

FORMANDO AL MANTENEDOR DEL SIGLO XXI

José Luis PORTO ROMALDE



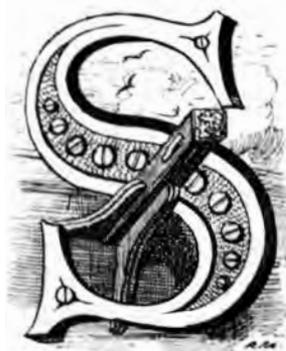
José Luis LÓPEZ IGLESIAS



El avance tecnológico no ha eliminado la capacidad humana de cometer errores.

Noah Gordon

Introducción



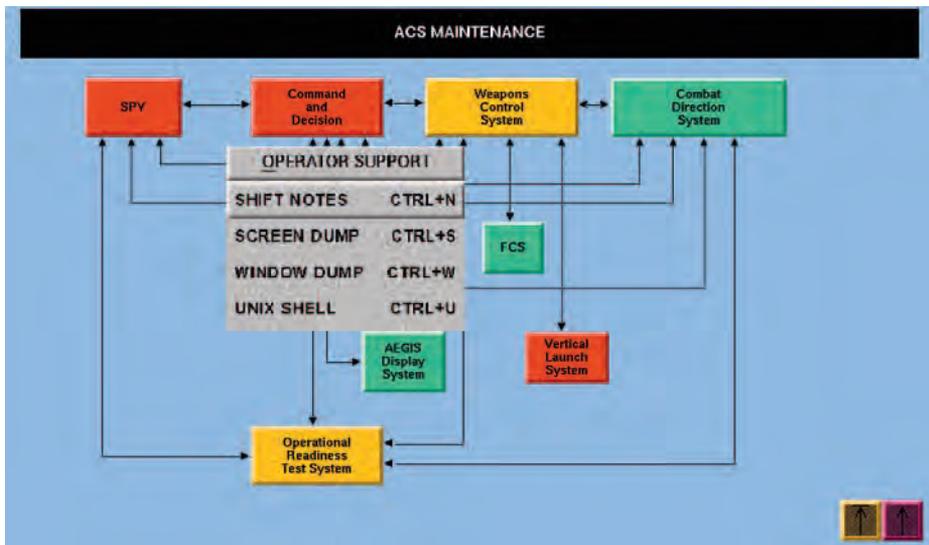
ON casi las tres de la madrugada cuando el sistema de supervisión operativa del sistema de combate de la fragata *Barceló* (F-115) alerta a la consola del operador de guardia de un posible fallo en el transmisor del iluminador de proa. Con rápidos movimientos de ratón realiza, de forma remota, nuevas pruebas sobre el equipo y confirma la avería, por lo que informa al suboficial supervisor de la guardia. Éste destaca a un miembro del grupo de mantenimiento, quien se dirige rápidamente al compartimento donde se encuentra el equipo averiado. Gracias a su dispositivo de realidad aumentada (RA), dispondrá de toda la información necesaria para aislar el elemento averiado, sustituirlo y comprobar que vuelve a estar nuevamente operativo. Finalizado el proceso con éxito, dará la novedad al supervisor de la guardia y volverá a su puesto.

Si esa hipotética y en apariencia futurista acción de mantenimiento no la hubiéramos ubicado a bordo de una de nuestras no tan lejanas *F-110*, podríamos pensar que era parte de la película *Minority Report*, en la que Tom Cruise maneja, sin teclado y equipado con sus guantes especiales, grandes bases de datos de forma visual en busca de un delincuente. Ya por aquel entonces, en el año 2002, el director Steven Spielberg quiso incluir en la cinta herramientas que podrían hacerse realidad algún día: sus asesores tecnológicos no le habían engañado, puesto que gran parte de esos «juguetes tecnológicos» son hoy una realidad y forman parte de nuestro día a día.

