S-80, un submarino convencional de altas capacidades

S-80, a high-capacity conventional submarine

NAVANTIA
Departamento de Comunicación de la Dirección de Construcción Naval. NAVANTIA es una sociedad pública española dedicada a la construcción naval civil y militar. Heredera de la segregación de los activos militares de la empresa IZAR en 2005, representa la mayor constructora naval del mundo hispano, así como la más antigua y una de las más importantes de Europa. NAVANTIA diseña, construye y da soporte a todo tipo de buques de superficie, submarinos y sistemas.

Resumen: El artículo aborda el proceso de diseño y construcción de cuatro submarinos para la Armada Española por parte de Navantia, la institución pública de ese país dedicada a la construcción naval. Se trata de un desafío industrial marino muy grande que Navantia enfrenta con tecnología y altos estándares de calidad.

Palabras clave: Navantia, Armada Española, programa S-80, astillero de Cartagena, ICSC.

Abstract: *The article addresses the design and building process of four submarines for the Spanish Navy on behalf of Navantia, that country's public institution dedicated to naval construction. It is a considerable marine industrial challenge which Navantia faces with technology and high-quality standards.*

Keybords: *Navantia, Spanish Navy, S-80 programme, Cartagena Shipyard, ICSC.*

En abril de 2021, Navantia, en presencia de Su Majestad el rey de España, Felipe VI, puso a flote en su astillero de Cartagena el primer submarino de la clase S-80, el S-81, que llevará por nombre *Isaac Peral*, en honor al insigne científico, marino y militar español inventor del primer submarino con propulsión eléctrica. El S-81 es un submarino convencional considerado entre los más avanzados del mundo. En la actualidad ha completado exitosamente todas las pruebas de puerto y está listo para realizar sus primeras pruebas de mar.

El programa S-80 tiene por objeto el diseño y la construcción de cuatro submarinos para la Armada Española, y constituye sin duda el mayor reto industrial y tecnológico afrontado nunca por la industria de defensa española. Y más concretamente para Navantia, que con el desarrollo de este programa de construcción da un enorme salto tecnológico y completa así el ciclo de la evolución en este campo: pasar de construir en España con diseño extranjero a construir en España con diseño propio, al igual que sucedió con otros éxitos obtenidos en portaviones (LHD *Juan Carlos I*), buques anfibios (LPD clase Galicia) y fragatas (F-100).

Este salto tecnológico sitúa a España entre el exclusivo grupo de países (Estados Unidos, Francia, Reino Unido, Alemania, Suecia, Rusia, Japón, China y Corea del Sur) con capacidad para diseñar y construir buques de gran complejidad técnica y tecnológica como es un submarino. En Estados Unidos comparan la dificultad de diseñar y construir un submarino con la de un transbordador espacial y utilizan los mismos estándares de calidad y seguridad en ellos.

El programa S-80

El programa de submarinos S-80 proporciona a la Armada Española una ventaja tecnológica en un entorno como el actual, caracterizado por ser volátil, incierto, complejo y ambiguo[1]. Navantia ha sabido solventar las dificultades intrínsecas del diseño de un sistema que debe ser capaz de operar de forma autónoma en entornos extremadamente hostiles durante largos periodos, y que requiere de conocimientos altamente especializados en disciplinas muy diversas (materiales, hidrodinámica, mecánica, acústica, etc.), además de disponer de una base industrial y tecnológica de apoyo altamente cualificada

1. Características que definen el acrónimo inglés VUCA (volatility, uncertainty, complexity and amibiguity).

y especializada. Por eso, este es un club al que no ha accedido ni una decena de países en todo el mundo.

Navantia no solo es la responsable de todo el proceso de construcción, sino que también lo será del apoyo al ciclo de vida de estas cuatro unidades. Asimismo, ha comenzado a trabajar en el desarrollo de un sistema de ciberseguridad reforzado para los submarinos, en estrecha colaboración con el Ministerio de Defensa, ante los nuevos escenarios planteados por la digitalización y el desafío tecnológico.

