes y que trabajan en bandas Ku y Ka<sup>18</sup>. Como Starlink, tiene una cobertura global, pero algunas zonas son restringidas (China, Rusia, Corea del Norte o Irán). En sus planes de futuro prevé comenzar a lanzar una siguiente generación de satélites más avanzada a partir de 2027 o 2028. El principal problema de OneWeb respecto a Starlink está siendo su cobertura, ya que su despliegue depende de la instalación de estaciones terrenas que recojan la señal y la distribuyan. Por ello, su mapa es, hasta ahora, más limitado que el de Starlink, cuya constelación utiliza tecnología ISL (*Inter Satellite Link*)<sup>19</sup>. A finales de 2024 quedaban sin cubrir por este motivo, no por falta de satélites<sup>20</sup>, amplias zonas donde operan habitualmente nuestras Fuerzas Armadas.

17. A finales de 2024, el número de países o territorios en los que el servicio estaba disponible alcanzó, tras la incorporación de la República Democrática de Timor-Leste, los 116. En ese momento, cubría la mayor parte de Europa, América y Oceanía y algunos países africanos y asiáticos. Se prevé la inclusión de gran parte de los países aún sin acuerdo a lo largo de 2025. Quedan al margen algunos como Rusia, China, Corea del Norte o Irán.

18. Las primeras pruebas realizadas en la mar (diciembre de 2024) no han alcanzado esos valores, pero la instalación ha sido de fortuna y en una ubicación a bordo que no es la ideal. No obstante, estos primeros resultados pueden considerarse bastante prometedores.

19. Enlace entre satélites de una misma constelación para transmitir datos de un satélite a otro. Esto disminuye el número de estaciones terrenas necesarias.

20. Los satélites en órbita, a diferencia de Starlink, no disponen de tecnología ISL, que solventaría este problema. Es algo previsto incluir en la siguiente generación de satélites.

A estas constelaciones hay que añadir otras que se encuentran en fases más incipientes, como Kuiper, que prevé estar operativa a partir de 2026, en que habrán lanzado la mitad de los 3.236 satélites previstos. Ofrecerá tres tipos de conectividad: un modelo ultracompacto con velocidad de hasta 100 Mbps, otro estándar (400 Mbps) y un modelo superior para aplicaciones gubernamentales y empresariales de hasta 1 Gbps. Utilizarán tecnología OISL (enlaces ópticos entre satélites, con láser) para alcanzar estas velocidades<sup>21</sup> y superiores, creando una red de malla láser orbital que permitiría una transmisión de datos sin igual. Eso sí, las dificultades técnicas son un enorme reto, debido a las distancias a recorrer por el láser, la velocidad de los satélites y su baja altura

Y podríamos continuar hablando de más futuras constelaciones, como BeetleSat, de origen israelí, en la que participan empresas españolas. BeetleSat es una constelación LEO que ofrecerá conectividad global en banda Ka para comunicaciones seguras punto a punto, *backhaul* celular<sup>22</sup>, movilidad y servicios adicionales en los sectores comercial y gubernamental, y será la primera en disponer de comunicaciones entre satélites (ISL) basadas en antenas expandibles. No obstante, no se prevé que entre en servicio hasta 2026.

Finalmente, hay que tener en cuenta la iniciativa europea GovSatCom, que proporcionará servicios de satélite. En especial, la constelación multiórbita IRIS<sup>2</sup> (*Infrastructure for Resilience, In-*

*terconnectivity and Security by Satellite*), que constará de 290 satélites en las órbitas LEO y MEO, sufragada con fondos europeos y con importante participación de empresas españolas<sup>23</sup>. Operativa a partir de 2030, se espera que sea una red mucho más segura, al poder dedicarse principalmente a uso gubernamental y de Defensa (sistemas de Mando y Control y respaldo)<sup>24</sup>, con enlaces ópticos entre satélites (ILS) en cada órbita, con una conexión terrestre a los *hubs* SATCOM (comunicaciones por satélite) y con una parte nacional basada en una infraestructura de computación cuántica (iniciativa QCI)<sup>25</sup>.