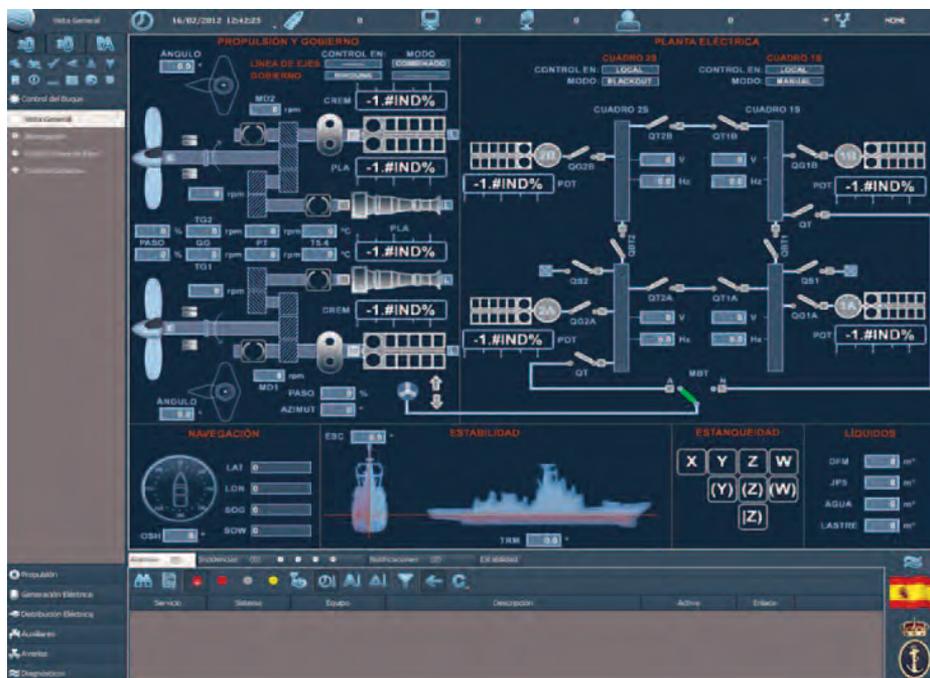
Evolución del ámbito de trabajo

Todos los que acumulamos ciertos años de experiencia profesional sabemos cómo es la vida de los técnicos especialistas en los buques. En aquellos con cierta antigüedad, el personal de los diferentes servicios trabaja de forma coordinada para mantener los sistemas operativos: los suboficiales y marinería especialistas revisan los equipos, en la mayoría de las ocasiones de forma manual, para comprobar su funcionamiento. Las averías aparecen durante la ejecución de mantenimientos programados (PMS), por ruidos anómalos, quejas de los usuarios de los sistemas (el radar no se ve, la turbina no obedece...) o, a veces, confiando en sus instintos y experiencia para detectarlas. Luego, para repararlas, habrán de armarse de voluminosos manuales técnicos y grandes diagramas de papel y equipos y herramientas de «otro siglo».

Con la llegada de las fragatas *F-100*, las unidades de la Flota dieron un gran salto tecnológico, no solo por la puntera tecnología militar del sistema de armas Aegis, sino porque algunos equipos ya se basaban en tecnología COTS (*Commercial Off-The-Shelf*, es decir, que se puede adquirir fácilmente en el mundo civil), entre ellos, el Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP) o el de Distribución Avanzada de Datos de Navegación (DIANA). Así pues, los buques se hicieron más «digitales», más inteligentes y los sistemas más conectados y sensorizados; se interconectaban entre ellos ya no solo gracias a cables, sino a través de redes de fibra óptica, redes Ethernet, ATM... superando las habituales conexiones militares.



Pantalla del sistema de supervisión del sistema de combate de la *F-100* (ORTS).



Pantalla SICP COMPLEX de la F-105.