Navantia, al igual que en otros programas navales, ofrece un servicio integral y tiene capacidad interna para suministrar otra serie de equipos y sistemas. Por un lado, la Fábrica de Turbinas de Navantia participa en la fabricación de los tubos lanzatorpedos y pasos de casco, así como su mecanizado. Y con mayor calado, la unidad de Sistemas de Navantia aporta el núcleo de Sistema de Combate (ICSC por sus siglas del término inglés Integrated Combat System Core), así como el Sistema Integrado de Comunicaciones y el Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP) y los distintos simuladores y entrenadores para el adiestramiento de las tripulaciones y mantenedores del submarino.

El programa S-80 ha sido pionero en Navantia en cuanto a la digitalización del sistema de producción de extremo a extremo, partiendo de un modelo 3D del submarino y llegando hasta las órdenes de fabricación.

En cuanto a los procesos, destaca el modelo de ingeniería de sistemas que se ha aplicado y la automatización de una parte significativa de los procesos de fabricación del casco resistente. Se han digitalizado los procesos clave de diseño y construcción.

También se han acometido inversiones muy importantes en el astillero de Cartagena, dentro de un plan de astillero 4.0 más ambicioso, para dotarlo de unos medios productivos de última generación, como por ejemplo varios robots de soldadura y un nuevo torno vertical para automatizar el mecanizado de cuadernas.

La industria española está siendo clave mediante su gran participación en este proyecto, tanto como suministrador de sistemas o equipos, como socio en el desarrollo de soluciones tecnológicas. Hay que resaltar, además, que varias universidades y centros de investigación colaboran con Navantia en el desarrollo de conocimientos y capacidades mediante proyectos de I+D+i.

La entrega del submarino S-81 *Isaac Peral* está prevista en la primavera del 2023, una vez finalizados los protocolos y pruebas de aceptación por parte de la Armada.

De manera paralela, Navantia trabaja ya en los demás buques del programa. En el S-82, muy avanzado a nivel de construcción, se trabaja en la fabricación de estructuras no resistentes, en el embarque de tanques en todas las secciones y se ha comenzado el premontaje de tuberías y equipos, así como el pintado. En el S-83 se ha terminado el casco resistente (compuesto de cinco secciones) y han comenzado los trabajos de aceros (construcción de tanques, fabricación y montaje de polines y soportes). En el S-84 ha comenzado la elaboración de cuadernas del casco resistente. Además del S-81 *Isaac Peral*, el S-82 llevará el nombre de *Narciso Monturiol*; el S-83, el de *Cosme García*, y el S-84 será *Mateo García de los Reyes*, todos ellos pioneros de la navegación submarina española.

Características generales del S-80

Los submarinos S-80 se conciben como submarinos de ataque de nueva generación con capacidad oceánica, y sensores y armas optimizados para su operación tanto en aguas profundas como en las zonas costeras. Como unidad polivalente sus misiones principales son la vigilancia litoral y oceánica, el reconocimiento y la recopilación de inteligencia, así como la disuasión de fuerzas navales hostiles. Estas unidades pueden operar tanto en solitario como integradas en grupos de combate, con capacidad para la guerra antisuperficie y antisubmarina, y el minado de zonas estratégicas. En cuanto a la proyección del poder naval sobre tierra, el submarino S-80 dispone de las facultades de lanzar misiles con capacidad de ataque táctico a tierra, de desplegar y proteger fuerzas desembarcadas y de evacuación de personal civil (operaciones NEO[2]).

Respecto a sus características físicas, el S-80, diseñado y construido íntegramente en las instalaciones de Navantia en Cartagena, tiene una eslora total de 80,8 metros, un diámetro de 7,3 metros, un desplazamiento en inmersión de unas 3000 toneladas y una gran autonomía. El S-80 integra, en total, 180 sistemas y 60 kilómetros de cables.

El alto grado de automatización de esta serie ha permitido reducir la dotación de la nave a 32 tripulantes, con reserva de espacio además de ocho

2. Noncombatant Evacuation Operations.

plazas para el embarque de personal adicional (por ejemplo, efectivos de fuerzas especiales o buceadores de combate). Todo ello con un mayor con un mayor confort de la dotación, ya que se han mejorado y optimizado los espacios de acomodación.

El SICP permite a la tripulación actuar de forma local o remota los sistemas de navegación, propulsión, generación de energía o los mástiles y periscopios, entre otros.

