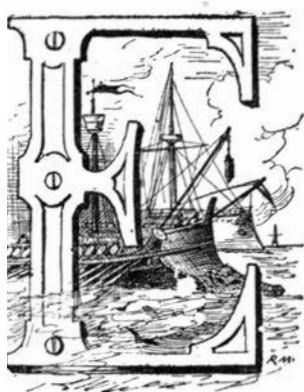


FUTURO GEMELO DIGITAL (GD) DE LA *F-110*

Juan DÍAZ DEL RÍO DURÁN



Primeros pasos



L documento *Apoyo Logístico 4.0* de febrero de 2017 elaborado por el Estado Mayor de la Armada (EMA) exponía la oportunidad y la necesidad de un proyecto para aplicar en el campo del apoyo logístico las tecnologías y los principios de diseño tecnológico de la Industria 4.0, desde la propia concepción hasta el final de su vida operativa. El proyecto involucraba desde el comienzo a autoridades de la Armada, del Órgano Central del Ministerio de Defensa y de Navantia.

A partir de ahí, el EMA estableció un Plan de Acción en dos fases. La primera, que finalizó el 30 de junio de 2017, culminó con la elaboración del nuevo Concepto de Apoyo Logístico (CAL), aprobado por el almirante jefe de Estado Mayor de la Armada el 6 de julio del mismo año y, tras la firma del CAL, se inició la segunda fase del citado plan con el objetivo de dar un impulso inicial a la transformación del apoyo logístico, para lo que se constituyeron el grupo de trabajo principal y los subgrupos Maqueta Digital, Evolución del CESADAR y Arquitectura CIS.

En abril de 2018, tras una reunión entre el Ministerio de Defensa y Navantia, el astillero elaboró y propuso tres niveles de alcance posibles, con funcionalidad creciente, tras evaluar la especificación preliminar, asociadas a una estimación presupuestaria.

- Maqueta Digital Avanzada (MDA).
- Gemelo Digital Básico (GDB).
- Gemelo Digital Avanzado (GDA).

La MDA consistía en un modelo que comprendía la estructura, jerarquía y modelización de todas las entidades del buque, sistemas y equipos con la

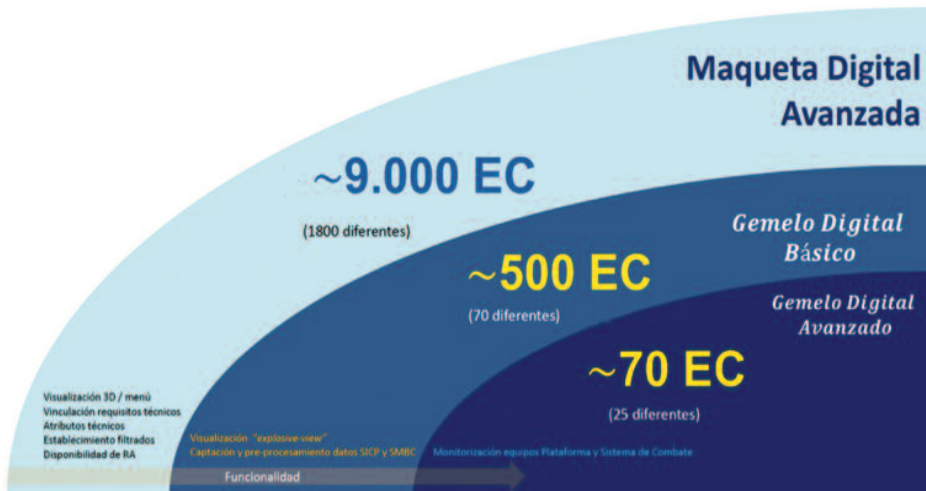


Figura 1. (Facilitada por Navantia).

información logística integrada para aproximadamente 9.000 instancias de 1.800 elementos configurados y un nivel adicional de detalle (despiece de equipos y sistemas en partes) para 500 de esas instancias, con visualizador navegable 3D. Además, proporcionaría interfaz con las aplicaciones logísticas de la Armada y la funcionalidad de asistencia remota.