¿Son una revolución estos satélites para las comunicaciones navales? La primera impresión, fruto de las pruebas realizadas hasta la fecha, es que sí. La US Navy ha apostado por estos proveedores comerciales (Starlink y OneWeb), con resultados muy positivos en diversos campos: operativo, logístico, administrativo, mantenimiento, médico, formativo o de esparcimiento. La demanda de ancho de banda del F-35 *Joint Strike Fighter* a bordo de los portaviones norteamericanos está siendo satisfecha gracias a estos terminales, lo que ha permitido llevar a cabo los primeros *strikes* sobre Yemen. Pero sus ventajas se dejan notar en todas las demás áreas mencionadas, facilitando el trabajo a bordo y mejorando notablemente la moral de las dotaciones. Sirva un dato como ejemplo: el portaviones USS *Lincoln*, con 5.000 personas a bordo, transfirió 780 terabytes de datos durante su despliegue de cinco meses y

21. Amazon asegura haber alcanzado y mantenido enlaces de 100 Gbps en distancias de 1.000 km.

22. *Backhaul* es la parte de la red que conecta y transporta los datos desde los nodos de acceso hasta el núcleo central de la red (*backbone*).

23. Se ha creado un consorcio responsable de IRIS<sup>2</sup>, SpaceRise, basado en tres operadores: Hispasat, SES y Eutelsat.

24. También proporcionará servicios comerciales.

25. Infraestructura de comunicación cuántica segura que abarcará toda la UE, incluidos sus territorios de ultramar. Combinará un segmento terrestre a través de fibra óptica y espacial (IRIS<sup>2</sup>).

medio, a velocidades de 1 Gbps de bajada y 200 Mbps de subida. «Con los protocolos de seguridad y otras medidas adecuadas, un gran despliegue de ancho de banda parece estar llamado a cambiar las reglas de juego de lo que un barco y su dotación pueden hacer en la mar»<sup>26</sup>. El tiempo nos permitirá comprobar si esta percepción inicial se confirma y podemos aseverar esta intuición.

### **Empieza por la M: órbita satelital que ofrece relevantes servicios, no sólo de comunicaciones**

En esta ocasión ya no he hecho trampa. La respuesta correcta es MEO, acrónimo de Medium Earth Orbit. Además, ya la había adelantado. Seguro que muchos han acertado sin excesivo esfuerzo. Si al principio hablé de unos satélites geoestacionarios, situados a 36.000 km de altitud, y a continuación repasé los de baja órbita, sobre 1.000 km e inferiores, ahora me detengo en los que se encuentran en una órbita intermedia, aproximadamente a 10.000 km sobre la superficie terrestre.

Los servicios que prestan, medidos en velocidad, ancho de banda, latencia, etc., son inferiores a los LEO, si bien ofrecen otras ventajas, como una menor necesidad y complejidad de satélite para cubrir las mismas áreas, con una disminución de la calidad del servicio aceptable, especialmente si se compara con los GEO. Los costes son también mucho meno-

res que éstos, ya que los satélites son mucho más pequeños y su cobertura, mayor. Sin embargo, su uso está más orientado al posicionamiento que a las comunicaciones.

El más conocido ejemplo de constelación en esta órbita es la NAVSTAR GPS (*Global Positioning System*), que proporciona señales PNT<sup>27</sup>; en la misma órbita se sitúa la alternativa europea Galileo, por encima de los 23.000 km de altitud, orientado también a servicios PNT y otras aplicaciones, destacando el PRS (Servicio Público Regulado), servicio robusto y de acceso controlado para aplicaciones gubernamentales, que ha de funcionar en cualquier condición de denegación de espectro.

Si bien las prestaciones de los satélites en órbita MEO no igualan a los LEO, en determinadas ocasiones puede ser necesario o conveniente su uso. Por ello, se han desarrollado constelaciones, como O3b<sup>28</sup>, única que ofrece servicios de comunicaciones de banda ancha en esta órbita, con relativamente pocos satélites (20 de primera generación y 13 de segunda<sup>29</sup>), situados a una altitud de 8.000 km y con baja latencia, que pueden cubrir áreas a las que no alcanzan los GEO gracias a la inclinación de 70° de sus antenas de segunda generación, que le proporcionan cobertura casi global.

Con tanto satélite en el espacio, uno de los peligros que nos estamos encontrando es la basura espacial y la congestión de tráfico. Por

26. Ziezulewicz, G. (25 de enero de 2025): «How Life Aboard a Navy Aircraft Carrier changed when High-Speed Internet arrived». *The War Zone*, <https://www.twz.com/news-features/how-life-aboard-a-navy-aircraft-carrier-changed-when-high-speed-internet-arrived>

27. Posición, Navegación y Sincronismo, imprescindibles en la mayoría de sistemas a bordo de un buque o ya en nuestra vida cotidiana, si bien no son servicios de comunicaciones propiamente dichos.

