

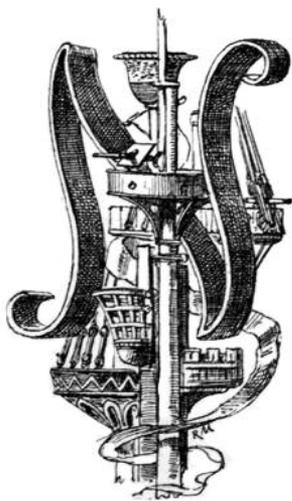
LA ARMADA EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: ALGUNAS REFLEXIONES

José Manuel SANJURJO JUL
Vicepresidente de la Real Academia de Ingeniería de España



(Ing.) (Retirado)

A modo de introducción



OS encontramos en la fase inicial de una profunda y amplia transformación, que generalmente se ha dado en denominar la Cuarta Revolución Industrial (1), una transformación que implicará mucho más que un simple cambio de modelo productivo. Estamos ya inmersos en una revolución científica y tecnológica, cuyos efectos están modificando profundamente todos los aspectos de nuestra sociedad: la manera de trabajar, relacionarnos, comunicarnos, divertirnos; la educación, la movilidad, la sanidad, la fisonomía de nuestras ciudades; la manera en que generamos, distribuimos y almacenamos energía y, por supuesto, nuestra defensa y seguridad. En definitiva, esta revolución tendrá profundas implicaciones económicas, sociales, políticas e incluso, en muchos aspectos, va a poner a prueba nuestra propia concepción de lo que significa ser humano en un mundo que estará crecientemente

dominado por la ciencia y la tecnología.

No es la primera vez en la Historia que se han producido cambios científicos y tecnológicos profundos —desde la revolución agrícola del Neolítico o las que tuvieron lugar durante el Renacimiento, la Ilustración, la Revolución Industrial, la Primera y la Segunda Guerra Mundial o, ya en tiempos más recientes, los originados por la Guerra Fría o la carrera espacial—, pero nunca

(1) La Comisión Europea defendió durante algún tiempo el término Tercera Revolución Industrial, pero finalmente acabó imponiéndose el criterio alemán de denominarlo Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 para referirse al tejido productivo.

como hasta ahora habían tenido el alcance, la profundidad y la extensión que estamos experimentando; ni tampoco nunca antes se habían producido a la velocidad y el ritmo actuales.

Esos cambios inevitablemente afectarán también al carácter de los futuros conflictos, y no me refiero a los estrictamente operativos, sino a transformaciones profundas, como las que supusieron en su día la aparición de la artillería, el concepto de un pueblo en armas en la Francia de las Guerras Napoleónicas, la Revolución Industrial o la más reciente, que conocemos como RMA (2), causada por la revolución digital.

La Cuarta Revolución Industrial será el motor de cambio de un mundo ya en rápida evolución, en el que las marinas tendrán que afrontar el reto de adaptarse a nuevas maneras de operar, diseñando unidades diferentes a las que conocemos, concibiendo una composición de la fuerza también diferente, innovando nuevos procesos para adquirirla y apoyarla, acometiendo drásticas transformaciones orgánicas y actualizando la política y la gestión de personal en una sociedad con distintas prioridades, y puede que, incluso, con diferentes principios y valores.

La Armada, como otras marinas de nuestro entorno, se enfrenta al mismo múltiple reto de asimilar esa transformación tecnológica, vertiginosa y múltiple —en muchos aspectos impredecible—, y simultáneamente adaptarse a una sociedad en radical transformación impulsada por la presente revolución industrial y de prepararse para operar en un nuevo entorno operativo resultante de la evolución del escenario geopolítico (3). Para la Armada se avecina un período de cambios y mutaciones similar al que sufrió en las primeras décadas del siglo XIX, pero ahora a mayor escala y a un ritmo más acelerado. Con casi total certeza, la Armada de mitad de siglo va a ser muy diferente a la que conocemos hoy. En definitiva, el reto es prepararse para combatir en la Cuarta Revolución Industrial y en un mundo en transición.

En esta época de incertidumbre que nos ha tocado vivir, incluso si acotamos el marco temporal al que nos pudiésemos referir, hacer predicciones es un ejercicio de alto riesgo intelectual (4); por eso, la intención del presente artículo es simplemente compartir con el lector algunas reflexiones, —que me temo planteen más preguntas que respuestas—, explorar tendencias y, en fin, intentar proyectar algo de luz en este tema tan complejo; de ninguna manera osa proponer soluciones; a lo más, sugerir alguna recomendación.

(2) *Revolution in Military Affairs*.

(3) *Entorno Operativo 2035*. Ministerio de Defensa, 2019.

(4) Como muestra de lo difícil que es ser oráculo, decía el fundador de IBM, Thomas Watson, hace ya algunas décadas, que en todo el mundo habría mercado para unos cinco «procesadores»; ¡gran visión de futuro!

Las cuatro revoluciones industriales

La gran transformación tecnológica que daría lugar a la revolución industrial se inició en la Inglaterra del siglo XVIII. La convergencia de la acumulación de capital —en gran parte debida al desarrollo del comercio marítimo y a la industria del algodón—, con la existencia de amplias reservas de carbón y mineral de hierro de fácil extracción, y el espíritu emprendedor que reinaba en ciertos sectores de la sociedad británica favorecieron el inicio de la Primera Revolución Industrial. Inicialmente, hierro, carbón y molinos hidráulicos y más tarde máquinas de vapor alternativas (5). Los posteriores y continuos perfeccionamientos de las máquinas de vapor de ciclo cerrado motivaron la aparición y posterior expansión del ferrocarril y la generalización del comercio marítimo, los dos grandes protagonistas de la primera globalización. Es en esa época cuando se inicia en el mundo naval la transición de la vela al vapor y de la madera al hierro (6).

El paso posterior, la denominada Segunda Revolución Industrial, consistió en la utilización generalizada del acero, las máquinas de vapor rotativas y finalmente la combinación del petróleo y las máquinas de combustión interna, los automóviles y las cadenas de producción. Pero, sobre todo, la generalización de la electricidad y el inicio de la era de la conectividad: el telégrafo y, más tarde, la radio.

Pero perderíamos perspectiva si considerásemos la Revolución Industrial que se inició en el XVIII simplemente como una serie de innovaciones tecnológicas aplicadas a los procesos productivos. De manera similar a lo que está actualmente sucediendo, sus efectos supusieron profundos cambios en una sociedad que, en su gran mayoría, había sido hasta el momento eminentemente agrícola. La Revolución trajo el trabajo regulado en factorías, las cadenas de producción y la máquina como factor productivo; en el ámbito social y político, supuso la aparición del proletariado y de las clases burguesas, que a la larga originarían los profundos cambios políticos, algunos de los cuales han llegado hasta nuestros días.

El siguiente salto temporal nos lleva al año 1948, en que Shockley, Bardeen y Brattain, en los laboratorios de Bell Telephone, inventan el transistor (7); una década más tarde, en 1958, Jack Kilby, de Texas Instruments, patenta el proceso que permitirá la fabricación de circuitos integrados; ¡se había iniciado la era digital! Quizás no sea casualidad que casi simultáneamente tuviese

(5) La primera máquina alternativa de vapor de ciclo abierto la diseñó Thomas Newcomen en 1712 para achicar las minas de carbón. James Watt en 1776 introduce en el mercado su modelo de máquina de circuito cerrado, que continuará perfeccionando durante años.

(6) En 1819, el SS *Savannah* fue el primer buque con máquina de vapor que cruza el Atlántico.

(7) Nadie tenía idea de cuál iba a ser su aplicación.

lugar el descubrimiento de la estructura del ADN por James Watson y Francis Crick, que propulsó la ciencia de la biología molecular y logró enormes avances en biotecnología (¿una anticipación de la convergencia de los entornos virtual, físico y biológico?). ¡Estaban establecidas las bases para la Tercera Revolución Industrial!