Para supervisar y gestionar todo este enjambre de redes, se les dotó de sistemas para alertar a los mantenedores en tiempo real de la detección de fallos en un elemento, proporcionar información de mantenimiento, en algunos casos reconfigurarlo y, una vez sustituido el componente averiado, volver a verificar la operatividad; el *Operational Readiness Test System* (ORTS) o el Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP) hicieron posible supervisar prácticamente todo el sistema de combate o la plataforma de forma centralizada desde un único compartimento (cámara de control central en el caso de ENPRO o CSER para el sistema de combate).

Hasta ese momento los técnicos no habían optado a tal cantidad y calidad de información que les permitiera tomar, en un tiempo reducido, las mejores decisiones para mantener la operatividad de los sistemas en comparación con los buques de anteriores generaciones.

Si bien ahora se dispone de más herramientas a la hora de detectar fallos en los sistemas, mayor es también la complejidad de las averías y aún mayor el volumen de documentación a manejar. Como evolución paralela, en vez de acudir a una avería con libros de papel, se utiliza un portátil para consultar los manuales técnicos interactivos o en formato PDF.

Posteriormente llegaron los BAM, el BAC, el LHD, la F-105 *Cristóbal Colón*, buques con mayor participación de tecnología y talento nacional (el SCOMBA, el nuevo SICP COMPLEX, el SORTS...) y también muchísima más tecnología COTS. Los técnicos tuvieron que aprender a trabajar con más redes, más subredes, más *routers* y *switches*, más fibra óptica, más autómatas programables, y a ejecutar aplicaciones en remoto, a restaurar firmware; en fin, a manejar una serie de nuevas y novedosas aplicaciones y herramientas informáticas, además de tener que gestionar las averías «convencionales» en los elementos físicos tradicionales.

Pero en la reparación de averías, el procedimiento y los medios son los mismos que en las fragatas *F-100*.

El mundo 4.0



(www.keiretsuforum.es/blockchain-y-la-industria-4-0).

No hay más que echar un vistazo a nuestro alrededor para darnos cuenta de que estamos viviendo una nueva Revolución Industrial, la cuarta en nuestra historia, fruto de los avances tecnológicos de finales del siglo XX y la potenciación del mundo digital. La Armada no es ajena a ella, siendo plenamente consciente de que la transformación digital es ya una realidad; quien no se adapte está abocado al fracaso. Así, en el documento *Visión de la Armada 4.0*, el AJEMA subraya que esta renovación es inexcusable y dicta las pautas a seguir por la

Armada para alcanzar la transformación y recuperar la vanguardia tecnológica.

En el año 2013 apareció por primera vez el término «Industria 4.0», y con él otros que actualmente ya se han vuelto familiares, tales como transformación digital, internet de las cosas (IoT), *big data*, gemelo digital (GD), maqueta digital, inteligencia artificial (IA), realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA), realidad mixta (RM) y muchos otros, que podemos identificar claramente, puesto que sin darnos apenas cuenta forman parte de nuestro día a día.

Algunos de nosotros (a los que ya nos quedan pocos años de servicio) nacimos en una era analógica y tuvimos que adaptarnos a la digital; pero la generación que ya opera nuestros buques y operará los futuros es totalmente nativa digital, no ha conocido la vida analógica. Son nativos en pantallas táctiles, manejan la realidad mixta (cazando *Pokémon* o viendo cómo quedaría un mueble de IKEA en su casa), la realidad aumentada (maneja los navegadores de última generación en los coches), la realidad virtual (juegos 3D), participan en videojuegos en red, reparan cosas mediante tutoriales de *YouTube* (no se les pasa por la cabeza leer un manual de usuario en papel); en fin, son de una generación que tiene una formación diferente y dispone de herramientas más modernas.

Llegados a este punto, procede preguntarnos si a nuestros especialistas les estamos formando de forma adecuada para solucionar los problemas de esta nueva era.

