

EL CIC DEL FUTURO

Ignacio RODRIGÁÑEZ RIBAS



Jesús FERNÁNDEZ GUAZA



ESDE finales de la primera mitad del siglo xx, el desarrollo tecnológico está marcando el ritmo de nuestras vidas en aspectos tan dispares como el económico, el de las telecomunicaciones, el energético o el de la automoción seguido de un largo etcétera. De esta extensa lista no queda fuera ni el mundo militar, en general, ni los buques de guerra en particular.

Con la invención de la bomba atómica que pondría fin de forma drástica a la Guerra del Pacífico, continuando por la carrera espacial durante la Guerra Fría y seguida por las constantes mejoras en los sistemas de armas, queda patente la importancia que las principales potencias, y en la medida de sus capacidades el resto de países, dan al hecho de dotar a sus fuerzas armadas con las más avanzadas tecnologías. En el caso de los buques de guerra de

nuestra Armada esto no es distinto. Y si la tecnología avanza día a día, con cada nueva serie de unidades construida, aun cuando apenas hayan pasado pocos años de la anterior, la diferencia entre ambas queda patente. Sin entrar en los sistemas de armas y sensores, ni en los sistemas integrados de control de plataforma (SICP), elementos todos de gran relevancia en nuestros buques, es en los centros de Información y Combate (CIC) donde cobra la mayor importancia, si cabe, contar con unos medios tecnológicos punteros.

Los CIC son un gran nodo en el que equipos informáticos, armas, sensores y sistemas de comunicaciones interactúan entre sí, bajo la supervisión de personal altamente cualificado del control de operaciones. En ellos, es determinante no solo el correcto funcionamiento de las redes que conforman el sistema de combate, sino también las redes de Mando y Control (C2), que permiten la conducción de las operaciones y la correcta interpretación y ejecución de las órdenes del mando, así como la interconectividad entre los diferentes buques.

Por ello, los avances tecnológicos están y deben estar orientados a optimizar las capacidades de los ordenadores del sistema de combate junto con las redes que los unen.

En el caso de las redes de C2, deberán tener en cuenta el auge de la inteligencia artificial (IA) junto con el *big data*, que abre las puertas a sistemas de predicción, así como la mejora en los sistemas de seguridad interna de las zonas de acceso restringido (ZAR). Por último, es de vital importancia por ser esto difícilmente modificable tras su fabricación, el diseño de la distribución de los puestos del CIC, teniendo en cuenta el empleo táctico del buque, así como la ergonomía de los puestos orientada a las necesidades prácticas de los operadores tratando de evitar el carácter experimental del que en ocasiones son víctima los sistemas nuevos.

Nueva distribución de puestos

La distribución del CIC debe estar orientada a la mayor explotación de los medios de mando y control del buque, para así conseguir que tanto el oficial de acción táctica (TAO) como el comandante del buque tengan una buena situación táctica de manera rápida y concisa.

La idea principal que se plantea para la distribución de puestos tácticos en el CIC es una disposición de consolas en anfiteatro, de tal manera que, el TAO, o la figura de autoridad que corresponda tengan un puesto preeminente sobre el resto de operadores y supervisores. La distribución está pensada para que el flujo de información se produzca de manera ascendente hasta los puestos de mando, de tal manera que ellos la procesen y den las órdenes necesarias de manera descendente, logrando así la agilización en los procesos de decisión y mando.

El CIC deberá constar de al menos dos *larges screens displays* (LSD), debiendo ser estas del mismo tipo que opera la fragata *Cristóbal Colón*. Dichas pantallas se situarán en el mamparo de proa del compartimento, de tal manera que sean visibles para todo el personal. La función de estas pantallas serán la de proyectar toda la información obtenida por los distintos operadores de manera clara y concisa, permitiendo su fácil asimilación a CO/TAO para facilitar la toma de decisiones del mando.