Desde la invención del transistor y la construcción del primer circuito integrado, se ha ido produciendo un incremento exponencial de la capacidad de proceso y almacenamiento de información digital, según una ley que en su día acuñó con su propio nombre Moore (8), la cual establecía que la capacidad de los microprocesadores se duplicaría cada 24 meses (en realidad en las últimas décadas viene ocurriendo cada 18 meses). Esta progresión geométrica en la capacidad de cálculo ha sido el verdadero motor que ha impulsado la revolución digital durante las últimas décadas. Nadie mejor sintetiza su esencia que Nicholas Negroponte cuando en su clásico manifiesto *Being Digital* lo encapsuló en estos términos: «Hacer con *bits* lo que antes se hacía con átomos», el fundamento real de la incipiente revolución digital.



Gráfico 1.

(8) Gordon Moore fue fundador de Fairchild Semiconductor y CEO de Intel.

Posteriormente, la aparición de internet y de los algoritmos de búsqueda *World Wide Web* abrieron la posibilidad de acceder a una nueva dimensión digital y a la conectividad global: la actual versión de la imprenta de Gutenberg. El gráfico 1 nos muestra los grandes ejes en los que se están produciendo los avances de la revolución digital. Estos, unidos a la capacidad de cálculo de la que hoy disponemos, a los nuevos algoritmos combinados con redes neuronales que están propiciando el despegue de la inteligencia artificial y a la posibilidad de transferir enormes cantidades de información entre personas y máquinas (IoT), nos permiten trasladar tareas del dominio físico al dominio virtual digital, que es la verdadera esencia de la Cuarta Revolución Industrial.

Piense el lector, por ejemplo, lo que supone que en un proceso productivo el diseño de un sistema complejo pueda realizarse completamente de manera digital sin un solo plano, simular previamente todas las posibles estrategias constructivas en el dominio virtual, generar las órdenes de compra digitalmente, validar el diseño mediante realidad virtual y generar órdenes de trabajo y procedimientos de pruebas prescindiendo de toda la documentación escrita. En otras palabras, la revolución digital nos permite integrar prácticamente toda la cadena de valor en el dominio cibernético. El eslogan del «teclado al cliente» sintetiza perfectamente la esencia de esta transformación.

La Armada en la Cuarta Revolución Industrial

Como ya indiqué en la introducción, en las próximas décadas la Armada tendrá que acometer una profunda transformación para adaptarse al cambio que impondrá en todos los ámbitos la dinámica de la Cuarta Revolución Industrial. Si nos sirve de referencia lo que ocurrió durante la gran revolución tecnológica e impulso industrializador del XIX, cabe esperar que se produzcan cambios significativos en la estructura de la Fuerza, en la organización, en la política de personal, en la logística, en los procesos de adquisición y en la remodelación de la base tecnológica e industrial. De manera similar a lo que aconteció entonces, estos tendrán lugar en una sociedad que, a su vez, estará sufriendo una metamorfosis en lo político, en lo social y en lo económico.

Resulta imposible esbozar —ni siquiera a grandes trazos por la brevedad que exige este trabajo— las implicaciones del poder transformador que tendrán tecnologías como la inteligencia artificial, el 5G, el *big data*, el internet de los objetos (IoT), la realidad virtual, el proceso en la nube, la impresión 3D, etc. Mucho menos aún predecir el efecto de nuevas armas —vehículos y misiles de hipervelocidad, láseres de alta potencia, cañones electromagnéticos, armas no cinéticas...— que todavía se encuentran en estado embrionario de desarrollo, pero que sin duda alguna están destinadas a jugar un papel importante en la guerra naval en el futuro inmediato. Por eso, me limitaré de manera forzosamente superficial a exponer algunas reflexiones sobre el



Gráfico 2.

impacto que ejercerá la presente revolución industrial en las áreas generales anteriormente citadas (9).

Algo de historia como referencia

¿Nos ayudaría acudir a la historia más reciente para predecir los cambios que para la Armada supondrá el impacto de la actual revolución industrial? La referencia más cercana es la época de la gran transformación naval en la segunda mitad del XIX.

Aunque el carácter de la presente transformación y sus efectos serán de naturaleza radicalmente diferente a los de entonces, existen ciertas similitudes entre las consecuencias para las marinas de la época y las que podemos esperar ahora. Suponiendo que las fuerzas de cambio actúen de manera similar a lo que lo hicieron en la de la Revolución Industrial, no resultaría arriesgado predecir que el factor determinante de la futura transformación naval será el gran avance tecnológico ya iniciado, que en una fase inicial no parecerá

(9) Ver gráfico 2.

espectacular, pero que en unas pocas décadas adquirirá un carácter exponencial que acarreará profundas repercusiones para el mundo naval.

La lección que podemos extraer de entonces es que la confluencia del desarrollo tecnológico acelerado que experimentaron en aquel período Europa y Estados Unidos (posteriormente otros países como Japón) y la competición por el reparto de poder en el nuevo orden internacional que se estaba dibujando supusieron, por ejemplo, que la potencia naval del momento pasase en cien años del *Victory* al *Dreadnought*.

Comprender ese enorme salto tecnológico requiere que nos paremos a analizar con algo de detalle las causas que lo originaron y los efectos que produjo. Una década después del final de las Guerras Napoleónicas, las flotas de las potencias navales aún estaban constituidas por mastodónticos buques de línea, de mayor desplazamiento que sus antecesores del siglo anterior pero que no incorporaban innovaciones tecnológicas significativas, ni en los métodos constructivos ni en el armamento que montaban. Pero el continuo perfeccionamiento en el diseño de máquinas de vapor navales, juntamente con la innovación de la hélice, impulsaron el inicio de la primera gran transformación naval desde Trafalgar (10), lo que Bernard Brodie llamó «la era de la máquina en la guerra naval» (11). La adopción de la propulsión a vapor supuso una nueva dimensión en el empleo táctico y en el estratégico. Ahora, el despliegue global de las flotas estaba ligado a la logística del carbón, lo que a su vez tuvo implicaciones en la política exterior de las potencias navales para asegurarse el acceso a estaciones de carboneo.

El siguiente gran factor de cambio lo constituyó la paulatina aparición de la coraza y la extensa aplicación del hierro a la construcción naval, propiciado por el impresionante avance de la metalurgia e impulsado por las innovaciones en la artillería, que convertirían en obsoletos los buques de línea de madera en pocos años. ¡La gran transformación naval sería ya imparable!

En los Estados Unidos existe la impresión generalizada de que fueron el *Merrimack* y el *Monitor* los que iniciaron la época de los acorazados, y que el combate de Hampton Roads en 1862 fue el hito que la inauguró; pero en realidad, aun admitiendo lo innovador de ambos diseños —especialmente en lo referente a novedades como el montaje giratorio del *Monitor*—, ninguno de los dos buques podía considerarse realmente oceánico desde el punto de vista del empleo naval. La verdadera innovación de la aplicación de la coraza, hay que atribuírsela al francés Henri Dupuy de Lôme; su diseño de un buque

(10) Aunque no es el momento, resulta ilustrativa —repassando la correspondencia de Nelson— la poca visión que tenía de las implicaciones para la Royal Navy que supondrían los cambios tecnológicos que ya se estaban produciendo.

(11) BRODIE, Bernard: «Sea Power in the Machine Age». *Princeton University Press*, 1941.

de línea con blindaje metálico propulsado a vapor y de hélice, *La Gloire* (12), puede considerarse el primer acorazado oceánico y el inicio de una línea evolutiva y de una carrera armamentística entre las marinas europeas que durará hasta Jutlandia.