Relevo generacional en los buques

La progresiva extinción del Cuerpo de Especialistas, contemplada en la Ley 39/2007 de la Carrera Militar, supuso el fin de un perfil de carrera que aseguraba una formación y una adquisición de experiencia de forma «gradual» gracias al paso progresivo por los empleos de marinero, cabo, cabo 1.º, sargento, sargento 1.º, brigada y subteniente, durante los que se ampliaban los conocimientos adquiridos en la enseñanza de formación con cursos de perfeccionamiento y se acumulaba experiencia durante los años de embarque.

Sin embargo, tras su desaparición, con el cambio de requisitos para el acceso a la Escala de Suboficiales, más del 90 por 100 de quienes ingresan por promoción interna lo hacen desde el empleo de marinero o soldado, lo que ha provocado que se rejuvenezca esta Escala. Este hecho, unido a vicisitudes como la limitación en la edad para permanecer embarcado, la modificación de las plantillas orgánicas de los buques (desembarco de subtenientes/brigadas en favor de sargentos 1.º/sargentos), así como la escasez generalizada de suboficiales, que provoca ascensos al siguiente empleo al cumplir el tiempo mínimo, ha desembocado en el embarque de suboficiales más jóvenes.

Pero, si bien la formación de la nueva generación ofrece contenidos mucho más modernos y actualizados —pues al integrarse la enseñanza militar en el sistema educativo general se asumieron titulaciones civiles y por tanto sus materias—, el sistema no proporciona a esta nueva generación de técnicos algo muy valioso en el momento de egresar: la experiencia; esta solo se adquiere tras tiempo «peleando» con los sistemas y aprendiendo al lado de los técnicos más experimentados, brigadas y subtenientes, que, como responsables de los grupos de mantenimiento, han de coordinar y supervisar las tareas del personal técnico de estos.

A todo esto, hay que añadir que la Armada cada vez dispone de buques más complejos tecnológicamente, con un mayor número de sistemas que operar y mantener y con dotaciones cada vez más reducidas. Para ello será necesario personal más polivalente que, sin tener que ser experto en un sistema en concreto, posea los conocimientos y la capacidad necesaria para afrontar con éxito la responsabilidad de garantizar la operatividad de un amplio número de sistemas.

Entonces, ¿cómo formar a esta generación nativa digital para minimizar su falta de experiencia previa, que no de conocimientos, de forma que pueda afrontar con éxito sus períodos de embarque? La respuesta que encontramos es que a nuevos desafíos tecnológicos, nuevas herramientas tecnológicas. Adaptarse, transformarse, evolucionar. Sí, pero... ¿cómo? Al igual que en otras ocasiones, miremos al espejo del mundo civil, que también adolece de problemas similares. La solución puede estar en estos momentos en el uso de tecnologías de nueva generación: la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta.

Aunque no existe una única definición para estos términos, podríamos decir que:



(www.lafronteravr.com).

— *Realidad virtual* es la tecnología que genera digitalmente escenas u objetos con apariencia real y que permite al usuario una mayor o menor sensación de inmersión e interacción con el entorno en función de los diferentes dispositivos que empleemos para implementarla (gafas, guantes, trajes especiales, etcétera).

— *Realidad aumentada* es la tecnología que permite enriquecer nuestro campo visual con información digital superpuesta en tiempo real.

- *Realidad mixta*, también denominada *realidad híbrida*, combina elementos de realidad virtual y realidad aumentada, generando entornos en los que el usuario pueda interactuar tanto con objetos y personas reales como virtuales.

Gracias a estas tecnologías, iremos viendo cómo poco a poco se está transformando no solo la forma en que aprendemos, tomamos decisiones e interac-

tuamos con el mundo físico, sino también la manera en que una empresa proporciona servicio a sus clientes, a sus empleados, o cómo se crean y diseñan nuevos productos.