A continuación, se encontraría una primera fila de consolas y equipos. Esta fila estará destinada a los operadores de los equipos encargados de detectar, «trackear», clasificar e identificar las distintas trazas que vayan obteniendo dichos equipos. En ella se encontrarían los operadores de los radares aéreo y de superficie, operador sonar y operadores de equipos de guerra electrónica. Estará principalmente cubierta por personal de tropa y marinería. Por encima se encontraría la de supervisores y operadores de sistemas de armas. En ella estarían los supervisores sonar y EW, así como los operadores de sistemas de lanzadores



Fragata *Cristobal Colón* durante su participación en la agrupación naval permanente SNMG-2.
(Foto: www.flickr.com/photos/armadamde/)

de misiles, torpedos y el montaje de artillería. En ella se situarían también los puestos de los controladores aéreos, tanto el de helicópteros como el de interceptación. Estos puestos de supervisor estarían ocupados principalmente por suboficiales y, en algún caso, cabos primeros.

La fila superior estará ocupada por los coordinadores de las distintas guerras en las que puede intervenir un buque de guerra: ASUW, ASW y AAW. En esta fila se situará también un Coordinador del Sistema de Combate, que será el encargado de comprobar el correcto funcionamiento del sistema de combate, así como de obtener su máximo rendimiento. Esta fila estará cubierta por los oficiales del buque.

Por último, en la parte superior del anfiteatro se situarán los puestos de mando, que serán ocupados por el TAO y el CO.

La comunicación entre los distintos puestos se realizará mediante conferencias dentro de los terminales de voz (VT). La idea principal es que exista una conferencia al menos por cada guerra principal, pudiéndose crear conferencias complementarias en función de la situación. Dichas conferencias serán cubiertas por los operadores y supervisores de cada guerra, así como por el coordinador correspondiente. Del mismo modo, existirá una conferencia de mando, mediante la cual los distintos coordinadores se comunicarán con el TAO para el correcto desarrollo de la situación táctica.

Destacar que una distribución como la anteriormente planteada permitirá también un mayor control del personal en la realización de sus funciones, logrando un óptimo desempeño de las funciones de cada operador de consola, equipo o sistema.

Tecnología en el CIC

Como bien es conocido, la vida útil de un barco ronda la mitad de un siglo, mientras que en el mundo de la tecnología cualquier ordenador se queda obsoleto con suerte en una década, y de su vida útil mejor ni hablamos. Es evidente que la tecnología a implementar en los barcos, especialmente en sus sistemas de combate y por ende en sus CIC deba de ser lo más puntera posible.

El constante avance de la tecnología es irrefutable, no hay más que bucear en internet para ver cómo ha avanzado la tecnología desde que comenzó la construcción de las *F-100* en 1997 hasta el momento actual en el que comienza