La botadura de *La Gloire* supuso una verdadera sorpresa tecnológica y un revulsivo para el Almirantazgo británico. Una flota francesa de buques acorazados podría tener alarmantes consecuencias estratégicas, ya que amenazaba el control del Canal y abría la posibilidad a una invasión desde el continente. La reacción británica no se hizo esperar con la botadura en tiempo récord del *Warrior*, un verdadero acorazado con estructura de hierro que incorporaba conceptos novedosos que influirían en el futuro de la construcción naval militar. ¡Había comenzado la era del acorazado!

Pero para no perderse en demasiadas consideraciones históricas, conviene concluir que la radical transformación tecnológica que experimentó la guerra naval en el período que va desde Trafalgar —último gran combate naval de la marina vélica— hasta Jutlandia —última gran confrontación de acorazados— supuso que en menos de cien años las marinas de las potencias navales habían cambiado de tal manera que un acorazado de principios del xx no guardaría ninguna similitud con un buque de línea de los que combatieron en Trafalgar. Un marinero de la Gran Armada no tendría mayor dificultad para adaptarse a la dotación del *Santísima Trinidad*, pero no podríamos decir lo mismo de un tripulante de este buque que trasladásemos a un acorazado de la clase *España*. Si se me permite el símil —aunque burdo, ilustrativo—, para imaginarnos la transformación que nos puede esperar, supongamos que al TAO (13) de la fragata *Álvaro de Bazán* lo desplazásemos al CIC de una hipotética unidad de la clase *Lugo* que se botará en el 2050. ¿Cuál sería su reacción?

La lección de la Revolución Industrial es que los cambios tecnológicos, aunque en el comienzo puedan parecer prudentes e incrementales, acaban por acelerarse y producir una profunda y radical transformación en el diseño de las unidades, en la composición de la Fuerza, en la organización y política de personal y en la base tecnológica industrial.

Hacia una diferente estructura de la Fuerza: el concepto de fuerza híbrida

Del anterior breve análisis histórico se deduce que hasta mediados del XIX el efecto de la Revolución Industrial en el mundo naval fue bastante limitado,

(12) Botado en 1859.

(13) *Tactical Action Officer*.

pero que el posterior impulso industrial propició numerosas innovaciones y dio lugar a la aparición de continuos nuevos diseños y a un cambio radical en la composición de las flotas. En la segunda mitad del siglo, se inició un período de prueba y error, durante el cual proliferaron todo tipo de buques, algunos realmente estrafalarios, que se prolongó hasta que en los albores del xx la aparición de los acorazados de la clase *Dreadnought* (14) estableció un modelo que, con diferentes versiones, seguirían ya la mayoría de las marinas hasta la Segunda Guerra Mundial. Creo necesario subrayar que es en esa época cuando la combinación del motor de combustión interna y la innovación del torpedo dieron lugar a una verdadera arma disruptiva que revolucionaría la guerra naval: el submarino.

Pero volviendo al presente, y a la vista de lo que ocurrió en el siglo xix, cabría preguntarse qué transformación naval nos espera en la Cuarta Revolución Industrial. Si la revolución tecnológica de entonces permitió, como ya indiqué, en menos de cien años dar el salto de Trafalgar a Jutlandia, sería *naif* pensar que un cambio mucho más profundo, extenso y acelerado —como el que se espera sea el actual— no vaya a originar un impacto a mucha mayor escala y en un período mucho más corto. Es verdad que aún no estamos viendo los efectos de la Cuarta Revolución en el ámbito naval, pero esa circunstancia hay que atribuirlo más al hecho de que aún nos encontramos en la parte lineal del cambio, pero ya podemos apreciar que aparecen signos inequívocos de que nos aproximamos a la zona de despegue exponencial, durante la cual, si no me equivoco, entraremos en un período de pruebas y errores similar al de la segunda mitad del xix hasta que vaya surgiendo un nuevo modelo de flota que termine siendo la norma en las principales marinas.

En lo que se refiere a la Armada, su futura arquitectura de la Fuerza lógicamente estará determinada, en primer lugar, por los requisitos que se deriven de la necesidad de mantener la capacidad de operar, dentro del marco de nuestras alianzas, en los futuros entornos operativos (15). En segundo término, por la evolución de la tecnología (16), por la capacidad de nuestra base industrial y por la disponibilidad presupuestaria. No hay duda de que otro factor a tener en cuenta es que, por razones de interoperabilidad, será necesario mantener cierta similitud con la estructura de las flotas de nuestros aliados, en particular con la US Navy.

(14) El HMS *Dreadnought* fue botado en 1906. Supuso una verdadera revolución por sus innovaciones: toda la artillería del mismo calibre, propulsión con turbinas de vapor y coraza compuesta.

(15) *Entorno Operativo 2035*. Ministerio de Defensa.

(16) Uno de los efectos de la Cuarta Revolución Industrial es la rápida difusión de la tecnología, sobre todo la comercial. Un potencial contrincante va a tener fácil acceso a una gama de tecnologías muy similares a las que podamos poseer en la Fuerzas Armadas.

A la hora de predecir el futuro, hay que considerar que cambios imprevisibles en el escenario geopolítico, debidos al efecto de nuevas tecnologías disruptivas o a la aparición de amenazas imprevistas, podrán suponer una discontinuidad que puede tener un efecto determinante a la hora de definir la estructura de la Fuerza del futuro. El reto de planificar en un escenario enormemente fluido e incierto no es único para la Armada; a este mismo desafío se enfrentan otras marinas aliadas (17).

Ya indiqué anteriormente qué aspectos derivados de la evolución del escenario geopolítico caen fuera de la intención y alcance de este artículo, por lo que me circunscribiré exclusivamente a los técnicos, aunque soy plenamente consciente de que no siempre es posible disociar los efectos que se producen como consecuencia de los avances científicos y técnicos de los originados por los nuevos requisitos operativos surgidos por los cambios de la situación internacional.

Robotización, vehículos autónomos y concepto de fuerza híbrida

Pero intentemos dar respuesta a la pregunta fundamental que hemos formulado antes sobre el tipo de transformación que deberíamos esperar en el ámbito naval en la Cuarta Revolución Industrial y, concretando aún más, cuál de los factores será el que influya en mayor medida en la composición de las flotas. Pues bien, si tuviese que identificar uno de ellos, me inclinaría por el que, en mi opinión, jugará el papel crucial en la futura transformación naval: la robotización.

El factor que contribuirá de manera decisiva a la siguiente gran transformación naval será la incorporación de vehículos autónomos inteligentes no tripulados a todos los dominios de la guerra naval.

No hay duda de que en un futuro previsible el elemento central de las flotas lo seguirán constituyendo unidades tripuladas más o menos convencionales, pero la tendencia que ya se observa es que una amplia variedad de tipos de vehículos autónomos (de superficie, submarinos y aéreos) se irán paulatinamente incorporando a las marinas. Su creciente y generalizada utilización naval tendrá un doble efecto: por un lado, influyendo en el propio diseño de

(17) El Congreso de los Estados Unidos ha ordenado recientemente tres estudios independientes sobre la composición de la US Navy en la década de 2030: uno a la consultora MITRE, otro al Center for Strategic and Budgetary Assessments (CSBA) y a la US Navy.

las futuras unidades tripuladas, ya que estas tendrán que poder desplegar, lanzar, recuperar y apoyar ese tipo de vehículos y operar conjuntamente con ellos; por otra parte, un efecto mucho más importante, que consistirá en la evolución de la estructura tradicional de las flotas que hoy conocemos a otra totalmente revolucionaria de tipo híbrida, compuesta de unidades tripuladas y no tripuladas autónomas, integradas en una única fuerza operando conjuntamente en un espacio de combate digital hiperconectado (18). Esta será la gran transformación naval de la Cuarta Revolución Industrial. Pero antes de particularizar las consecuencias que para la Armada supondría adoptar el concepto de fuerza híbrida, me parece de interés analizar de manera más general las implicaciones de la aparición en el escenario naval de vehículos autónomos.