Hacia un nuevo concepto de mantenimiento

Disponer de un sistema de mantenimiento adecuado es fundamental para asegurar la operatividad de nuestras unidades y garantizar el cumplimiento de la misión. Por tanto, todos los esfuerzos encaminados a optimizar las tareas de mantenimiento, reducir el tiempo requerido y evitar el error humano han de considerarse sobradamente justificados.

Actualmente, al menos en la Escuela de Especialidades «Antonio de Escaño», formamos a nuestros mantenedores para que adquieran conocimientos técnico-operativos.

Para impartir la parte teórica nos valemos de contenidos digitalizados (fotos, vídeos, libros, gráficos...) en formato *PowerPoint* principalmente, proyectados en pizarras blancas o, los más afortunados, en *smart boards*. Para la parte práctico-operativa, se requiere disponer de los equipos físicos o de simuladores. Al no contar la «Escaño» con los equipos que montan los buques más modernos, se recurre a visitas a las unidades basadas en Ferrol (principalmente *F-100* y *BAC*) para afianzar conocimientos teóricos y realizar las prácticas, imposibles en la Escuela. Pero, además, por sus actividades o situaciones operativas, no siempre es posible impartir adecuadamente la parte práctica porque la prioridad es no interferir en su operatividad o actividades, ni correr el riesgo de dejar un equipo inoperativo.

Pero este sistema de enseñanza, y no solo para los mantenedores, está cambiando, y el modelo de mantenimiento que se está imponiendo en esta Cuarta Revolución Industrial es el que introduce el empleo de las nuevas tecnologías, tales como el uso de las tres realidades (RV, RA, RM)

En concreto la RA permite al mantenedor, sin separar la vista del objeto real y mediante dispositivos tales como gafas de realidad aumentada, tabletas

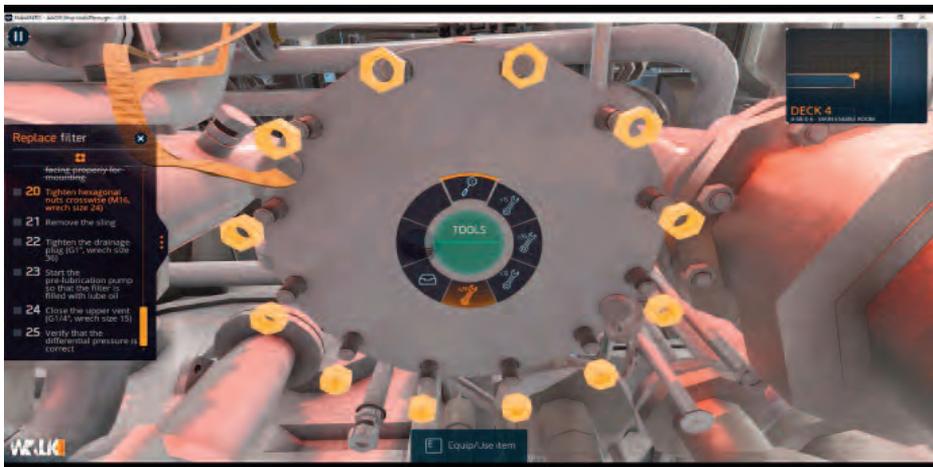


(<https://www.neosentec.com>).

o un *smartphone*, «auxiliar en la identificación de elementos», proporcionándole información en tiempo real; «acceder a documentación técnica e histórico de mantenimientos», guiándole así en las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo o predictivo mediante la visualización de las tarjetas de mantenimiento, vídeos de cómo realizar el mismo y una serie de contenidos multimedia impensables hasta ahora. Se convierte así en ese «tutor» que todo novel agradece tener a su lado a fin de afrontar con éxito una reparación.