El ICSC integra los sensores de superficie, el sonar, las comunicaciones, las armas y las contramedidas. Como sensor de superficie destaca el periscopio optrónico, que dispone, entre otros, de un sistema de reconocimiento visual y recopilación de inteligencia, telemetría láser, generación de marcas para la navegación o el punteo de contactos. El Sistema de Armas incluye seis tubos lanzatorpedos y capacidad para embarcar y estibar 18 armas (misiles, torpedos o minas).

El S-80 y sus características únicas

El S-80 está concebido como un submarino convencional avanzado, al incorporar un sistema de propulsión independiente de la atmósfera (Air-Independent Propulsion, AIP) de última generación, bautizado como BEST (Bio-Ethanol Stealth Technology), que lo diferencia y lo sitúa un escalón por encima de la anterior generación de submarinos.

El sistema de propulsión principal está basado en un motor eléctrico de 3500 kW, con tres grupos generadores diésel de 1200 kW que producen la electricidad que alimenta al motor eléctrico principal y carga sus baterías. En inmersión, el S-80 puede navegar consumiendo la energía eléctrica de las baterías o generándola a partir del AIP, que proporciona la energía a partir de un reformador de bioetanol y una pila combustible tipo PEM (membrana de intercambio protónico), donde el H_2 y el O_2 se combinan para producir energía y H_2O.

La principal ventaja de este AIP es que aumenta la autonomía del submarino en inmersión, eliminando así su necesidad de ascender a cota periscópica para recargar las baterías, y disminuyendo por tanto en la posibilidad de ser detectado por otras unidades en escenarios que requieran un perfil de navegación silenciosa. Se prevé que el S-80 tenga una autonomía en inmersión de hasta tres semanas.

Destaca también por su capacidad de escucha gracias al conjunto de sonares de Lockheed Martin y SAES (Sociedad Española de Acústica Submarina).

Por otro lado, y con la finalidad de incrementar su discreción frente a otros submarinos del mercado, el S-80 dispone de una firma acústica y magnética muy reducida. La reducción de la firma acústica es fundamental para evitar que el buque sea detectado en inmersión y para no degradar la capacidad propia de escucha. La completa suite de sonar está compuesta por el sonar pasivo que proporciona la antena remolcada, el sonar de flanco, el sonar cilíndrico y el sensor de intercepción acústico. También incluye un detector de minas y obstáculos.

La reducción del ruido radiado se consigue mediante mejoras en varias áreas. Primeramente, la optimización de las formas hidrodinámicas minimiza el ruido generado por el casco y los apéndices. En cuanto al sistema propulsor, se ha diseñado una hélice de bajo ruido en conjunto con las formas de popa y se realiza un control de vibración en la línea de ejes. Además, existe un control acústico de las fuentes sonoras de a bordo (la maquinaria, el motor principal, los generadores diésel, las bombas y cualquier equipo rotativo), tanto a nivel de generación de ruido aéreo como de ruido estructural.

Núcleo de Sistema de Combate

El S-80 cuenta con un Sistema de Combate integrado, un "cerebro" del barco que integra a todos los sensores y las armas para una respuesta adecuada y rápida a cualquier amenaza. El ya mencionado núcleo del Sistema de Combate (ICSC) es un desarrollo de Navantia Sistemas y de Lockheed Martin, que suministra un conjunto de sensores y ha colaborado como tecnólogo en la integración de torpedos y misiles. Comprende todo el software de integración y su manejo se realiza desde siete consolas multifunción, una gran pantalla táctica, dos armarios NNSC (Navigation and Networks System Cabinets), dos unidades WPU (Weapon Processor Units), seis unidades WIU (Weapon Interfaces Units), un SAS (Sonar Array Suite) y un sistema ONMS (Own Noise Monitoring System).

El ICSC proporciona al conjunto de armas y sensores del sistema de combate un alto nivel de integración para el manejo óptimo de la información operativa y del centro de mando y control. Permite adquirir, evaluar y presentar toda la información necesaria para las acciones ofensivas, defensivas o de inteligencia que se desarrollen en cada momento. Aquí se incluye el control de las armas y las contramedidas y sus dispositivos de lanzamiento.