En las próximas décadas, la confluencia de avances en las diferentes tecnologías digitales (19) e innovaciones en sistemas de propulsión, generación y almacenamiento de energía, utilización de nuevos materiales y desarrollos en inteligencia sintética (AI) y técnicas de aprendizaje máquina (ML) permitirán que de manera creciente vehículos inteligentes y totalmente autónomos (20) realicen funciones —a una fracción del coste y asumiendo menor riesgo— que hasta ahora estaban tradicionalmente reservadas a plataformas y vehículos tripulados.

Los futuros sistemas autónomos poseerán la capacidad de integrar la información de sus propios sensores con otros distribuidos en la Fuerza y procesarla en tiempo real con sus propios medios o mediante «procesos en la nube», estar conectados mediante diferentes redes tácticas con otras unidades también autónomas o tripuladas y tomar las adecuadas decisiones sin necesidad de recibir instrucciones externas, de acuerdo con sus ROE (21). No se oculta al lector las implicaciones éticas y legales que presentarán estos sistemas a medida que se extienda su aplicación militar.

Pensando exclusivamente en su empleo naval, es conveniente analizar algunos aspectos específicos relacionados con su operatividad. El primero de ellos es la interoperabilidad; si el requisito es que estos vehículos formen parte integral de una fuerza híbrida hiperconectada, deben poseer la capacidad de integrarse en ella de manera inmediata. En otras palabras, la interoperabilidad debe consistir en incorporarse, «enchufarse» y combatir de manera automática, sin tener que recurrir a complejos procesos que requieran reconfigurar redes y sistemas.

En cuanto a la autonomía, hay dos aspectos diferentes a considerar: uno es el que se refiere a los sistemas de propulsión y de almacenamiento de energía

(18) «Guerra 4.0», REVISTA GENERAL DE MARINA, abril 2019.

(19) Ver gráfico 1.

(20) Autónomos en el sentido que pueden operar sin un operador en el lazo de control.

(21) *Rules of Engagement*.

que permitan un tiempo de misión aceptable para su específico empleo táctico. El otro es el relativo a su capacidad de operar en modo totalmente autónomo e independiente, sin necesidad de la intervención de un operador externo. Esa característica requiere, en primer lugar, dependiendo del tipo y eficiencia de sus propios sensores y de la capacidad de proceso, «comprender» el entorno, simularlo y actuar en consecuencia. Tener una visión completa de su zona de operación, realizar la evaluación de la amenaza y tomar las decisiones de ataque requiere algoritmos de inteligencia sintética y de aprendizaje máquina muy avanzados y fiables.

Otra consideración a tener en cuenta es que—por las lógicas restricciones de espacio, peso y energía— en algunos tipos de vehículos no fuese factible integrar a bordo toda la capacidad de proceso necesaria para el desarrollo de su misión, lo que requeriría recurrir a «proceso en la nube» y, consecuentemente, a redes tácticas de tiempo real que aseguren la interfaz con la plataforma nodriza. Si considerásemos una autonomía más amplia que incluyese el empleo de armas propias, el problema se haría aún más complejo.

Pero quizás un área más problemática —que requerirá aún mayor investigación— es la referente a la interfaz hombre-máquina. Para operar en una fuerza híbrida en la que operadores humanos y máquinas inteligentes interactúen en tiempo real no solo se requieren nuevos conceptos operativos, sino que hay temas técnicos y psicológicos de funcionamiento que necesariamente habrá que analizar.

¿Está aún lejana la implementación del concepto de fuerza híbrida? Revisando la literatura profesional, resulta evidente que la incorporación de estos vehículos a las flotas, aunque a ritmos diferentes (dependiendo de las aplicaciones específicas y los requisitos operativos de cada caso), es una tendencia generalizada e irreversible; el campo de batalla ya se está digitalizando y robotizando de forma acelerada. En el espacio que ocupa un artículo no es posible realizar una revisión, ni siquiera somera, de lo que está ocurriendo en este campo, pero con el fin de ilustrar al lector sobre las tendencias que empiezan a dibujarse me permito citar algunos casos que creo resultarán ilustrativos.

Es bien conocido que la US Navy lleva años experimentando con prototipos el posible impacto que puede suponer la incorporación de los vehículos autónomos a su estructura de Fuerza. En los Estados Unidos se ha publicado una ingente cantidad de informes —disponibles en términos asequibles al público en general— generados tanto por la propia Marina como por el mundo académico, consultores, instituciones oficiales de la Administración y por el Congreso. Revisarla metódicamente requeriría un equipo dedicado y el trabajo de varios meses, pero analizando las conclusiones todos ellos concuerdan en la misma recomendación general: la US Navy debe ser proactiva y prepararse para un modelo de Flota de estructura más distribuida, en el que las plataformas autónomas de superficie, submarinas, aéreas y anfibias pasen a formar parte integral de la Fuerza.

El debate en los Estados Unidos de cara a una fuerza distribuida e híbrida gira actualmente en torno a preguntas como: ¿existe suficiente evidencia analítica de cuál debería ser la proporción entre plataformas tripuladas y autónomas?, ¿cuáles son las implicaciones presupuestarias?, ¿existe un concepto operativo que avale la decisión de una fuerza distribuida?, ¿cuál es el riesgo de derivar parte del presupuesto a implementar este concepto en vez de apostar por unidades tradicionales?, ¿está la base industrial preparada para dar respuesta a esta nueva estructura de la Fuerza?, ¿cuáles son las implicaciones para el personal? Aunque, si hiciésemos un ejercicio intelectual de imaginación, seguro que veríamos a los responsables de las marinas de 1850 haciéndose preguntas similares referentes a incorporar o no los nuevos avances tecnológicos a las flotas, ¡sin embargo, el cambio ocurrió!

La base tecnológica e industrial de la Cuarta Revolución Industrial. Industria 4.0

En el futuro, como ahora, no será posible contar con una fuerza naval moderna, compleja, equilibrada y eficiente sin el apoyo de una amplia base industrial, tecnológicamente avanzada, económicamente viable y capaz de competir en el mercado internacional (22). Para disponer de una flota a la altura de las exigencias de nuestra defensa y que nos permita contribuir a la seguridad compartida con nuestros aliados, resultará imprescindible mantener, en la medida de lo posible, la capacidad de nuestra base industrial para diseñar construir y sostener las plataformas e integrar en ellas los sistemas de armas más complejos.

En el pasado, mantener estas capacidades ha sido siempre considerado un activo estratégico para la Armada, pero en el ambiente de cambios permanentes y de creciente integración de los entornos digital y físico que impondrá la Cuarta Revolución Industrial esa necesidad resultará aún más esencial. En general, las plataformas, asumiendo un diseño con suficientes márgenes y que estén convenientemente mantenidas, pueden estar en servicio sin grandes modificaciones durante varias décadas (23). Sin embargo, sus sistemas estarán sometidos a evolucionar al ritmo impuesto por el mercado y por los cambios del entorno operativo. En tales circunstancias, conservar la capacidad de combate de las unidades solamente será factible si se dispone de los necesarios recursos tecnológicos e industriales propios; no sería viable, ni desde el punto de vista económico ni operativo, que para el apoyo del ciclo de vida hubiese que acudir

(22) Como más tarde se expondrá, no sería viable mantener a una amplia base industrial dependiendo únicamente del presupuesto del Ministerio de Defensa.

(23) El bombardero B-52 es el claro ejemplo de cómo una misma plataforma se ha ido adaptando a diferentes misiones.

permanentemente y depender únicamente de contratistas extranjeros. Sobre todo si tenemos en cuenta que los tiempos de reposición que imponga la obsolescencia tenderán a ser cada vez más cortos, lo que exigirá constantes actualizaciones de *hardware* y *software*. Por consiguiente, el desafío consistirá en poder contar con una industria propia adaptada a las futuras necesidades de la Armada, pero transformada para que pueda operar en un tejido productivo global cuyo paradigma será lo que se conoce como Industria 4.0.