28. O3b es el acrónimo de *other three billion*, o los otros tres billones (3.000 millones en español) de personas que no tenían acceso a internet estable a comienzos de la década de 2010.

29. Para distinguir ambas generaciones, se denomina O3b MEO a la primera y O3b mPOWER a la segunda, de la cual se han lanzado (a diciembre de 2024) ocho de sus trece satélites.

ello, se estudia la utilización de otras órbitas, como la VLEO (*Very Low Earth Orbit*), situada a 250-300 km de altitud, lo que evita colisiones con los restos de antiguos satélites (a esta altura, los objetos espaciales se han volatilizado tras haber entrado en la atmósfera) y puede ofrecer servicios orientados fundamentalmente a inteligencia y observación de la tierra, pero también de comunicaciones. La EDA ha firmado un proyecto con dos países europeos (Países Bajos y Austria) para lanzar una constelación de muy pocos satélites (de dos a cuatro inicialmente) que se moverán entre las órbitas LEO y VLEO. Aunque el vuelo en la órbita VLEO conlleva otros problemas (como la erosión por contacto con el oxígeno), la posibilidad de cambiar de órbita según sea conveniente puede aumentar la vida útil de los satélites. España está estudiando su posible participación y usos.

Realmente, estas constelaciones, MEO y VLEO, no suponen una gran revolución hoy en día para nuestras comunicaciones. Pero, una vez analizadas las órbitas principales para comunicaciones, GEO y LEO, me parecía adecuado completarlas con las restantes para obtener una visión integral de lo que nos está sobrevolando. Además, esto me permite llegar al número mínimo de páginas exigibles para un artículo (que, dicho sea de paso, no sé cuál es).

### **Empieza por la C: promete un ancho de banda, latencia y ubicuidad nunca vistos en las comunicaciones**

La respuesta es 5G. Sí, ya sé que es un número, pero realmente comienza por la letra C. Pensé introducir un engaño mayor, y era considerar

la letra G, ya que al 5G seguirán el 6G, el 7G, etc., pero no creo que me lo hubiesen perdonado. Y los escasos lectores que hubiesen llegado hasta este punto, habrían abandonado con total seguridad ante mi falta de consideración.

Lo cierto es que 5G responde al término coloquial utilizado para designar las comunicaciones móviles de quinta generación. Sus bondades, en términos de capacidades de transmisión, son enormes. No profundizaré excesivamente en ellas, ya que existen excelentes artículos publicados en esta misma revista<sup>30</sup>, pero no puedo dejar de mencionar las principales y el uso que se le puede dar.

De una forma muy resumida, la tecnología 5G proporciona un gran ancho de banda, mínimo retardo y la posibilidad de conectar simultáneamente y de forma masiva una gran cantidad de dispositivos. Todo esto se traduce en una capa de comunicaciones de calidad sobre la que implementar servicios avanzados. Su velocidad de transmisión es del orden de decenas de MB a cientos de GB, dependiendo de la frecuencia empleada. Su reducida latencia (entre 1 y 20 ms) y otras características, como el *slicing* (técnica de segmentación del conjunto de la red en redes virtuales e independientes) o la conformación de haces direccionales mediante elementos radiantes (*beam forming*), la hacen ideal para las comunicaciones navales en todos los niveles.

La *Estrategia de Comunicaciones Móviles de Quinta Generación (Estrategia 5G)* del Ministerio de Defensa de 2021 contempla al 5G como una tecnología disruptiva esencial en el

30. Garrido García, J.: «5G: aplicación de las comunicaciones móviles en el ámbito de la Defensa». *Revista General de Marina*, enero-febrero de 2023, pp. 73-87.

proceso de transformación digital del Ministerio de Defensa y de transformación de la Fuerza Conjunta, porque proporciona soluciones óptimas para habilitar e integrar el empleo de otras tecnologías, como el internet de las cosas, la robótica, la realidad mixta (realidad virtual y realidad aumentada), la inteligencia artificial, el *big data* o la computación en la nube y en el extremo (*edge computing*). 5G no es un servicio en sí mismo, sino una mejora sustancial del canal de transporte de las comunicaciones. Su combinación con las tecnologías mencionadas será la base para proporcionar superioridad de la información, y, por tanto, mejorar el ciclo de la decisión.