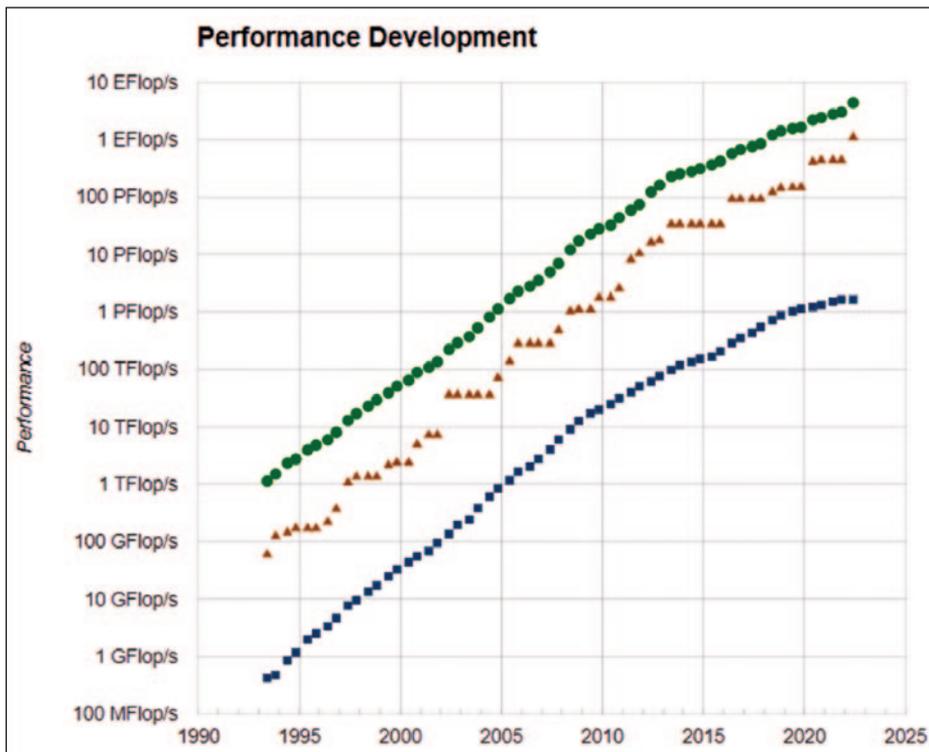


Ilustración 1. Capacidad de cómputo de los supercomputadores del TOP 500

la construcción de las *F-110*. Para darnos cuenta de la relevancia de esta evolución permítanme que les exhorte a que tomen un momento de reflexión y miren la ilustración 1, que no es más que un extracto de la información que se pueden encontrar en www.top500.org un *ranking* de las 500 supercomputadoras con mayor rendimiento del mundo. En la gráfica se muestra la capacidad de cómputo teórica correspondiente a la suma de los 500 supercomputadores más potentes del mundo en ese momento, la del núm. 1 del *ranking* y la del último, el núm. 500 (para que se hagan una idea aproximada un procesador Intel Core i7-12700 de última generación puede dar unos 768 GFlop/s).

Como han podido observar si supusiéramos que en 1997 se hubiese dotado a la *F-100* con el supercomputador más potente del mundo teóricamente, hoy podría haber sido sustituido por un par de procesadores. Como han podido sospechar esto no es directamente así pues un solo procesador no sería capaz de asumir tantas tareas. Salvando las distancias esto pone de manifiesto la importancia que tiene diseñar un CIC empleando la mejor tecnología posible.

No cabe duda de que a pesar del tiempo las *F-100* siguen siendo un barco puntero, no obstante, sus capacidades siguen siendo muy similares a las que tenía en sus primeros años, si no menos debido la paulatina degradación de los equipos. Si echamos la vista atrás y nos fijamos en las actualizaciones de la *F-100* veremos que desde su entrega a la Armada solo han tenido un par de actualizaciones, siendo la más relevante la correspondiente a la *baseline* S2. Esta se realizó en el 2006 y su objetivo principal era implementar la capacidad del empleo del misil ESSM, para ello y debido a que la capacidad de los calculadores UYK-43 era insuficiente fue necesario añadir físicamente un Armario Reforzado Electrónico Standard (ARES) que incluyese el *hardware* requerido. Teniendo en cuenta que desde entonces las actualizaciones que ha habido no han sido más que pequeños parches de programas o servicios que corren en otros ordenadores aislados, parece que las actualizaciones progresivas son *a priori* algo descartable y basándonos en la experiencia de las *F-80* solo se puede esperar a la media vida del buque para actualizar su sistema de combate al completo. Lo que sin duda hace que sea imprescindible que en el momento de diseño e implementación del CIC se intente estar en la vanguardia tecnológica.

Afortunadamente para nosotros es evidente que el proyecto *F-100* acertó de pleno con la tecnología del momento, no obstante, esto no es tarea fácil. En la ilustración 2 se muestra la evolución de las arquitecturas de los sistemas empleados por los supercomputadores del TOP 500 desde 1997 hasta la actualidad. A la vista de esta tabla está claro que si alguien estuviera en 1997 y viese la tendencia de las gráficas podría haber optado por instalar una arquitectura de constelación en sus sistemas, creyendo que esta tecnología sería la más útil de cara al futuro. Como pueden ver se habría equivocado puesto que en la actualidad las arquitecturas reinantes son las MPP y Clúster. Estas dos arquitecturas son las que nos podemos encontrar en el sistema de combate de las *F-100*, aunque con ligeras variaciones: los UYK-43 disponen de una arquitectura propia MPP