Tradicionalmente, los astilleros públicos han constituido el componente fundamental de nuestra base industrial, complementados con una capacidad propia para sistemas, excelente pero limitada, aportada por lo que fue inicialmente FABA (24). En cuanto a sistemas electrónicos, además de INDRA —indiscutible industria de referencia para muchos de nuestros equipos—, se fue creando un reducido pero eficiente ecosistema de empresas variadas expertas en diversas áreas, pero todas de tamaño también reducido. Para la adquisición de sistemas y armas complejas siempre, dependiendo del programa y caso por caso, hubo que recurrir al exterior.

Nadie puede poner en duda el recorrido de éxito que ha realizado la industria naval militar española en las últimas décadas del pasado siglo. Creo conveniente recordar que en ese período pasamos de recibir unidades de la US Navy, en su última etapa de vida operativa, a convertirnos en una industria con la capacidad de diseñar, construir e integrar los sistemas de combate más avanzados del momento, lo que permitió dotar de las unidades más capaces a nuestra Armada. ¡Todas las actualmente en servicio han sido diseñadas y construidas por la industria nacional!

El éxito no se circunscribió únicamente a dotar y apoyar a una Armada tecnológicamente avanzada, equilibrada, comparable a cualquiera de las marinas de los países de nuestro entorno; el gran triunfo consistió en los logros en la exportación. Hay que recordar los tres portaaviones —uno a Tailandia y dos a Australia—, las cinco fragatas a Noruega, los tres destructores a Australia, los submarinos a Chile y a Malasia y diversas unidades de combate menores a otros países. Y lo destacable es que estos contratos se lograron en competición con los mejores astilleros del mundo, aunque es justo reconocer que en este complicado camino también se cometieron errores.

Un modelo de éxito simple y eficaz, basado en tres pilares: los astilleros públicos como elemento tractor y aglutinador de todo el tejido industrial que forma este sector estratégico; la Armada como impulsora de conceptos innovadores y siempre dispuesta a apostar por la industria nacional, y por último, haber contado siempre con un socio tecnológico que garantizase el éxito y que redujese riesgos. Todo esto no hubiera sido posible sin un sistema de financiación innovador, que permitió acometer los programas de renovación de la

(24) Fábrica de Artillería.

Fuerza, que hubieran sido inviables únicamente con el presupuesto de la Armada. Este modelo durante varias décadas ha permanecido sin cambios apreciables, pero últimamente empieza a dar señales de agotamiento.

Pero ahora se avencinan tiempos de cambio y hay que prever que el tejido productivo español va inevitablemente a soportar una importante transformación en las próximas décadas a medida de que se hagan sentir en extensión y profundidad los efectos de la Cuarta Revolución Industrial, y desde luego la industria naval militar no se va a quedar al margen. Hay que prever que la base industrial en la que se apoya la Armada sufrirá una profunda reconversión.

Permítaseme de nuevo recurrir a nuestra referencia histórica. En España, los efectos de la Revolución Industrial fueron tardíos —muchos autores consideran que no solo fue tardía, sino que supuso realmente un fracaso— (25). A las puertas del cambio de siglo, España aún seguía siendo un país de base agraria; el fracaso de las amortizaciones, las políticas industriales equivocadas y, en general, la incapacidad de adaptarse a las realidades de un mundo en transformación nos hicieron perder la oportunidad de aprovechar el gran impulso industrializador que transformó a los países de nuestro entorno.

Pero si analizamos lo que supuso para la Armada, conviene recordar que a lo largo de todo el siglo XIX —que, como dije, es durante el cual en Europa se produce el gran impulso industrializador— la industria naval militar estaba básicamente constituida por los arsenales y la incipiente industria siderúrgica del norte y Cataluña. Persistía prácticamente la misma estructura orgánica que se había establecido en el siglo anterior, debida al gran esfuerzo que se realizó a la llegada de la dinastía de los Borbones. Sin embargo, los arsenales, que constituyeron la columna vertebral de la construcción naval militar durante la segunda mitad del siglo XVIII, no pudieron adaptarse al ritmo de cambios que trajo la Revolución Industrial. No fue hasta que el Plan Ferrándiz, ya entrados en el siglo XX, afrontó la dura realidad de los arsenales y se procedió a privatizar la construcción naval mediante un modelo industrial que, desde entonces, ha ido sufriendo cambios consecutivos, pero cuyo esquema —hoy como astilleros públicos— básicamente ha sobrevivido hasta nuestros días.

La lección es que, de manera similar a lo ocurrido en el siglo XIX, los efectos de la Cuarta Revolución Industrial provocarán una profunda transformación del tejido industrial nacional, lo que nos obliga a preguntarnos: ¿tendrá esta vez la industria la capacidad de adaptarse a los cambios que imponga la presente revolución industrial? No creo que nadie esté en condiciones de adivinar qué tipo de reestructuración nos depararán los próximos decenios, pero lo que sí podemos prever es que el tejido industrial en el que se apoya hoy la Armada va irreme-

(25) NADAL, Jordi: *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913*. Editorial Ariel.

diablenamente a sufrir una profunda transformación, impulsada y modulada por el que a su vez experimenten el nacional, el europeo y el global.

Pensando en las nuevas necesidades, no cabe duda de que en un futuro previsible los astilleros públicos (26) tendrán que seguir formando parte importante de la industria naval militar, pero seguramente con un menor perímetro, jugando un papel diferente al que tienen hoy y, desde luego, habiendo sufrido una profunda reestructuración. Si la Flota evolucionase hacia una fuerza híbrida, ¿continuarían siendo los astilleros públicos el tractor y aglutinador de la base tecnológica-industrial de la Armada?

Aceptando la hipótesis de una futura fuerza híbrida, ello significará una Flota compuesta por un número más reducido de plataformas complejas y de alto coste —probablemente fragatas pura sangre antiaéreas (27)—, unidades «nodriza» más asequibles y que no requieran tal complejidad, otras de medio porte y un creciente número de vehículos y plataformas no tripuladas autónomas cada vez más complejas y tecnológicamente más avanzadas. En este supuesto, el papel del astillero integrador y contratista principal empieza a desdibujarse y quizás surja la necesidad de un «sistemista» responsable de la integración total del sistema fuerza y de su apoyo durante el ciclo de vida. Hay que tener presente que otro efecto de ese modelo es que buena parte de la complejidad tecnológica se transfiere a las plataformas autónomas, lo que a su vez crearía la necesidad de una nueva estructura industrial, capaz de diseñar, construir, integrar y apoyar durante el ciclo de vida a estos vehículos.

Un tema que requiere alguna reflexión adicional es el relacionado con la sostenibilidad de nuestra industria naval militar. Podría alegarse que el tema de exportación es exclusivamente comercial y que, por lo tanto, únicamente le incumbe a la industria, y de manera más directa a los astilleros públicos; pero el hecho es que perder nuestra capacidad exportadora puede tener profundas consecuencias que podrían afectar a la capacidad de diseñar, construir y apoyar a nuestra propia fuerza naval, con las consiguientes implicaciones para la defensa nacional. La industria naval militar no podrá sobrevivir únicamente a costa de los programas navales y el presupuesto de defensa; resulta imperativo exportar. Pero deberíamos preguntarnos si estamos ya perdiendo músculo exportador y si nuestra base industrial será capaz de competir en la Cuarta Revolución Industrial (28).

(26) La estructura económica y empresarial de España no parece que en un futuro previsible permitiese que un astillero privado asumiese el riesgo económico que supone un programa naval.

(27) No es previsible transferir la capacidad antiaérea y ATBM a plataformas remotas en un próximo futuro.