Gracias a esto, el sistema de combate es capaz de obtener y seguir múltiples blancos en diferentes escenarios y puede realizar una gestión simultánea de distintos elementos. En concreto puede gestionar sonares activos y pasivos con corto, medio y largo alcance, para tareas de exploración, ataque y navegación; sistemas electrónicos, optrónicos y electromagnéticos de detección, para misiones de combate u operaciones de inteligencia; dispositivos de ayuda a la navegación precisos; sistema de comunicaciones integrado, incluyendo enlace por satélite y enlace de datos tácticos con otras unidades navales a través de "Link-11" y "Link-22", y sistemas de armas para intervención en el mar (misiles antibuque de lanzamiento bajo el mar, torpedos pesados multipropósito y minas).

La gestión del sistema de combate se realizará mediante las siete consolas comunes multifunción (MFCC, Multifunction Common Console) del ICSC, denominadas "Conan SUB", desarrolladas en España por Sainsel. Desde cualquiera de ellas se pueden llevar a cabo tareas de mando y control, operar cualquier sensor y acceder a la información que proporcionan, seguir blancos y sus trayectorias, operar y controlar los sistemas de lanzamiento de armas y acceder a algoritmos de ayuda a la decisión.

Una de las funciones principales del ICSC es el procesado de los datos de navegación de múltiples sensores (navegadores inerciales de Sperry, corredera electromagnética de AGI, ecosonda de Nautic, receptores GPS Dagr) para su distribución a todos los elementos del sistema de combate y su presentación, tanto en consola MFCC, como en LTD y repetidores. También desde el sistema de combate pueden enviarse puntos de ruta al sistema de gobierno de "Avio Aero".

La *suite* sonar integra los medios de detección acústicos activos y pasivos para misiones complementarias. Son desarrollos de Lockheed Martin el sonar cilíndrico de casco (principal sensor acústico pasivo para operaciones en inmersión) y el sonar de flanco de barrido lateral; el telémetro sonar pasivo (PRS, Passive Ranging Sonar), que es un sonar para localización y medición de distancias de forma pasiva; el sonar de navegación, para la detección de obstáculos y minas, y el interceptador sonar, para la detección de emisiones sonar.

Adicionalmente, la empresa española SAES se encarga del desarrollo de dos sistemas de sensores acústicos: el sonar remolcado (variante mejorada de su sonar de largo alcance para submarinos Solarsub) y el sistema de supervisión de ruidos propios y de vibraciones ONMS, que permite detectar

la cavitación y otras potenciales indiscreciones acústicas, así como la cancelación de ruidos propios, en especial por el sonar de flanco.

En cuanto a la vigilancia de superficie, el ICSC presenta la información y permite la configuración del sistema de periscopios 2010 de L3 Kollmorgen Electro-Optical; del sistema de contramedidas electrónicas pasivas Pegaso de Indra, del radar Aries-S de Indra y del sistema de identificación automática R4 AIS de Saab

Para la transmisión y recepción de datos tácticos, el ICSC integra el procesador Linkpro de Tecnobit, que permitirá al submarino interactuar en el seno de una fuerza naval, intercambiando datos con todos los buques que la formen. Por su parte, los equipos transponder IFF (identificación amigo-enemigo) son también responsabilidad de Indra.

El ICSC proporciona además información del estado de la plataforma a través de su interfaz con el sistema integrado de control de plataforma (desarrollado por Navantia Sistemas) y la unidad de control de mástiles (desarrollada por Calzoni). El uso de las armas se realizará preferentemente desde las consolas, aunque también pueden ser operadas desde las WCU (unidades de control de armas). Estas unidades, que son redundantes (cada buque contará con dos), tendrán la capacidad de realizar la gestión y el lanzamiento de las armas, tanto integradas con el resto del ICSC, como en modo aislado. El sistema de armas está centrado en seis tubos lanzatorpedos que podrán ser usados para lanzar torpedos multipropósito, pesados y de largo alcance DM2A4 Seehecht o Seahake, minas y misiles antibuque UGM-84 Sub-Harpoon, y que tendrán la capacidad para la futura integración de misiles de crucero tácticos UGM-109 Tomahawk, una funcionalidad única en los submarinos no nucleares de la OTAN. Además, el ICSC integra un equipo de Babcock, para el despliegue de contramedidas acústicas antitorpedo y antisonar y para maniobras de evasión. El sistema de lanzamiento de bombetas y bengalas de Calzoni puede ser también operado desde una de las consolas del sistema de combate a través de su integración con el ICSC.