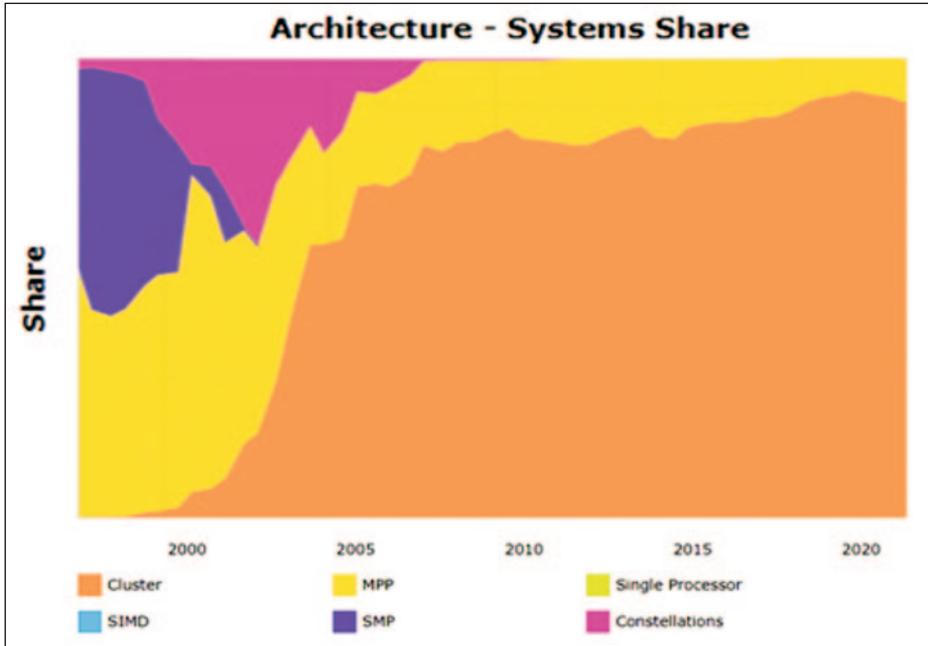


Ilustración 2. Arquitecturas empleadas en los supercomputadores del TOP500 entre los años 1997 y 2022

conformando una especie de memoria compartida y paralelismo de procesamiento, asimismo, cada UYK-43 dispone de un primitivo sistema clúster redundante; y en los *server cabinets* podemos ver un claro ejemplo de clúster con servidores activo/pasivo.

Como bien sospecharán, que en la *F-100* se optase en su día por lo que *a priori* parece la arquitectura predominante no significa que no haya nada que mejorar. Por suerte se estima que el sistema de combate de las *F-110* seguirá esta misma tendencia vanguardista implementando de nuevo un clúster. Sin embargo, este nuevo sistema de combate SCOMBA presenta grandes ventajas frente a los sistemas de combate de las *F-100* de la primera y segunda serie.

El SCOMBA de las *F-110* estará constituido principalmente por ARES, igual que en la *F-105*. Sin embargo, estos servidores presentan múltiples mejoras, sin detenernos en lo obvio que es que dispondrán de más memoria, más capacidad de cálculo, más velocidad de red, seguido de un largo etc. de avances tecnológicos. A continuación, nos centraremos en esos detalles que a veces parecen superfluos, pero tienen un gran impacto en el funcionamiento:

Para empezar, la estructura interna de los servidores de una distribución en *blades* a una distribución en *rack* estandarizado, esto se debe a que ya no es

necesario aumentar tanto la densidad puesto que los procesadores cada vez son más potentes, esto facilita la refrigeración, asimismo sirve para aislar físicamente los distintos nodos del servidor, puesto que los *blades* se caracterizan entre otras cosas por virtualizar la mayoría de sus componentes (es decir comparten el uso de parte del *hardware* como puede ser las conexiones de red, almacenamiento, etc.). Sin embargo, esto no significa que los *blades* sean cosa del pasado, al optar por un *rack* se pueden seguir empleando *blades* en su interior. Simplemente basta con destinar varias Us (1) del servidor con este fin. Esta fusión de ambas tecnologías permite ajustar lo más posible el *hardware* a las necesidades reales, así como virtualizar recursos que puedan ser compartidos dentro del servidor.