Antes de enumerar sus posibles usos, es preciso alertar de que no es oro todo lo que reluce. La tecnología 5G comporta unos riesgos y desafíos que han de ser resueltos para que sea efectiva y fiable: mayor vulnerabilidad ante el aumento de la superficie de ataque<sup>31</sup>, lo que exigirá un sobreesfuerzo de securización de los dispositivos y la red, aplicando criterios *Zero Trust* (Confianza Cero); compatibilidad con los actuales sistemas CIS e interoperabilidad, o, un factor determinante, asignación de espectro electromagnético para las operaciones militares. Su alcance está limitado en función de su frecuencia, pero siempre dentro de la línea de visión, por lo que para aumentarlo se requieren relés (otras unidades, UAV, globos estáticos) o arquitecturas que empleen satélites de gran capacidad, como los LEO, que debido a sus características no suponen una pérdida importante de las ventajas inherentes a 5G.

La Armada, tras unas primeras pruebas en unidades en tierra y en la mar que comenzaron en 2022<sup>32</sup>, identificó tres casos de uso operativo: una burbuja de comunicaciones en una fuerza naval, comunicaciones en una base naval y en el litoral y, finalmente, comunicaciones de Infantería de Marina. Todo ello orientado a desarrollar el concepto de Nube de Combate Táctica Naval. En el primer caso, se pretende acelerar el ciclo OODA<sup>33</sup> mediante la integración de los sensores de diferentes plataformas de una agrupación naval (buques, submarinos, UxV, aeronaves, Fuerza de Infantería de Marina). Se llevará a cabo una robotización y sensorización del campo de batalla y se transmitirá la información (el dato) a través de la capa 5G. Además, se perseguirá interconectar diferentes burbujas navales o anfibas, así como las de otros centros de operaciones o cuarteles generales, ampliando así su alcance y permitiendo el intercambio de información en diferentes entornos operativos. El primer nodo adquirido por la Armada se encuentra ya en el BAA *Castilla*.

El segundo caso, comunicaciones 5G en el litoral/base naval, se centrará en el intercambio de información entre buques navegando en el litoral y los centros de operaciones o bases navales y estaciones radio, así como cuando se encuentren en sus bases. Esta conectividad permitirá, entre otras posibilidades, compartir el estado de alistamiento y operatividad en la mar con sus arsenales de apoyo, facilitando el esfuerzo logístico, especialmente si se aplican herramientas avanzadas, como inteligencia artificial. El primer nodo experimental se en-

31. A mayor número de dispositivos conectados, mayor posibilidad de sufrir interferencias o ataques externos.

32. Entre los ejercicios más notables, hay que destacar los despliegues Dédalo desde 2023, que han permitido experimentar con esta tecnología y extraer numerosas lecciones aprendidas. En 2025 se federaron dos nodos a bordo de sendos buques. Y en el Ejercicio LIVEX JFX (noviembre 2025) se federaron tres nodos, del Ejército de Tierra, Ejército del Aire y del espacio y Armada, a través de SECOMSAT.

33. Observar, Orientar, Decidir, Actuar.



Fragata *Almirante Juan de Borbón*. (Fuente: Armada)

cuentra en el Arsenal de Ferrol; el buque que participa en estas pruebas es una fragata F-100, la *Almirante Juan de Borbón*.

Finalmente, la experimentación en comunicaciones 5G en la Fuerza de Infantería de Marina se centrará en la actividad más complicada desde el punto de vista CIS, una operación anfibia que, al mismo tiempo, es la operación multidominio por excelencia, debido a la multitud de unidades involucradas en todos los dominios, ya sea tierra, mar, aire, ciber, cognitivo o espacial, así como por la necesidad de disponer de información en tiempo real para la toma de decisiones.

Estos tres casos, en proceso de implantación gracias a los fondos recibidos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), son los primeros dentro de la Directiva aprobada por el AJEMA para la experimentación del 5G en la Armada y que, con la posibilidad de identificar y ejecutar otros, llevará a que en el horizonte de finales de 2026 se tome la decisión de qué casos operativos se van a implementar definitivamente en la Armada.