(28) En cuestión de meses, la industria naval militar española ha perdido dos de los grandes contratos de fragatas del mercado internacional: el concurso de las Sea 5000 Future Frigate Program en Australia y el Canadian Surface Combatant (CSC) en Canadá. En total, un

Resulta imperativo que, para apoyar a la Armada para que siga siendo competitiva en el mercado exterior, la industria naval militar de la Cuarta Revolución Industrial se reestructure y adapte al modelo de Industria 4.0.

El éxito en la exportación no se circunscribe únicamente a un tema económico, ganar concursos en el mercado internacional es un índice de la capacidad de innovación, calidad y eficiencia económica y técnica. Sería ingenuo pensar que el mercado de exportación militar se rige por las leyes de la oferta y la demanda; cualquiera que medio conozca este mercado sabe que existen variables geopolíticas, de política interna, intereses económicos e industriales, exigencias de transferencia de tecnología, etc., que pesan a la hora de la decisión final en la adquisición de un sistema de armas. Sin embargo, lo indiscutible es que estas variables normalmente solo cuentan si el producto que se oferta está en términos de prestaciones, riesgo y coste en una banda del 10 por 100 con respecto a la media de los demás competidores. Sin embargo, no sería buena política admitir sencillamente que los concursos internacionales se pierden por esas causas, que sin duda distorsionan el mercado, y no por lo que están haciendo bien nuestros competidores.

Hay ciertos síntomas preocupantes de que nuestra industria puede estar perdiendo su músculo exportador y que los competidores nos están desplazando del lugar privilegiado del que gozábamos en el mercado de la gama superior de fragatas; una situación de liderazgo que habíamos logrado con el éxito de nuestro programa de *F-100*, que dio lugar a las consiguientes exportaciones a Noruega y Australia. E incluso más preocupante es que esta situación puede significar que hemos perdido nuestra capacidad de innovación y no estamos ofreciendo el producto que demanda el mercado, que nuestra productividad no es competitiva, que nuestra acción exterior no es la idónea o que no estamos adaptándonos a los nuevos modelos de negocio.

Sin entrar a realizar un análisis en profundidad, que excedería la intención inicial de este artículo, lo que sí creo oportuno es plantear si nuestra industria esta evolucionando al ritmo que imponen las nuevas tecnologías para adaptarse al paradigma de la Industria 4.0. Soy plenamente consciente

montante de 24 fragatas y la puesta a punto de dos astilleros en ambos países. Y en el momento de escribir este artículo, la USN ha comunicado que ha asignado el contrato de la *FFG(X)* al astillero Fincantieri. Bien es verdad que en el segmento inferior de buques de superficie, lo que podríamos denominar corbetas, recientemente se ha conseguido un importante contrato que supone un considerable número de horas para los astilleros. Pero esto no asegura mantener el nivel tecnológico que deben tener nuestros astilleros.

del gran reto que supone el cambio, pero sencillamente no hay otra opción que evolucionar y adaptarnos si queremos mantener este activo estratégico porque es mucho lo que está en juego. ¡No perdamos la oportunidad y afrontémoslo!

Algunas reflexiones finales

Las próximas unidades que pasarán a formar parte de la Flota —los submarinos de la clase *S-80* y las fragatas *F-110*— han empezado su diseño o están ya en la grada, se irán incorporando a la Fuerza a partir de los años treinta y permanecerán en servicio hasta más allá de mitad de siglo, cuando se espera que la presente revolución tecnológica esté en plena expansión. Es, por lo tanto, previsible que estas unidades tengan que afrontar las obsolescencias que se produzcan, incluso antes de su entrada en servicio y posteriormente, durante todo su ciclo de vida e integrar nuevos sistemas de armas; y por otro lado, acometer las modificaciones que les permitan operar en una futura flota distribuida híbrida. Las transformaciones debidas a las obsolescencias se producirán principalmente por la propia dinámica de la actual revolución tecnológica, que impulsa ciclos de desarrollo de los componentes cada vez más cortos, pero también por los continuos cambios del tejido industrial, que afectarán a todas las cadenas de suministro. El ADN de la revolución industrial que estamos viviendo estará marcado por el continuo reajuste en la configuración de los productos y en la reducción de los tiempos de desarrollo, producción y lanzamiento al mercado. La Ley de Moore no se limita hoy a los procesadores, sino que se está también cumpliendo en el ciclo de renovación de muchos artículos ciberfísicos. ¿Cada cuánto renovamos nuestro teléfono móvil? Teniendo además en cuenta, aunque no sea ni el momento ni el lugar para debatir el tema, que hay que prever que se avecina un cambio disruptivo que está a la vuelta de la esquina: los procesadores cuánticos. Es decir, en un escenario de cambios exponenciales como el que se espera, incluso las unidades en construcción sufrirán modificaciones de todo tipo antes de su entrega, que afectarán especialmente a la arquitectura de su sistema de combate (29) y en general a todos sus componentes digitales. ¿Puede alguien imaginarse cómo será un CIC de una fragata *F-110* en 2050?

Nadie puede predecir los cambios que nos esperan en las próximas tres o cuatro décadas —lo mismo que hubiera sido imposible en 1815 predecir los que se producirían cincuenta años más tarde—, pero sería un error hacer extrapolaciones lineales para el futuro basadas en las capacidades tecnológicas actuales. Piénsese, por ejemplo, en la evolución que puede sufrir la interfaz

(29) Esta no es una situación nueva; en el programa de las fragatas *F-100* hubo que cambiar todos los procesadores del sistema de combate antes de la entrega de la primera de la serie.

hombre-máquina, en las implicaciones que supondrá la incorporación de la realidad virtual en las presentaciones tácticas o en el papel en la toma de decisiones de los futuros algoritmos avanzados de inteligencia artificial y de aprendizaje máquina. Nadie puede saberlo, pero lo que sí hay que prever es que ocurrirán inevitablemente. No hay una fórmula mágica para afrontar esas transformaciones imparables; la única solución es recurrir a estrategias de «diseños al cambio», es decir, diseños con suficientes márgenes de espacio, peso, potencial eléctrico, modificaciones en la superestructura, etc., que le permitan adaptarse a las continuas modificaciones durante el ciclo de vida e incluso durante la construcción, y así integrar sin grandes modificaciones nuevos sistemas de armas. ¡El cambio continuo es el signo de la Cuarta Revolución Industrial!

Los previsible avances de la presente revolución industrial (30) teóricamente permitirán implementar el concepto mencionado anteriormente de una fuerza híbrida; no será un problema técnico. Sin embargo, la transición de una Flota tradicional, tal como hoy la concebimos, a otra de arquitectura distribuida no es algo trivial, hay muchas consideraciones de todo tipo a tener en cuenta (31). En cualquier caso, esa sería una transición gradual que requeriría acometer el desarrollo y la adquisición de un considerable número de nuevas plataformas autónomas no tripuladas.

Como ejercicio puramente intelectual, analicemos ahora lo que supondría para la Armada optar por una hipotética fuerza híbrida. Asumiendo que en el período comprendido entre 2030 y 2050 se mantuviese el objetivo de fuerza, los programas actuales en construcción no resolverían el problema del número de unidades requeridas. Si ese fuese el caso, es decir, si se quisiese mantener una capacidad similar a la actual, la Armada necesitaría acometer al menos —aparcando muchas otras necesidades y requisitos— los siguientes grandes programas: una nueva generación de submarinos, la siguiente generación de fragatas, un nuevo LHD como mínimo, renovación de los buques anfibios, de los medios de cazaminas y también del ala fija del Arma Aérea.