La implementación de técnicas de virtualización, empleadas comúnmente en servidores comerciales, permite que cada ARES disponga de un grupo de procesadores sobre el cual trabajar, de tal manera que para realizar una determinada tarea no haya que esperar por uno en concreto, sino que la realizará en el primero que se encuentre disponible, de esta manera se optimiza el uso de los recursos *hardware* disponibles, repartiendo la carga y generando una redundancia interna.

Asimismo, el empleo de tecnologías de virtualización evita uno de los mayores problemas que se puede tener en un barco, que es quedarse sin hueco para poner un nuevo sistema, un claro ejemplo es cómo se pretende implementar el Link. Este será capaz de trabajar indistintamente y de manera concurrente sobre L11 A/B, L16, L22 y JRE, de esta manera con un mismo *hardware* se pueden ejecutar *softwares* independientes, se acabó eso de tener un ordenador para cada servicio.

Con respecto a la disposición de la red de las *F-110* opta por el uso de Gigabit Ethernet (2) sobre fibra una solución escalable, moderna, robusta y segura para la transmisión de información. Las consolas pasan de una conexión por doble anillo de fibra óptica a una red en estrella con doble redundancia, lo que les permite conectarse directamente con los servidores, eliminando los famosos «cortes» de la red.

Finalmente reseñar que como ya es tendencia desde hace bastantes años, el diseño se basará, cómo no, en COTS (es decir *hardware* puramente comercial); esto no solo permite prolongar la vida útil del sistema, sino que también posibilita una mayor cantidad de repuestos compatibles.

A la vista está que el CIC de la *F-110* tendrá todo lo necesario para ser de lo más puntero, tal y como ya demostraron en su día las *F-100*. Las cartas ya están

(1) Una U o *rack unit* es una unidad de medida empleada para indicar la altura de un equipo pensado para ser montado en un *rack*, corresponde a 1'75 pulgadas.

(2) Prácticamente la mitad de los supercomputadores del mundo emplean esta tecnología de red.

echadas y solo el tiempo dirá si la tecnología de nuestros nuevos CIC seguirá a la altura durante sus muchos años de servicio.

Mando y control

El CIC es la zona del buque en la que se toman las decisiones operativas y también, llegado el momento, aquellas que están directamente relacionadas con la acción de combate. Por ello, debe ser un lugar que ponga a disposición del mando los medios necesarios para conocer la situación geográfica del buque, la situación de otros buques de la fuerza, la situación operativa, las órdenes de los mandos superiores y las opciones disponibles para la consecución de los objetivos marcados.

No debemos olvidar que la razón para invertir en una distribución adecuada y en unos medios técnicos innovadores es, entre otras, facilitar y mejorar el sistema de toma de decisiones. Por ello, el CIC debe adecuarse a las características de la cadena de mando del Ministerio de Defensa y de la Armada.

Las principales diferencias en C2 con respecto a los CIC que ya conocemos vendrán de la mano de la inteligencia artificial (IA) y el *big data*. También se producirán grandes avances en el ámbito de las comunicaciones interiores y exteriores, que redundarán en una mayor agilidad en la transmisión de información permitiendo una mayor celeridad durante la acción. Además, será posible compartir información entre los diferentes puestos para coordinar tareas o asegurar que la información que llega al mando se encuentra libre de ambigüedades.

El mando y control en el CIC seguirá siendo centralizado, en consonancia con los principios estructurales y funcionales de las Fuerzas Armadas españolas. Esto implica que las acciones más relevantes siempre estarán sujetas a la conformidad del comandante de la unidad. Es por eso que cualquier decisión y procedimiento que haya sido puesto en marcha podrá ser puesto en espera o cancelado de manera electrónica o manual por la autoridad superior. A diferencia de los CIC actuales, los jefes de subcontrol contarán con un mayor número de indicadores e información evaluada por IA que les garantizará actuar con acierto en sus procesos de toma de decisión.