Sistemas de armas y contramedidas

Entrando un poco más en detalle sobre las distintas armas para cumplir su misión de defensa de los intereses nacionales, el submarino S-80 contará con el torpedo DM2A4 para responder amenazas submarinas y de superficie. Esta arma cuenta con avanzados sistemas TCCM (contra-contramedidas del

torpedo) y de propulsión eléctrica con bajo ruido propio. Su alcance supera los 50 km y se mueve a velocidades por encima de los 50 nudos. Cuenta con capacidad de filoguiado por fibra óptica y posee un sonar con una amplia cobertura, tanto en frecuencia como espacial (horizontal y vertical), que además le permite reducir la maniobrabilidad necesaria durante las fases de búsqueda y reconocimiento, y así reservar energía de la batería. Este torpedo está basado en un concepto modular que le permite un amplio número de configuraciones, con baterías de combate y de ejercicio. El arma dispone de diferentes modos de guiado, como el modo manual, modos de control automáticos desde el submarino y modo autónomo.

El submarino S-80 está equipado con la dirección de lanzamiento de torpedos y minas del ICSC (Integrated Combat System Core) de Navantia. Este sistema se encarga de controlar las diversas fases del empleo del torpedo DM2A4 (prelanzamiento, lanzamiento y poslanzamiento), lo que le permite realizar diferentes tipos de lanzamientos: deliberados, en salva (hasta seis torpedos), en emergencia, urgentes y *jettison*, tanto en remoto, desde las consolas multifunción (MFCC) del sistema de combate, como en local y desde las unidades locales de control situadas en el local de torpedos.

La nave también contará con el misil Sub-Harpoon, que es la versión encapsulada para submarinos del exitoso misil Harpoon, y con el Advance Harpoon Weapon Control System (AHWCS) de Boeing para proporcionar el control del misil y las funciones para el lanzamiento, en coordinación con la DLT del ICSC, de las versiones Block 1, 1B, 1C, 1G, Block II y futuras variantes compatibles del misil Harpoon. Se prevé que el Block II sea la versión que utilice el submarino S-80 Plus. Esta variante le permitirá combatir amenazas de superficie con ayuda de GPS para obtener una mejora en la precisión de la navegación. Gracias a esta capacidad, el misil podrá también realizar ataques a blancos costeros. El AHWCS se operará en remoto en el submarino, desde las MFCC utilizando arquitectura X-Windows y en local desde el armario principal del AHWCS.

El submarino S-80 está equipado con un sistema de embarque de armas para introducirlas y extraerlas en la plataforma desde el exterior, con un sistema de manejo y estiba para almacenar estas armas de forma segura en la cámara de torpedos y posibilitar su carga y descarga en los seis tubos lanzatorpedos de la nave, y con un sistema de eyección para realizar los lanzamientos. Este sistema cuenta con dos turbo-bombas (una por cada banda) que empujan el arma por medio de un pulso de agua adaptado a cada tipo de arma y a la cota y velocidad del submarino.

El diseño del buque incorpora reservas de volumen y peso del equipamiento para la dirección de lanzamiento del misil TLAM (Tomahawk Land Attack Missile), así como para sus interfaces principales con la plataforma, el sistema de combate y los sistemas de navegación inercial.

Adicionalmente, el S-80 está capacitado para realizar operaciones de minado. El ICSC permite el planeamiento de minado y proporciona a los operadores asignados al despliegue del plan de minado una operación integral, ágil y eficiente.

El submarino también está equipado con un sistema ACM (Acoustic Countermesures) para el despliegue de contramedidas acústicas antitorpedo y antisonar. Estos elementos van alojados en lanzadores montados en el interior de la superestructura. El sistema realiza el lanzamiento de tres tipos de contramedidas: contramedidas contra torpedos, en las que actúan como señuelos o *jammers* (perturbadores en inglés); contramedidas antisonar, en las que actúan como *jammers*, y contramedidas antitorpedo de adiestramiento. El sistema ACM realiza el lanzamiento de contramedidas de forma automática y semiautomática en coordinación con el ICSC, y también de forma local y manual. El sistema proporciona evaluación de amenazas y recomendación de maniobras contra torpedos de acuerdo con un plan de defensa. El sistema busca dentro de la base de datos preestablecida (basada en tácticas desarrolladas por estudios de simulación y ejecución) el escenario más idóneo. Se tienen en cuenta los datos de navegación y de amenaza. El plan está compuesto por una sucesión de lanzamientos de contramedidas de torpedos y ajustes de contramedidas y maniobras recomendadas para que las realice el submarino. El lanzamiento de las contramedidas antisonar se realiza mediante comandos directos desde el ICSC o manualmente desde la unidad de control del sistema.