El GDB incorporaría a la MDA un visualizador 3D para tareas de sostenimiento, captación y preprocesamiento de datos de los equipos monitorizados por el Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP) y el Sistema de Mantenimiento Basado en la Condición (SMBC), funcionalidades de alistamiento, simulación de navegación y monitorización y analítica de 70 equipos tipo en 500 localizaciones distintas.

El GDA introduciría simulación de comportamiento para un grupo reducido de sistemas críticos, analítica de datos incorporando modelos de inteligencia artificial en apoyo a la toma de decisiones y modelización de 25 equipos tipo en 70 localizaciones distintas.

La Oficina de Programa (OP) de la fragata *F-110* seleccionó el alcance correspondiente con el Gemelo Digital Básico, dado lo avanzado del programa y la importancia de materializar aquellos aspectos prácticos de interés prioritario para la Armada, en los que las funciones de la maqueta/gemelo digital relacionadas con la mejora del sostenimiento serían prioritarias junto a aquellos aspectos operativos particulares de interés para la Armada. Asimismo, se incorporarían funciones y características con nivel de madurez tecnológica aceptable y se establecerían las bases adecuadas para desarrollo posterior cuando este fuese requerido por la Armada.

Tras varias reuniones Armada-OP-Navantia, celebradas en la Jefatura de Apoyo Logístico (JAL) durante los meses de junio y julio de 2018 para revisar los requisitos del GD, Navantia entregó el *Documento de Definición de MD/GD F-110*, estableciéndose finalmente las especificaciones de contrato de la MD y GD en abril de 2019.

Conceptos

Aparte de los conceptos iniciales ya mencionados, MDA, GDB y GDA, en el ámbito de la construcción de la *F-110*, los conceptos a diseñar y desarrollar quedan definitivamente denominados: Maqueta Digital (MD), Gemelo Digital (GD) y Plataforma Digital (PD). Veamos a continuación su definición y alcance.

Maqueta Digital

«Entorno *software* que contiene una representación gráfica 3D del buque que refleja su estructura de producto a través de diferentes niveles de jerarquía de sus elementos, que incluye atributos y vínculos relativos a la información técnica, tanto funcional como constructiva, y logística de los mismos, incluyendo vínculos a las aplicaciones logísticas de la Armada» (1).

De forma más sencilla, podríamos decir que la maqueta es un visor 3D de los elementos que configuran el buque, en el que cada uno de ellos actúa como un «contenedor» de información constructiva y logística, es decir, además de ofrecer datos de identificación, planos, trazabilidad, peso, volumen, características, etc., proporciona información de manuales técnicos, mantenimientos, procedimientos, historial, despiece...

Existirá una MD por cada buque, MDAB (Maqueta Digital A Bordo), pero además habrá también otras dos adicionales: la MDCO (Maqueta Digital del Contratista) y la MDMD (Maqueta Digital del Ministerio de Defensa).

Se desarrollarán modelos 3D CAD del buque, de sus principales locales operativos y espacios de maquinaria, incluyendo detalles estructurales de canalización y pasos de cables, conductos, y tuberías. En la figura 2, se ilustra lo que pretende visualizar la maqueta, una representación gráfica 3D de los elementos que configuran el buque. Se estima que unos 1.800 elementos de configuración (EC) serán visibles y estarán vinculados con atributos técnicos y realidad aumentada (RA) (figura 3).

(1) Definición recogida en Documento Definición de la Maqueta/Gemelo Digital 835-8-76 Navantia.