Ahora habrá que pararse a definir el papel de la IA y el *big data* en el CIC del futuro. Por un lado, el análisis del *big data* existente en la Armada y en las marinas de países aliados podrá incrementar la eficacia de las decisiones tomadas, gracias a la evaluación de una gran cantidad de datos procedentes de otras operaciones realizadas en buques de la misma clase y de otras diferentes. De esta manera, gracias al propio sistema de combate será capaz de hacer recomendaciones a todos los puestos de la cadena de mando basándose en información que ha sido procesada y alertará en caso del riesgo de producirse un error humano que ya se cometió en el pasado para evitar resultados insatisfactorios. La IA también estará instalada en los sensores y armas del buque, lo que

permitirá una gran integración y evaluación de todos los datos procedentes de cualquier área del buque y del entorno en el que se encuentra desplegado. Así, podrán extraerse lecciones aprendidas y mejorar todos los procedimientos en uso.

Todos los puestos contarán con una presentación adaptada a sus preferencias gracias a identificadores personales basados en la huella biométrica que les identificará y permitirá cargar su perfil personalizado. Las herramientas de realidad virtual y, en el caso del puente de gobierno, de realidad aumentada permitirán alcanzar un nivel de exposición de información que redefinirá la acción táctica del buque. También, será posible compartir observaciones, análisis y evaluaciones con la cadena de mando, permitiendo a los jefes de control y subcontrol y comandante del buque tener en la cabeza lo que sus subordinados quieren ejecutar, siendo mucho más sencilla la aprobación o veto de cualquier acción.

Como ya se adelanta al describir las herramientas de realidad aumentada, la relación C2 entre puente y CIC será mucho más fluida. El oficial de acción táctica y los jefes de subcontrol accederán en tiempo real a los sensores ópticos y a las capas de realidad aumentada superpuestas, lo que asegurará un aumento significativo en la seguridad de la navegación y en la calidad de la conducción de las operaciones.

Las redes clasificadas, la red de propósito general y las fuentes abiertas serán mucho más accesibles para todos los operadores gracias a unas complejas medidas de seguridad que evitarán el exceso de confianza y el error humano en el manejo de los sistemas. De esta manera, la transmisión de informes y la recepción de órdenes a través de estas redes permitirán incrementar la fluidez de las tareas de la guardia y reducirán los tiempos de reacción y ejecución de cometidos. En contrapartida, la acreditación de estas redes se volverá todavía más compleja y exigirá unos mayores requisitos de seguridad.

Este CIC estará completamente equipado con mobiliario extremadamente ergonómico, de manera que se modifique la relación entre los integrantes del CIC. Con este cambio, todo el personal podrá permanecer en sus respectivas consolas durante largas jornadas y, por lo tanto, los mismos, deberán tener a su disposición todo lo necesario en su área de trabajo de manera que no necesiten levantarse para dirigirse a otros miembros o para coger material de otras zonas. Esta desaparición de la movilidad se suplirá con tecnología que facilite las comunicaciones entre todos los puestos y con sistemas de presentación táctica que reúnan todo lo necesario. Esto aumentará la concentración de los operadores y ofrecerá unos resultados muy superiores.

Por último, las comunicaciones utilizadas en el CIC sufrirán cambios relevantes. Por un lado, se avanzará en los estándares de diseño y operación de IP sobre HF, garantizando un recurso alternativo en caso de ataques de denegación satélite. Estos avances incluirán un incremento de las tasas de transmisión de datos, lo que hará posible un uso normal de las redes clasificadas, acercándose

un poco más a las capacidades que ofrecen las cadenas recibidas a través del satélite. Asimismo, se modernizará la matriz de comunicaciones por una más intuitiva y fiable. Se integrarán todas las líneas de comunicaciones disponibles en el buque, evitando que haya equipos fuera del sistema. También se añadirán cascos inalámbricos con baterías intercambiables y cargador ubicado en la propia consola. Estos cascos aislarán al operador del ruido exterior, permitiéndole atender únicamente a la información que le llega del resto de integrantes del CIC. Además, la matriz contará con complejos filtros de ruido que evitarán interferencias procedentes de unidades enemigas.

El resultado final será una mezcla de integración y vanguardia tecnológica, concentración, ergonomía, apoyo a la decisión, funcionalidad y trabajo en equipo. Cambiará el concepto del Mando y Control en las unidades de las Fuerzas Armadas y será un antes y un después en la conducción de las operaciones.

Integración del acceso biométrico en locales ZAR y en sistemas y redes de C2

Indagando en el ámbito de la seguridad y el acceso a la información, debemos observar los movimientos y los últimos avances en el mundo civil, el cual dispone de ventajas desde principios del siglo XXI.