Sistema de Control de Plataforma

El Sistema de Control de Plataforma de Navantia es el conjunto de elementos *hardware* y *software* que permiten la automatización, el control y la supervisión de todos los equipos instalados en el buque, a excepción del sistema de combate y el sistema de comunicaciones.

Consta de dos consolas que constituyen la interfaz hombre-máquina, y otros muchos equipos distribuidos por todo el barco, que son los que realizan las funciones de control, y gestión de la información.

De esta manera, desde una de estas consolas ubicadas en la cámara de mando y control se puede comprobar desde la propulsión del buque hasta el aire acondicionado o la monitorización de la cámara frigorífica de víveres.

Los objetivos principales del Sistema de Control de la Plataforma son seis:

- Permitir el mando y vigilancia de la plataforma del buque.
- Facilitar las operaciones de mando y vigilancia para el manejo seguro del submarino con una dotación reducida.
- Permitir la automatización o semiautomatización de ciertas maniobras de control del buque.
- Realizar la grabación de datos de estado y medidas.
- Registrar la información de todos los equipos del propio sistema, para su mantenimiento.
- Disponer de un sistema de autodiagnóstico directo y continuo del hardware y de las conexiones de la red de datos.

Adiestramiento de la tripulación

Para el adiestramiento basado en la dotación de los submarinos de la serie S-80, Navantia ha desarrollado dos simuladores en la Escuela de Submarinos de la Armada "Almirante García de los Reyes", ubicada en el Arsenal de Cartagena. Se trata de un simulador táctico y de un simulador de plataforma, para cuya producción se ha contado con la ayuda de la industria nacional (SAES e Indra).

El simulador táctico

El simulador táctico para los submarinos de la serie S-80 es un sistema que tiene como objetivo adiestrar en el uso del sistema de combate, tanto a alumnos y dotaciones, como a los comandantes de los buques.

Para ello, reproduce la parte de crujía y estribor de la cámara de mando del S-80, incluido el periscopio de ataque, la pantalla táctica y las siete consolas multifunción. Además, el simulador incluye junto a la cámara de mando una zona que hace las veces de cámara de torpedos y que contendrá la dirección local de lanzamiento de armas y control de los tubos.

Este simulador permite alcanzar diversos objetivos, como el adiestramiento individual de los diferentes puestos de operación del sistema de combate.

Posibilita también la realización de ejercicios a nivel de dotación, donde se cumple con la máxima "train as you fight" ("entrenar como luchas" en inglés).

Adicionalmente, su proximidad con la realidad facilita también el aprendizaje de la resolución de problemas tácticos complejos.

El simulador tiene junto a la cámara de mando un puesto para que un miembro de la guardia lleve las tareas de gobierno del submarino. Asimismo, dispone de un puesto para que dos instructores puedan controlar y supervisar el adiestramiento. El sistema tiene capacidad de grabar el desarrollo del ejercicio. Para complementar la experiencia formativa, el simulador cuenta con una sala de análisis, con capacidad para 24 personas, en la que se pueden reproducir los ejercicios realizados en el simulador y también en la mar a bordo de los submarinos.

El simulador de plataforma

El simulador de plataforma es una cabina que reproduce el costado de babor de la cámara de mando y control, y que aloja las consolas reales de los sistemas de control de plataforma y gobierno. La cabina simula los movimientos de cabeceo y balanceo del buque y proporciona adiestramiento en el manejo de los sistemas de control de plataforma y gobierno, tanto de forma local, mediante cuadros de control virtuales, como en remoto. También adiestra en el uso de la interfaz hombre-máquina de estos sistemas, en maniobras básicas y avanzadas y en depuración de problemas.

Recientemente se han incluido en el alcance del contrato otros dos simuladores de la familia de simuladores denominada NAVANTIS (NAVANTIA Training Integrated System): el NMTS (Navantis Maintenance Training System) y el N-AIT (Navantis Avatar Immersion Tool), que complementan las actividades de adiestramiento tradicional y los simuladores de plataforma y táctico que acabamos de mencionar.