La cuestión que se plantea es la enorme inversión que requeriría un programa de renovación de tal envergadura, lo que nos conduce a la conclusión de que puede ser que una estructura de fuerza híbrida no sea una opción, sino una necesidad. El *trade-off* consistiría en decidir cuál es la combinación óptima entre plataformas tripuladas «pura sangre» de alta tecnología y elevado coste, plataformas «nodriza» de menos nivel tecnológico y menor coste y un número indeterminado de vehículos y plataformas autónomas más baratas.

(30) Ver gráfico 1.

(31) Remito al lector a las preguntas formuladas en el punto anterior de este artículo, referentes a robotización y vehículos autónomos.



Sea Hunter de DARPA.

El caso de plataformas autónomas de superficie (USV) es especial, ya que la mar seguirá imponiendo sus implacables condiciones. Si realmente se quiere disponer de una flota híbrida oceánica, las unidades autónomas deben estar diseñada para condiciones de estado de la mar y meteorológicas similares a las que se especifican para una tripulada; esto supone que necesariamente habrá que recurrir a vehículos de un considerable desplazamiento, del tipo LUSV (32) y MUSV (33) en el rango de unas 2.000 toneladas de desplazamiento. Estas unidades tendrán que desplegarse por sus propios medios desde su base a la zona de operaciones, lo que supondrá la necesidad de disponer de un amplio apoyo logístico y solucionar problemas técnicos, como el de aprovisionamiento en la mar. Esta es un área aún en sus pasos iniciales, como ya se indicó anteriormente, y la única marina que tiene planes sólidos para adquirir plataformas autónomas oceánicas es la US Navy (34). Después de años experimentando con el prototipo *Sea Hunter* patrocinado por DARPA, la Marina norteamericana ha iniciado el programa para el desarrollo de tres prototipos de plataformas autónomas oceánicas —dos de superficie de los

(32) *Large Unmanned Surface Vehicles.*

(33) *Medium Unmanned Surface Vehicles.*

(34) El lector interesado puede acceder por internet al informe del Congressional Research Service (CRS): *Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles: Background and Issues for Congress.*

tipos LUSV y MUSV y otra submarina XLUUV — como parte de la estrategia de evolucionar la estructura de su Flota hacia una arquitectura de fuerza distribuida.

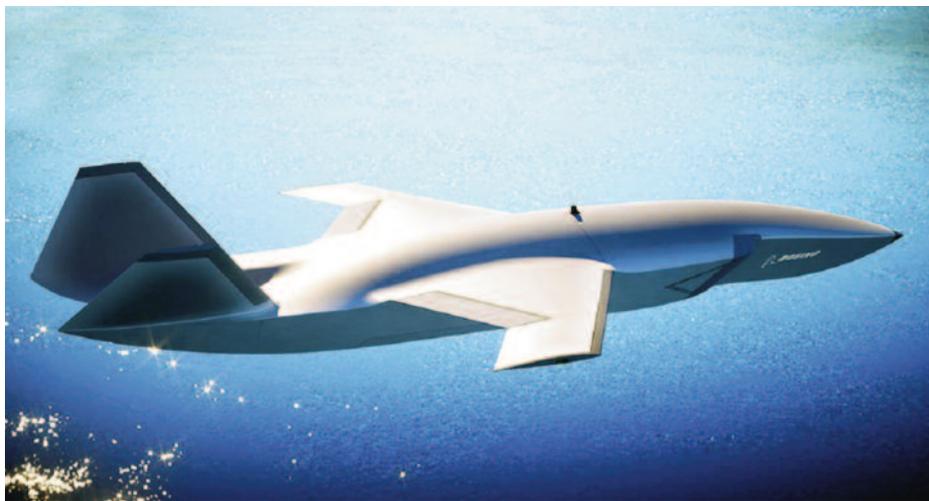
Pero en nuestro caso, ¿está preparada nuestra base industrial para acometer desarrollos de este tipo de plataformas?

La tecnología en drones submarinos sin duda alguna va a transformar la guerra submarina. Ninguna marina occidental va a poder mantener el número requerido de submarinos de ataque. Los XLUUV armados serán una solución para multiplicar la fuerza a un coste asumible. Este tipo de vehículos, con la adecuada autonomía, podrá realizar muchas de las misiones asignadas hoy a los submarinos tradicionales, reduciendo el riesgo. Sin embargo, la operación de submarinos tripulados con otros autónomos de gran porte plantea problemas técnicos, operativos y logísticos que no son menores. La adopción de XLUUV implicaría para la Armada, primero, la necesidad inmediata de adaptar los *S-80*, y segundo, que la próxima generación se diseñase específicamente para operar en una fuerza híbrida submarina y de superficie. Pero esto nos presenta el mismo interrogante anterior: ¿dispondríamos de una base industrial capaz de diseñar, construir e integrar plataformas submarinas autónomas de gran porte?

Una solución híbrida de aplicación aérea naval no es algo que parezca tan inmediato. Si la Armada quisiese mantener la capacidad de ala fija, las opcio-



X-47B UCAV de la US Navy.



Loyal Wingman.

nes para la elección de un VSTOL (35) tripulado que reemplazase al *Harrier* serían muy limitadas. Por otra parte, las diversas iniciativas de aeronaves navales autónomas (UAV) —en sus versiones de combate aéreo— aún se encuentran en un estado inicial de desarrollo. La literatura profesional empieza a apuntar a que aeronaves autónomas, como los prototipos *Kratos XQ-58 Valkyrie* o la solución *Loyal Wingman* (Boeing), pudiesen en un futuro próximo reemplazar, o cooperar con ellos en muchas misiones, a aviones tradicionales como el *F-35*. Sin duda alguna, este recurso existirá en el futuro. Otro ejemplo, cuyo desarrollo está mucho más avanzado, es el *UCAV X-47B*, aunque este tipo de vehículos casi con toda seguridad requerirá de un portaviones de cubierta corrida. En mi opinión, estos desarrollos no son asumibles ni por nuestra industria ni por nuestros presupuestos; la cooperación o adquisición directa sería la única opción.

Un tipo de unidad que requiere un especial análisis es el futuro LHD. Un diseño basado en nuestro *Juan Carlos I* es una plataforma que se adaptaría perfectamente a una flota híbrida, ya que en la misma unidad se tendría la capacidad de operar UAV en combinación con VSTOL tripulados, y simultáneamente conservar la capacidad anfibia, desplegar pequeños USV y operar como buque «nodriza» para plataformas de superficie y submarinas no tripuladas de gran porte XLUUV.

(35) No parece realista pensar en el futuro en una solución de avión naval tripulado diferente al VSTOL. Otra solución requeriría portaviones tradicionales.

En cuanto a las unidades de superficie, ¿cómo sería la futura fragata de la clase *F-140*? En una supuesta fuerza híbrida con capacidades distribuidas, la pregunta debería ser: ¿qué áreas de guerra naval podrán descentralizarse a plataformas autónomas LSUV y MSUV? En el marco temporal en que nos movemos, no veo tecnológicamente factible que la misión AAW pueda ser transferida a una plataforma autónoma. Hay que tener en cuenta, dejando otras consideraciones aparte (36), que un sistema AAW capaz de proporcionar defensa de área y de área local va a requerir un desplazamiento que difícilmente va a estar por debajo de las 6.000 toneladas, ya que el lanzador vertical, el empacho de los sensores y la altura del mástil seguirán siendo los factores determinantes del desplazamiento. No perdamos de vista que tanto las futuras fragatas como las plataformas autónomas de superficie oceánicas necesariamente tendrán que disponer de capacidad para operar con aeronaves tripuladas, y eso requerirá una cubierta de vuelo de adecuadas dimensiones (37).

Si observamos la tendencia de las fragatas en construcción de las marinas de nuestro entorno, parece que, en general, surge un patrón: cubiertas para



LHD Juan Carlos I. (Foto: www.flickr.com/photos/armadamde).