El empleo de sistemas biométricos para el acceso a diferentes locales, como puede ser el CIC o incluso para el empleo de las diversas consolas y sistemas allí presentes es un rumbo hacia el cual debemos de tender. Como es lógico, la inclusión de aquellos de acceso biométrico tiene tantos inconvenientes como ventajas y existe una gran diversidad de medios en el mercado para emplear en función de los requisitos fijados.

Sin embargo, lo primero que debemos aclarar es: ¿qué es un sistema biométrico? ¿Por qué resultaría beneficioso el cambio o la inclusión? ¿Qué inconvenientes podría suponer o tener?

Los sistemas biométricos son aquellos que emplean características concretas y únicas de cada usuario para autorizar o denegar acceso. Varios ejemplos de estas características pueden ser tanto inherentes a la persona, como su huella dactilar, su iris ocular, su voz o su rostro. También existen otros métodos, no inherentes, pero sí personales, como puede resultar la firma o una tarjeta con emisión electromagnética o radiofrecuencia (tarjetas RFID).

Cada uno de estos sistemas, o métodos de acceso, tienen tanto sus inconvenientes como sus beneficios, además de los generales que se pueden atribuir al empleo de la biometría. Entre los generales se encuentra la alta seguridad que brindan, ya que, además de prevenir el fraude y el uso indebido de sistemas cuya falsificación, es considerablemente compleja; el bajo coste de mantenimiento, a pesar de suponer un elevado desembolso inicial para la inclusión o



Fragata *Cristóbal Colón*. (Foto: www.flickr.com/photos/armadamde/)

integración de estos sistemas, tras dicho gasto inicial su mantenimiento es muy reducido por lo que su efectividad se hallaría vigente con el paso del tiempo; la simplificación de accesos a sistemas, es decir, el disponer de un solo medio o sistema para acceder a multitud de locales o entornos en lugar de tener que emplear una contraseña diferente en cada sistema o local.

Tras esta breve exploración y enumeración por el ámbito del empleo de la biometría, ¿cómo podemos aplicarlo al campo que nos concierne? Hay múltiples opiniones al respecto, debates centrados en si resultaría útil y efectivo y cuál sería el sistema idóneo.

Existen varias combinaciones para el denominado CIC del futuro: emplear reconocimiento de retina o huella dactilar para el acceso al local y, posteriormente, el mismo sistema para acceder a las diversas consolas o sistemas acorde a los privilegios dados; el emplear de manera similar una tarjeta RFID o el reconocimiento facial. Mientras que todos los sistemas que se empleasen llevarían asociados un elevado coste económico, ya fuere por tratarse de una modernización de los CIC actuales, o por ser un buque de nueva construcción, el empleo de reconocimiento de retina o huella dactilar o facial puede que resultase el método

más caro y menos efectivo a corto plazo. Sin embargo, el empleo de tarjetas RFID podría ser una excelente opción para su empleo en la biometría. La inclusión de lectores de tarjetas RFID, tanto en los accesos al local como posteriormente su uso en las consolas, además de brindar a cada miembro de las FF. AA. su acceso a la institución, supondría un coste menor y una labor de inclusión en los diferentes sistemas más reducida. Como es lógico, el empleo de tarjetas RFID también tendría sus inconvenientes, como puede ser el extravío o el robo de la tarjeta, la coacción para su uso o puede que incluso la falsificación fuese más asumible, considerando también el auge de TEMPEST o EMSEC.

Conclusión

Los distintos elementos que conforman un CIC hacen que para la modernización del mismo haya que tener en cuenta numerosos elementos y la proyección de los mismos durante el tiempo de vida del barco.

En lo referente al diseño de la distribución de los puestos, debe tenerse en cuenta que el elemento humano es el que constituye por encima de la tecnología el órgano de mando y control. Si bien podemos decir que existen numerosas soluciones en cuanto a la disposición de las consolas, el adoptar una disposición en forma de anfiteatro con los puestos de mando en las áreas más próximas al centro y distribuido en función de las guerras permitiría una mejor coordinación, todo ello apoyado por las LSD empleadas ya a día de hoy en las unidades. Por otra parte, la gestión de conferencias utilizadas para la coordinación de los puestos en función del subcontrol al que pertenezca, junto con otra conferencia de mando, en lugar de numerosas conferencias punto a punto que en ocasiones se emplean, simplificaría el uso de las mismas y evitaría saturaciones en circuitos de empleo general.