El NMTS permite crear, modificar y mantener cursos de formación sobre ejercicios de mantenimiento de equipos de los sistemas, en un entorno virtual usando modelos 3D de equipos reales, de forma que se reduzcan los costes de formación y adiestramiento al no requerir personal especializado en desarrollo y programación de *software*. La herramienta permite generar el ejercicio completo de una actividad de mantenimiento, incluyendo instrucciones paso a paso, advertencias que deban tenerse en cuenta,

imágenes, videos y audios explicativos, para que los alumnos puedan adquirir los conocimientos necesarios para realizar el ejercicio de mantenimiento de forma independiente. Proporciona un aprendizaje inmersivo mediante ejercicios con modelos virtuales de los equipos reales, sin la necesidad de disponer de los equipos físicos para realizar la formación, por lo que se reducen considerablemente los costes.

El primer objetivo que se pretende cubrir con el N-AIT es la familiarización con el submarino, es decir, la obtención del conocimiento "geográfico" necesario para ser capaz de orientarse correctamente en su interior, saber dónde están los compartimentos, las escotillas de escape, las rutas de evacuación, tomar conciencia del tiempo que tarda en llegarse desde un sitio a otro, etc. También se debe conocer dónde están ubicados los equipos, y no solo cada equipo a nivel individual, sino también conocer dónde están ubicados el resto de los equipos que junto a ese forman parte de un sistema. El siguiente objetivo es interactuar con los equipos para familiarizarse con los procedimientos operativos tanto normales como de emergencia, incluso practicar ejercicios de seguridad interior en los que se declara una incidencia e intervienen varios miembros de la dotación que deben actuar contra esa incidencia de forma coordinada ejerciendo cada uno un rol diferente. El N-AIT presentará una maqueta digital tridimensional del submarino por cuyo interior se moverán los avatares que manejan los alumnos. La maqueta se crea tomando como punto de partida el proyecto constructivo del submarino real, lo cual garantizará plena fidelidad del modelo a la realidad.

Otra característica de la familia NAVANTIS es que permite la interconexión entre distintos simuladores, de manera que se pueden realizar sesiones conjuntas y coordinadas dentro de un entorno común, donde conviven distintas embarcaciones manejadas por alumnos diferentes. Incluso los simuladores NAVANTIS se pueden conectar con simuladores de terceros que cumplan los estándares de comunicación DIS o HLA.

Las ventajas del adiestramiento mediante simuladores son evidentes. Las sesiones se pueden realizar dentro del ambiente controlado de un aula de formación, sin incurrir en los gastos de movilizar un submarino de la serie S80.

Se pueden practicar operaciones normales para que los operadores adquieran pericia a base de repetir las sesiones, pero también se pueden establecer a voluntad condiciones de contorno peligrosas, como condiciones meteorológicas muy adversas, degradación de maquinaria o incendios a bordo, sin poner en riesgo al personal ni a la embarcación real. Además, los

ejercicios se pueden reproducir una y otra vez hasta que los alumnos aprendan a reaccionar ante un suceso inesperado, lo que reduce considerablemente los costes y riesgos del adiestramiento.

Conclusiones

El programa S-80 supone un desafío para dotar a la Armada española de submarinos convencionales oceánicos, con una capacidad AIP de siguiente generación y capaces de hacer frente a las futuras amenazas. Además, comporta disponer de capacidad de diseño, desarrollo y construcción nacional. Esta apuesta permite alcanzar una independencia estratégica en un arma esencial para la defensa nacional, permite dotar a empresas españolas de tecnologías duales de última generación transferibles a otros campos de la industria, y contribuye a la creación de tejido industrial.

El diseño del S-80 es muy atractivo para aquellos países que tengan ambición de una solución moderna con capacidad expedicionaria. Se trata del único submarino de 3000 toneladas actualmente en construcción a nivel mundial dotado de un sistema AIP de última generación y con una potente capacidad ofensiva, que incluye misiles de crucero y torpedos pesados.

La colaboración de la US Navy y Electric Boat ha sido fundamental en la reconducción del proyecto, ya que ha incrementado el nivel de confianza en el programa y supone una garantía de que el submarino S-80 cumplirá los requisitos de seguridad más exigentes.



Construcción de los submarinos S-80 Plus en el Astillero de Cartagena



Submarino S-80