Aunque este artículo está orientado a las operaciones, no puedo dejar de mencionar otros posibles usos de 5G en estudio en la Armada, como los relacionados con el ámbito de la

enseñanza, la logística o la seguridad física, y que hemos bautizado como casos de uso de apoyo. En el primer caso, podremos centrarnos en simuladores avanzados o en la utilización de herramientas de realidad virtual o aumentada que permitan un adiestramiento combinado; por ejemplo, entre simuladores de navegación o tácticos y lanchas de instrucción, sin olvidar la posibilidad de incluir a alumnos embarcados o desplegados en unidades lejanas, como el *Juan Sebastián de Elcano*.

El arsenal inteligente, la integración del Sistema de Información Logística o el Almacén Virtual Único, además de facilitar la automatización del mantenimiento y la predicción de averías, son otras aplicaciones cuya implantación se beneficiaría gracias al uso de la tecnología 5G.

La experimentación 5G en el área de la seguridad física podría agilizar la transición del modelo de guardias basado en la presencia física a otro en el que se integren y centralicen los diferentes programas, sistemas y sensores en unos Centros Receptores de Alarmas Unificadas (CRAU) a través de la Red de Seguridad de la Armada.

Otro proyecto muy interesante sería el MLOS AP (*Maritime Line of Sight Access Point*) que, de forma muy esquemática, constituiría una infraestructura 5G en el litoral y en los puertos que habilitase la integración de los buques de Estado nacionales u OTAN navegando en la zona o su conexión en puerto. Esta capacidad es de gran interés para la Alianza y está encuadrada en el ORS (*Operation Requirement Statement*) New Generation Wireless Services other than SATCOM, aprobado por el Comité Militar.

Buque anfibio *Galicia*. (Fuente: Armada)



No hay que desechar tampoco la posibilidad de desarrollar un Centro de Experimentación Marítimo 5G como herramienta para avanzar de una forma decidida en diferentes configuraciones o nuevos casos de uso, sin necesidad de la siempre complicada (y cara) disponibilidad de unidades. En este sentido, es de destacar el éxito de la demostración de capacidades 5G llevada a cabo en marzo de 2024 para el Ministerio de Defensa estadounidense, representado por su agencia FutureG, en la que, liderada por la Armada y Telefónica, se simuló una operación anfibia. Se instalaron dos nodos *stand alone*, uno en el buque anfibio *Galicia* y otro en la sierra del Retín, y participaron dos embarcaciones LCM, dos VAMTAC, drones de superficie y aéreos y se simularon un desembarco, ataques mediante lanchas rápidas, una baja, consulta por telemedicina y se incluyeron también equipos de realidad aumentada.

Los pasos dados por la Armada, de la mano de la industria nacional, la han colocado en primera línea en Europa y en la OTAN en esta tecnología en el dominio marítimo. Testimonio de ello y del interés suscitado han sido las pruebas de compatibilidad aeronaval realizadas en 2024 y continuadas en 2025, las primeras realizadas por cualquier marina europea.

En el corto plazo, constataremos si la tecnología 5G (y las futuras) ha venido para quedarse en las Fuerzas Armadas. Lo que sí está claro es que, en caso afirmativo, será una tecnología totalmente disruptiva, cambiará la forma de trabajo a la que estábamos acostumbrados y abrirá un sinfín de nuevas posibilidades.

### **Empieza por la F: ciencia que posibilita la transmisión de grandes cantidades de información a velocidades inimaginables (como la de la luz)**

Ésta era más fácil. La respuesta correcta es Fotónica (o no, ya que la definición de fotónica es muy amplia y también podríamos hablar de Óptica). En definitiva, ¿a qué me estoy refiriendo? Estamos acostumbrados, desde hace ya unos años, a las altas velocidades que nos ha traído la fibra óptica, que permite guiar la luz a lo largo de una trayectoria deseada (al fin y al cabo, es un cable). Pero, ¿podemos hacerlo sin el apoyo de un medio de transmisión material, sin ese cable? La respuesta es sí. Se trata de comunicaciones ópticas a través del espacio libre (FSOC, *Free-Space Optical Communications*), por lo que, si bien menos conocida, ésta también valía como respuesta.