Pero no solo esto, también hace posible la *asistencia remota*, basada en el principio de «ver lo que yo veo», enviando la información generada por el dispositivo de RA a un experto (arsenal, astillero o fabricante) en cualquier momento y desde cualquier lugar, de forma que mediante un enlace de voz y datos colabore con el técnico que está trabajando sobre el equipo con objeto de reducir el tiempo de localización y reparación de averías, minimizar gastos de desplazamiento y aumentar la disponibilidad de personal experto para apoyar a distintas unidades desplegadas en operaciones fuera de sus bases.

Para dar una idea de la importancia de la RA, se estima que en este año 2020 se habrá invertido en esa tecnología unos 53.000 millones de euros; empresas y organismos de ámbitos profesionales tan dispares como el Comercio (Amazon), Comunicación (Facebook), Industria (General Electric, Airbus), Sanidad (la Clínica Mayo) o Defensa (la propia Marina de los Estados Unidos) ya la están implementando en varios campos. En España, no pocas empresas, entre ellas Navantia, están trabajando para hacerlo realidad, tanto en RV como en RA. Dos ejemplos nacionales: el Ejército del Aire emplea RA/RV para el mantenimiento de sus *A400M* y Navantia está desarro-



Aplicación NAVANTIS Avatar «Tarea de Mantenimiento».
(Foto cedida por Navantia).

lizando el NAVANTIS (*Navantia Training Integrated System*), que usa algunas de estas tecnologías para, entre otras funciones, adiestrar al personal en las tareas de mantenimiento.

Transformación digital en la enseñanza naval

La transformación digital en lo que a la enseñanza naval se refiere no puede consistir únicamente en añadir nuevos módulos teóricos para ser impartidos de forma tradicional, sino que —aparte de actualizar la forma en que enseñamos, haciéndola más visual, dinámica e interactiva y acorde a esta nueva era— también ha de venir de la mano de las nuevas tecnologías 4.0, en nuestro caso las aplicables a la operación y al mantenimiento, tales como simuladores y dispositivos de RV/RA/RM. Debemos reducir esa brecha entre el mundo digital y los nuevos especialistas, por ejemplo virtualizando los buques, los compartimentos, sus sistemas y equipos y dotando de esas herramientas 4.0 a las escuelas de formación de la Armada.

Si bien el camino de dotar a las escuelas con nuevas herramientas de enseñanza para formar a los operadores ya está iniciado con los simuladores de navegación instalados en la Escuela Naval Militar y en la ESENGRA y los simuladores SCOMBA y SICP COMPLEX montados en la Escuela de Especialidades «Antonio de Escaño», que son excelentes herramientas para el adiestramiento, queda iniciar el camino de dotar a las escuelas de herramientas específicas para formar a los mantenedores.



Para proporcionar una formación de calidad ha de proveerse a las escuelas, en la medida de lo posible, de los nuevos sistemas y equipos que se instalen en los buques de nueva construcción, junto a las novedosas herramientas diseñadas para su mantenimiento. El hándicap de no disponer de los equipos físicos en las escuelas podría minimizarse mediante el empleo de las nuevas tecnologías ya mencionadas. En el momento en que dispongamos de herramientas modernas, podremos acercar los buques y los sistemas a los alumnos y profesores, poniéndolos a su disposición 24/7, y se les podrá formar y familiarizar en su mantenimiento, procedimientos de operación y en la forma de afrontar una incidencia sin riesgo de dañar equipos y sin necesidad de acudir físicamente al buque (por ejemplo, las *F-110*, con base prevista en Rota).

Siendo la innovación tecnológica uno de los pilares históricos de la Armada ya desde los tiempos de nuestros predecesores —esos marinos ilustres dedicados a las armas, pero que no dejaron de lado la investigación científica (Jorge Juan, González Hontoria, Isaac Peral...)—, si dotamos a las escuelas de esas herramientas, se podrá involucrar y motivar a los alumnos para que profundicen en el estudio de los sistemas y aporten nuevas ideas que nos ayuden a mejorar e innovar en el desarrollo de los futuros buques, convirtiendo realmente a la Armada en una verdadera *oficina de innovación*.