(36) La AAW supone procesos de decisión complejos que no pueden transferirse únicamente a algoritmos de inteligencia artificial; requiere acomodar el empacho de un lanzador vertical, de complejos sensores montados a una determinada altura en la superestructura y capacidad de proceso propia considerable en tiempo real.

(37) Habrá que desplazar equipos de técnicos con cierta frecuencia a bordo para realizar todo tipo de funciones de apoyo logístico.

operar todo tipo de vehículos autónomos o semiautónomos, capacidad multi-medio, multifunción y aumento de desplazamiento (38) y grandes márgenes de potencia eléctrica, volumen y peso y diseño modular.

Resumiendo, las fragatas «pura sangre» AAW seguirán siendo el elemento fundamental de la Fuerza, y la incorporación de las otras áreas de guerra dependerá de los *trade-offs* con las capacidades de futuras plataformas LSUV y XLUUV. Otro tipo de fragatas, no tan sofisticadas, específicamente diseñadas para operar con las futuras plataformas autónomas serán el complemento. ¿Podrá un mismo diseño básico realizar las dos funciones?

Epílogo

Traigo a colación la frase *hic sunt dracones*, que en las cartas anteriores a la era de los descubrimientos se utilizaba frecuentemente para indicar las aguas inexploradas.

Hoy estamos entrando en una época de profundos cambios tecnológicos, económicos, políticos y sociales y resulta extremadamente difícil para cualquier organización predecir lo que nos deparará el futuro, incluso el más inmediato. Ni siquiera podemos atisbar si la presente revolución industrial impulsada por la transformación digital va a ser duradera o si en cuestión de décadas un nuevo paradigma tecnológico inaugurará otra nueva era.

El verdadero cambio que trae esta revolución tecnológica es que, en todos los niveles de actividad de nuestra sociedad, se están transfiriendo tareas del mundo físico al entorno virtual y que, de manera creciente, entes autónomos cada vez más «inteligentes» irán paulatinamente realizando las tareas que tradicionalmente hacía el humano. El mundo militar no va a quedar al margen de esta transformación profunda; si se me permite el anglicismo, la *megatrend* es que el campo de batalla del futuro será más digital, estará más robotizado y se desplazará al dominio cibernético-virtual.

El cambio fundamental que traerá la Cuarta Revolución Industrial será que entes autónomos inteligentes irán desplazando a operadores humanos en un espacio de combate cada vez más digitalizado y robotizado.

La Cuarta Revolución Industrial traerá cambios en forma de nuevas capacidades para la Armada: armas de energía dirigida, vehículos de hipervelocidad, toda una gama de desarrollos en el dominio cibernético —como la inteli-

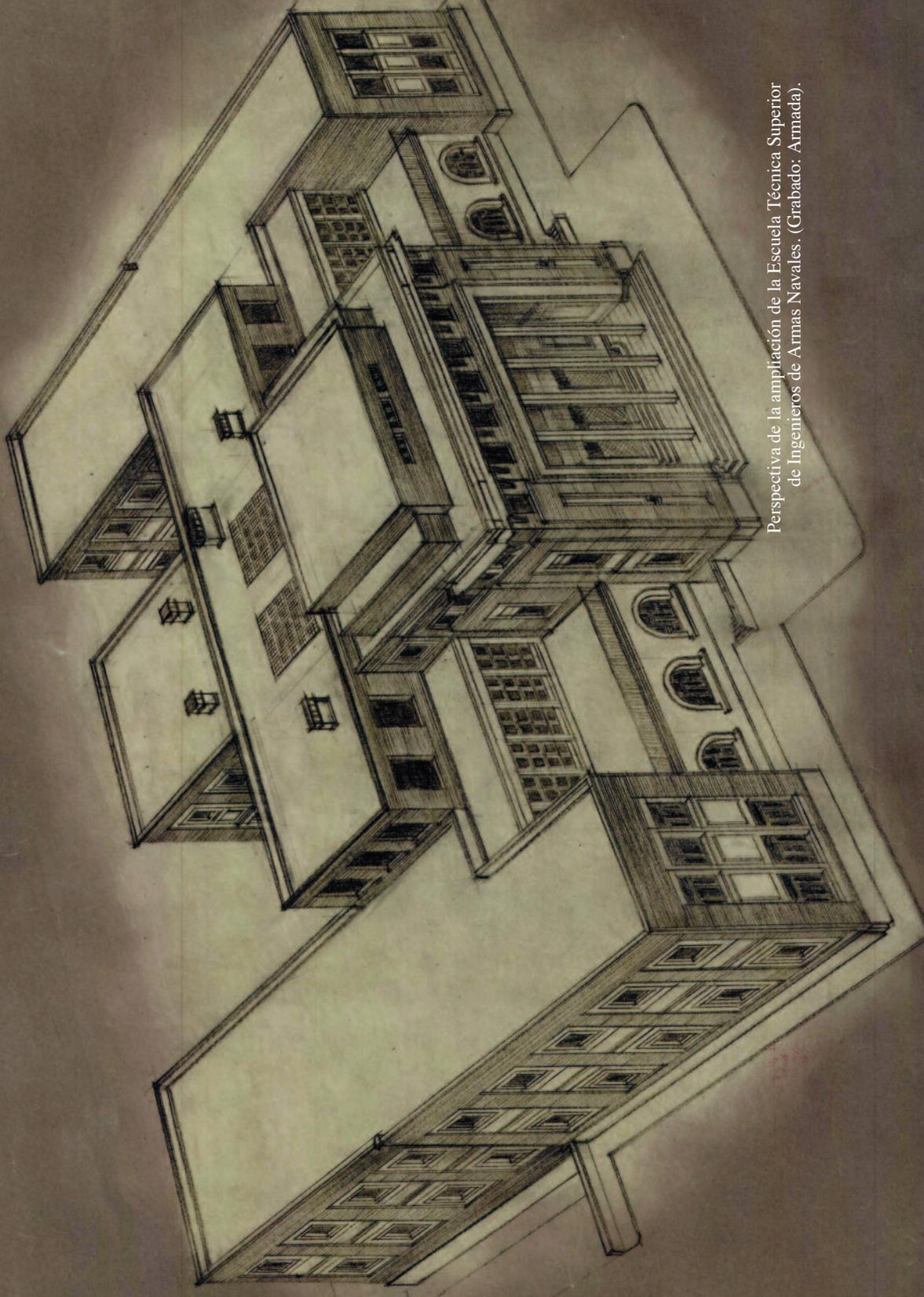
(38) La nueva fragata rusa de la clase *Almirante Gorshkov* es una excepción a esta tendencia.

gencia artificial, la robótica, el proceso automático de grandes cantidades de información—, creciente capacidad de interconexión entre máquinas y nuevas formas con las que los operadores cooperarán con ellas.

Para imaginarnos los cambios que nos esperan, aunque no sea un método de análisis estrictamente científico, recurrir a la Historia nos proporciona siempre perspectiva y nos ilustra sobre lo que nos deparará el futuro, en el sentido de que, de alguna manera, hay que esperar que circunstancias similares a las que se dieron en otra época produzcan efectos también similares en el porvenir. La Revolución Industrial originó la gran transformación naval de la segunda mitad del siglo XIX; en pocas décadas las flotas de las potencias navales sufrieron la mayor transformación ocurrida en siglos. Será inevitable que ahora, en estos tiempos de cambios vertiginosos que impone la actual revolución tecnológica, no se produzca otra gran conversión naval similar a la de entonces.

Precisamente, la tesis nuclear de estas reflexiones es que la incorporación de vehículos y plataformas inteligentes y autónomas será el eje de la futura gran transformación naval; pero me temo que a lo largo del texto he dejado bastantes más interrogantes que respuestas que pudieran servir de ayuda a la difícil tarea de navegar aguas más allá de la marca *hic sunt dracones*.





Perspectiva de la ampliación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales. (Grabado: Armada).