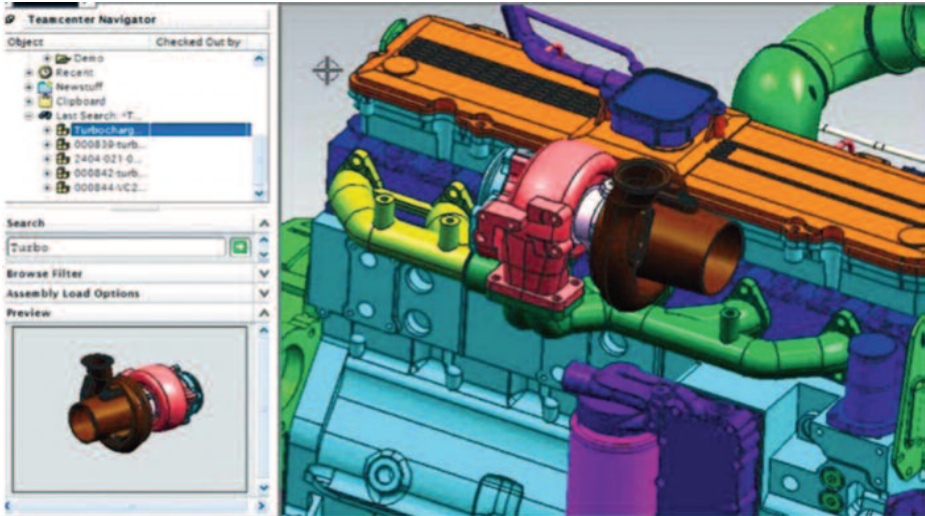


Figura 2. Maqueta Digital. Visión 3D y datos logísticos de un equipo.

Dentro de los servicios de visualización, el sistema proporcionará un modo de presentación de RA que permitirá al usuario a bordo mostrar de forma superpuesta a la imagen física la documentación técnica y enlaces funcionales a la plataforma de información logística de la Armada (SIL), de la que se darán más detalles con posterioridad. Este modo de presentación estará accesible a través de dispositivos *hardware* específicos tipo *wearables* (gafas, etc.) o desde tabletas o *smartphones*. Este servicio, enfocado a su mantenimiento, estará disponible para un conjunto de equipos/sistemas con información de despiece, los circuitos de tuberías/conductos y los pasos de cables y bandejas, donde enfocando a la identificación se obtendrán los datos de los cables que los recorren. Para ello, la presentación de RA tendrá capacidad de situarse de forma semiautomática a partir de unos identificadores digitales en los elementos y/o en conjunción con dianas específicas accesibles en los locales.



Figura 3.

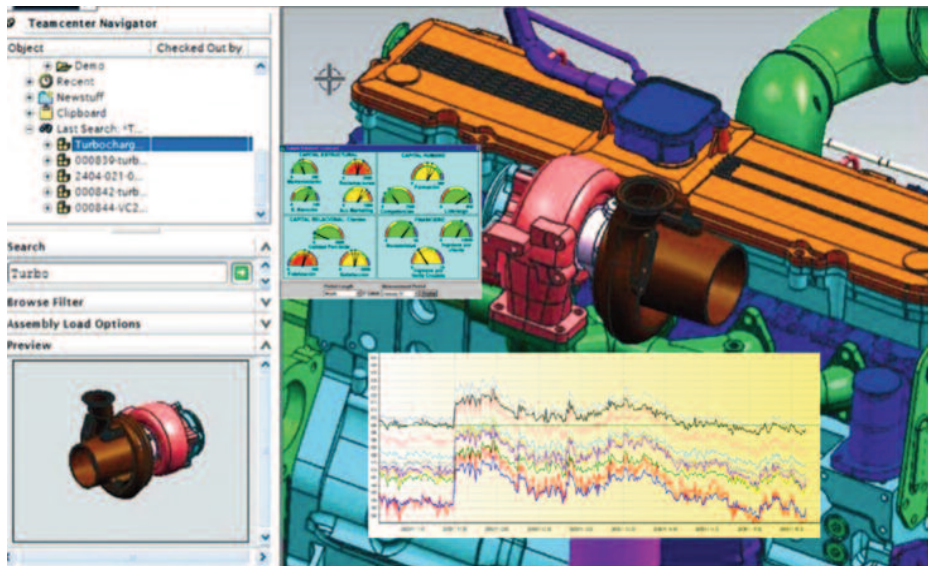


Figura 4. Gemelo Digital. Datos «vivos» de salud del equipo añadidos a la MD. (Facilitada por Navantia).

Gemelo Digital (GD)

El GD de un buque es una representación virtual particular de un buque real sensorizado. Dicho de otra forma, el GD es una MD mejorada con los datos de su estado de salud, indicadores, comportamientos y reacciones basadas en modelos apoyados en la gestión y procesado de los datos reales recopilados de sus sensores, así como explotación de modelos matemáticos de índole predictiva.