Al igual que la fibra óptica, la FSOC utiliza la propagación de la luz (visible o infrarroja) en la atmósfera para transmitir información entre dos puntos, mediante un diodo emisor de luz o un láser como fuente de transmisión y una lente como receptor. La FSOC promete anchos de banda relativamente elevados, del orden de decenas de Gbps, si bien a distancias cortas (cientos de metros) pueden alcanzar los Tbps. No obstante, esta tecnología se encuentra en fase de desarrollo y ha de afrontar, como principales obstáculos, su elevada dependencia de los factores atmosféricos, como lluvia, niebla, polvo o calor, y su limitado alcance en enlaces terrestres, estimado en unos máximos de aproximadamente dos o tres kilómetros pero en la práctica la fiabilidad en los enlaces se pierde a partir de los 500 metros<sup>34</sup>. Diversos experimentos

34. «Pruebas preliminares realizadas por el Ejército de Tierra estadounidense en 2005», [http://www.hqisec.army.mil/isec/publications/Analysis\\_of\\_Free\\_SpaceOptics\\_as\\_a\\_Transmission\\_Technology\\_Mar05.pdf](http://www.hqisec.army.mil/isec/publications/Analysis_of_Free_SpaceOptics_as_a_Transmission_Technology_Mar05.pdf)

utilizando relés buscan ampliar estos alcances. Si nos desplazamos al espacio, en ausencia de atmósfera, los alcances son muy elevados, del orden de miles de kilómetros que, mediante la ayuda de dispositivos expansores de haz, potencialmente serían interplanetarios. El caso del uso de comunicaciones entre satélites (ILS), ya mencionado anteriormente, es un ejemplo de aplicación práctica de esta tecnología. Reduce la dependencia de estaciones terrenas y posibilita el enlace entre satélites no sólo de la misma órbita, sino también entre diferentes órbitas, con el resultado de descongestionar las bandas de radiofrecuencia.

Desde un punto de vista operativo, las FOSC ofrecen grandes ventajas frente a la radiofrecuencia, como la facilidad de instalación y portabilidad en instalaciones terrestres ante la ausencia de cable, su operación en un espectro no licenciado (lo que elimina burocracia) o su alta resistencia a la interceptación o perturbación, con escaso riesgo de interferencias electromagnéticas; todo esto las posiciona como una alternativa a la hora de realizar transmisiones seguras.

Para resolver el grave problema de su baja fiabilidad a distancias elevadas por efecto de los fenómenos atmosféricos, existen proyectos, como los que combinan la utilización de un láser con comunicaciones tradicionales RF a frecuencias óptimas (menos afectadas), diferentes tipos de modulación o multiplexado, o la utilización de inteligencia artificial para alinear la señal óptica entre transmisor y receptor.

Pero la pregunta que nos tenemos que hacer es si esta tecnología tiene alguna aplicación práctica en nuestra Armada. Los experimentos

realizados hasta ahora contemplan que, además de las comunicaciones en el espacio exterior —donde tienen un campo de aplicación y desarrollo muy prometedor y en el que está llamada a revolucionar las infraestructuras de telecomunicación orbitales e incluso interplanetarias—, se puede aplicar como conexión de «última milla» a otras redes o como red local. Esto limita bastante su uso operativo más allá de la transmisión de datos en zonas muy localizadas, como en cuarteles generales desplegados o lugares remotos y bases militares o científicas en terrenos inhóspitos o afectados por un desastre.

En la mar, obliga, en ausencia de drones u otros medios que puedan actuar de relé, a mantenerse a distancias muy cortas, similar a unas comunicaciones por banderas o por Scott, aunque con el valor de poder transmitir grandes volúmenes de información. Este escaso alcance y su elevada dependencia de los factores atmosféricos restringen su posible uso en operaciones navales a una alternativa en caso de ausencia de satélite<sup>35</sup>, para mantener un silencio radio en situaciones en que la seguridad y la discreción sean críticas, en escenarios de espectro denegado o en determinados casos muy específicos, como en la transmisión de información entre un grupo destacado, como el trozo de visita y registro, y su buque madre, o entre embarcaciones y estaciones en tierra. Otros terrenos ofrecen un amplio margen de exploración, como pueden ser los enlaces con vehículos no tripulados o la comunicación en enjambres de drones.

Se trata de una tecnología en fase de desarrollo que, si se solventan algunas de las limitaciones

35. Podrían ser parte de un plan de comunicaciones basado en el método PACE (*Primary, Alternate, Contingency and Emergency*).

expuestas, puede suponer un salto adelante muy grande y contribuir en un futuro no lejano a la revolución de las comunicaciones en las operaciones navales.