En cuanto a la tecnología a emplear en el CIC, el diseño de este en las *F-100* ha resultado exitoso. No obstante, el presentar equipos diseñados *ad hoc* pero sin posibilidad de sustitución, parece hacer necesario el potenciar los ARES, combinando las ventajas que la disposición en *racks* y *blades* ofrece. De igual manera, la capacidad y potencia de los nuevos equipos existentes en el mercado, hacen pensar que el virtualizar los servicios pueda ser una buena solución al difícil reto que supone implementar un equipo nuevo en un CIC de un buque tras haber sido entregado este a la Armada.

En cuanto a las redes de Mando y Control, parece que el futuro contempla un esquema similar al ya utilizado, potenciado por las oportunidades que pueden llegar a ofrecer el trabajar con IA y *big data*. El hecho de facilitar el acceso a información que permita una mejor toma de decisiones es el objetivo último de cualquier red de esta clase. De esta forma el empleo de la realidad aumentada junto a indicadores biométricos que acrediten a cada personal en su puesto será la tendencia para el futuro próximo. Esto se verá unido a puestos de trabajo más

ergonómicos y optimizados para cada operador desde los que se tenga acceso a toda la información requerida. En el caso de las redes de comunicaciones se buscará una mejora general en la conectividad teniendo, como contrapartida, un mayor nivel de exigencia a la hora de certificarlas.

En términos de comunicaciones, el empleo de IP sobre HF a fin de optimizar este sistema permitirá contar con una alternativa sólida al satélite, al tiempo que se buscará incluir todos los equipos en una matriz integrada de comunicaciones, más intuitiva y accesible a cada uno de los puestos, quienes estarán dotados de sistemas inalámbricos adaptados a tal fin.

En el caso de los sistemas de seguridad interna, será necesario valorar el coste económico de emplear sistemas biométricos que permitan acreditar el acceso de cada usuario tanto a un local determinado, como a unas credenciales habilitadoras exclusivas del individuo. Si bien, el empleo de estos primeros puede ser complejo en términos de coste y mantenimiento, una solución de compromiso más realista sería el empleo de tarjetas personales con tecnología RFID protegidas considerando los requisitos de TEMPES y EMSEC.

En base a los anteriores puntos se extrae que, en el diseño de los próximos CIC de la Armada, deberá tenerse en cuenta no solo la necesidad de implementar sistemas altamente desarrollados sino la posibilidad de realizar actualizaciones de componentes, así como la viabilidad de ampliar las capacidades potenciando el empleo de equipos comerciales. Así pues, considerando el tiempo medio de vida de los barcos, sumado al rápido avance diario de las tecnologías, el enfoque del diseño de los CIC debe orientarse a aprovechar el bajo coste e intercambiabilidad de los sistemas COT, junto con el desarrollo y mejora continua que presentan estos *per se*, sin perder de vista los requisitos de un buque de guerra, buscando integrar la IA y el *big data* en la toma de decisiones y unificando los sistemas de comunicaciones en una matriz integrada.

Agradecimientos

A los compañeros de la fragata *Blas de Lezo* y en especial a los tenientes de navío Javier Ros Vargas, Guillermo López Porto-Andión y Jorge Jaime de Gorostiza Carabaño, por haber ayudado a la elaboración de este artículo con su perspectiva y experiencia personal.

BIBLIOGRAFÍA

- DONGARA, Jack, y otros: «Perspectives in computational science». Computing in Science and Engineering, s. l.: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2005.
- MEUER, Hans, y otros: <https://www.top500.org/>, 6 de septiembre de 2022.
- La tecnología de Tecnobit: Grupo Oesía presente en las fragatas F-110*. Grupo Oesía, 19 de abril de 2021. Citado el 20 de septiembre de 2022. <https://grupooesia.com/fragata-f-110>