### **Pero las comunicaciones tienen que ser fiables**

Todo lo que he comentado es el futuro o, en muchos casos, el presente de las comunicaciones. Sin embargo, en entornos electromagnéticos degradados o denegados nos podemos encontrar con serias dificultades para emplear estas tecnologías. Es por ello que no debemos olvidar sistemas alternativos de comunicación, con capacidades inferiores pero que ofrecen mayor confianza y aseguran las transmisiones. Básica-

mente, son sistemas basados en HF, cuyas posibilidades de ancho de banda son escasas, pero que con los avances tecnológicos proporcionan servicios IP vía HF. Sin ánimo de detallar su funcionamiento, me limito a enumerar los principales, como los sistemas BRIPES y SSSB. El primero —BRASS (*Broadcast and Ship-Shore System*) IP Enhancement System— engloba los servicios clásicos de voz y datos originalmente transmitidos vía BRASS. Constará de dos evoluciones: BREITA (*BRASS Enhancement Increment 1 Target Architecture*) será la primera e incluirá servicios como mensajería formal, RMP (*Recognized Maritime Picture*), navegación web, servicios de directorio, VoIP (Voz sobre Protocolo de Internet), *chat*, *email* e intercambio de ficheros. La siguiente evolución, BRE2TA traerá consigo una mayor capacidad de los servicios en una

Trozo de visita del BAC *Cantabria*. (Fuente: Armada)



banda ancha (hasta 256 kbps). El segundo sistema que transporta IP sobre HF es el SSSB (*Ship Shore Ship Buffer*), enfocado al intercambio de trazas desde los sistemas TDL (*Tactical Data Link*) entre centros de operaciones en tierra y unidades en la mar.

No se trata, por tanto, de ninguna revolución en nuestras comunicaciones, ya que no aportan grandes anchos de banda ni transferencias masivas de datos, sino una alternativa para garantizar, en condiciones difíciles, unos servicios mínimos más allá de la simple voz. A pesar de que, aparentemente, no son muy atractivos, la OTAN está volcada en estos proyectos, ya que percibe que los futuros conflictos pueden desarrollarse en entornos de espectro denegado o congestionado en los que no esté asegurado el acceso a las comunicaciones satelitales.

## Conclusión

Los diversos sistemas analizados son una apuesta de futuro (algunos de ellos ya de presente) para mejorar las comunicaciones navales. Todos proporcionan nuevas capacidades o mejoran notablemente las que poseemos actualmente. No obstante, en determinados casos, podemos hablar de una simple evolución; calificar a una tecnología de disruptiva supone dar un paso más. La RAE define la disrupción como una «rotura o interrupción brusca». Realmente, las tecnologías disruptivas no interrumpen nada; por ello, es más adecuado analizar la definición que de ellas hacen las empresas. Valga la

que da una empresa estratégica del sector, Telefónica: aquella tecnología que «consigue provocar un gran cambio en los procesos y mecanismos anteriores a su aparición, así como un cambio en el comportamiento de los usuarios». Desde este punto de vista, sólo 5G entraría en este campo. Sin embargo, nuestros hábitos como marinos durante una operación o ejercicio están variando también gracias a algunos de los ejemplos que hemos enumerado. El más significativo son las comunicaciones a través de satélites comerciales LEO que, desde mi punto de vista, podrían considerarse disruptivos. En menor medida, lo serán los satélites Spainsat NG, y el tiempo nos dirá si proyectos como las comunicaciones ópticas en el espacio libre podrán integrarse en esta categoría o no tendrán aplicación naval.

Porque éste es nuestro interés final, el posible uso de todas estas tecnologías, disruptivas o no, en nuestras operaciones navales. Pero siempre, teniendo en mente que han de cumplir las tres normas que subrayé al comienzo: confianza, seguridad y rapidez.

Si no han ganado el rosco, no pasa nada. Siempre podemos buscar una excusa que lo justifique. Como en las comunicaciones navales, cuando no había enlace, el oficial recurría al célebre «Mi comandante, es un problema de propagación». Claro que me estoy dando cuenta de que con las tecnologías actuales esta disculpa ya no vale y requiere ser actualizada. «Nosotros salimos como un cañón. Será problema del Fleximux (también anticuado), o de Bermeja, o de Musk...».

Despedida del *Juan Sebastián de Elcano* desde el *Malaspina*.  
(Foto: Manuel Becerro Malagón)



# VIVIDO Y CONTADO