De los 1.800 elementos de configuración, citados anteriormente y visibles en la MD, 70 diferentes ofrecerán asimismo su despiece (*explosive view*) en el GD. Además, el SICP y el SMBC captarán datos de estos elementos de configuración. Finalmente, de estos 70 citados, unos 25 estarán monitorizados y sus datos serán analizados en tiempo útil en el Centro de Supervisión y Análisis de la Armada (CESADAR) a través de la plataforma ATAVIA (Automatización de Tareas de Vigilancia y Análisis), que integrará el módulo SOPRENE (Sostenimiento Predictivo basado en Redes Neuronales) y proporcionará la capacidad de mantenimiento predictivo. A bordo de las fragatas también existirá un servidor ATAVIA en el que se habrán implementado los algoritmos de predicción inferidos en el CESADAR y dará predicción de disponibilidad en el rango temporal de los equipos de los que se dispongan algoritmos. El GD incorporará, asimismo, información de alistamiento de un determinado número

ro de sensores, armas y equipos del sistema de combate, según la disponibilidad del proveedor.

Existirá un GD por cada buque, que se replicará en un GDA en la Plataforma del Ministerio de Defensa, que se define en el siguiente apartado. Adicionalmente, el GD proporcionará aplicaciones para la gestión de la información recibida.

La diferencia entre la MD y el GD se trata de ilustrar, por comparación, con las figuras 2 y 4. El GD añade a las funcionalidades de la MD la información de los sensores de los equipos, proporcionando una visión dinámica, «viva», de los mismos, de su condición de funcionamiento, su estado de salud y su disponibilidad en el tiempo (predicción).

Aunque los servicios de información y de apoyo a la toma de decisiones del GD estarán orientados mayoritariamente a acelerar y facilitar el sostenimiento del buque, también permitirán registrar los datos operativos de la misión, dar soporte a los módulos SOES (Mando y Control en la Acción) y CAPES (Control del Alistamiento de Personal, Equipos y Sistemas) que, en principio, se integrarán en el SICP, gestionar el plan de combate del barco y el nivel de formación y especialización de la dotación (certificaciones, cursos, especialidades), así como el modelado y simulación de algunos casos de uso.

Plataforma Digital (PD)

Se denomina así al conjunto de *hardware*, *software* y comunicaciones sobre el que se ejecuta la Maqueta Digital y el Gemelo Digital. Existirán tres plataformas digitales: una PDCO o Plataforma del Contratista, una PDMD o Plataforma del Ministerio de Defensa y una PDAB o Plataforma A Bordo, de esta última, una en cada buque de la clase *F-110*. La PDCO y la PDMD alojarán las Maquetas y Gemelos Digitales de los cinco buques, mientras que la PDAB solo contendrá la Maqueta Digital y el Gemelo Digital correspondiente

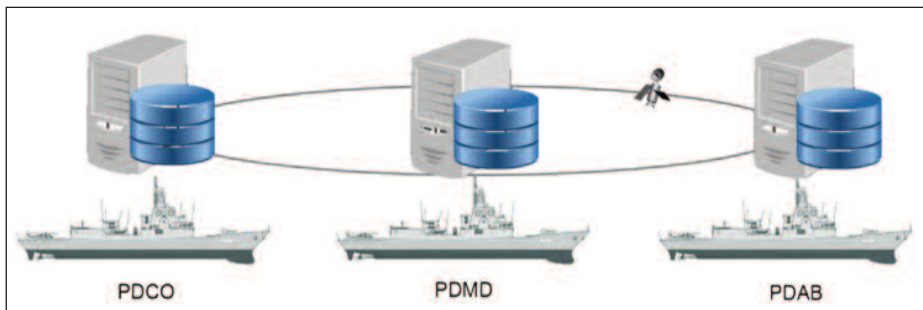


Figura 5.

al buque en cuestión (figura 5). Las plataformas del GD tienen diferentes propósitos:

- Plataforma del Gemelo Digital del Contratista (PDCO), en la que se registran todos los acontecimientos seleccionados en la vida constructiva de cada buque en particular y de la clase en general. Interactúa con los sistemas de información y desarrollo del contratista.
- Plataforma del Gemelo Digital del Ministerio de Defensa (PDMD), en la que se consolida y analiza la información de los cinco buques de la clase. Interactúa con los sistemas existentes de la Armada. Probablemente se instalará en el arsenal de apoyo de la clase.
- Plataforma del Gemelo Digital A Bordo (PDAB), que alberga información solamente del buque al que representa. Se encontrará embarcada en cada una de las unidades e interactuará con los sistemas del buque. Ofrecerá una serie de servicios que se describirán más adelante.

Para garantizar la unicidad y consistencia de los datos de cada uno de los cinco gemelos y maquetas digitales, estos se mantendrán sincronizados en tiempo útil.

Sistema de Servicios Integrados (SSI)

En relación con el Gemelo Digital del buque, es necesario describir este sistema por su importancia y carácter innovador. Integra los elementos de iluminación del buque, servicios de megafonía, comunicaciones, conectividad inalámbrica, sensorización (cámaras, micrófonos, sensores infrarrojos, sensores de temperatura, humedad, etc.) y proporciona una infraestructura con capacidad inalámbrica que permite la implementación de sensorización adicional para la dotación y otros elementos del buque. Esta infraestructura de servicios integrados se gestionará desde el SICP y dispondrá de las interfaces necesarias con otros sistemas del buque para la gestión de los servicios.



Figura 6. (Facilitada por Navantia).

El SSI, que se extenderá a la totalidad de compartimentos iluminados del buque, proporcionará una ubicuidad amplísima (existen aproximadamente



Figura 7. (Facilitada por Navantia).

(*Bluetooth Low Energy*) de bajo coste, que proporcionará su situación aproximada en los compartimentos en función de la potencia detectada por cada luminaria. La precisión del posicionamiento se verá aumentada considerablemente gracias a la red *wifi* cuando los usuarios porten sus terminales móviles, que actuarán a modo de baliza. Además del posicionamiento mediante balizas, el sistema dispone de un módulo de detección de presencia, que cuenta con un detector de infrarrojos y una cámara en el acceso al local que al detectar una entrada activará un proceso de reconocimiento facial e identificará al usuario. Esto ayudará enormemente en el caso de incidentes (fuego, explosión, inundación) y de las diferentes situaciones del buque (zafarrancho de combate, babor y estribor de guardia, etc.) a efectos de novedades y distribución de personal.

2.500 puntos de luz) y permitirá reducir significativamente el volumen y peso de cables (aproximadamente 10 toneladas, equivalentes a 100 km de cable), al tiempo que dará soporte a la incorporación de las tecnologías 4.0, haciendo posible la integración en el GD de elementos de configuración de pequeña entidad en cualquier local sin tender cableado *ad hoc*.

Las funcionalidades del SSI serán las siguientes:

- Alumbrado: general, emergencia, contingencia, evacuación, especial y avisos visuales.

- Comunicaciones interiores y telefonía.

- Órdenes generales, avisos sonoros y grabación de audio del puente.

- Localización de personal y vigilancia biométrica. Para el cálculo del posicionamiento de la dotación, el personal dispondrá de una baliza BLE

- Monitorización de equipos/sistemas. Al recibir inalámbricamente los datos de los diferentes sensores instalados en los elementos de configuración del buque, principalmente en las áreas de máquinas, electricidad y equipos auxiliares.
- Acceso inalámbrico desde terminales móviles al SICP, SICC (Sistema Integrado de Control de las Comunicaciones) y otros servicios IP. Se ha previsto que la dotación pueda acceder desde cualquier dispositivo *wearable*, además de tabletas o *smartphones*, una vez autenticado en la red. Las comunicaciones entre los terminales de usuario y la red irán cifradas con túneles IP Sec L2. Dependiendo de las circunstancias, es posible que para bienestar de la dotación se pudieran emplear dispositivos BYOD (*Bring Your Own Device*) a través de una red separada para determinados servicios, como música y vídeo, en determinados compartimentos.
- CCTV y distribución de vídeo bajo demanda.

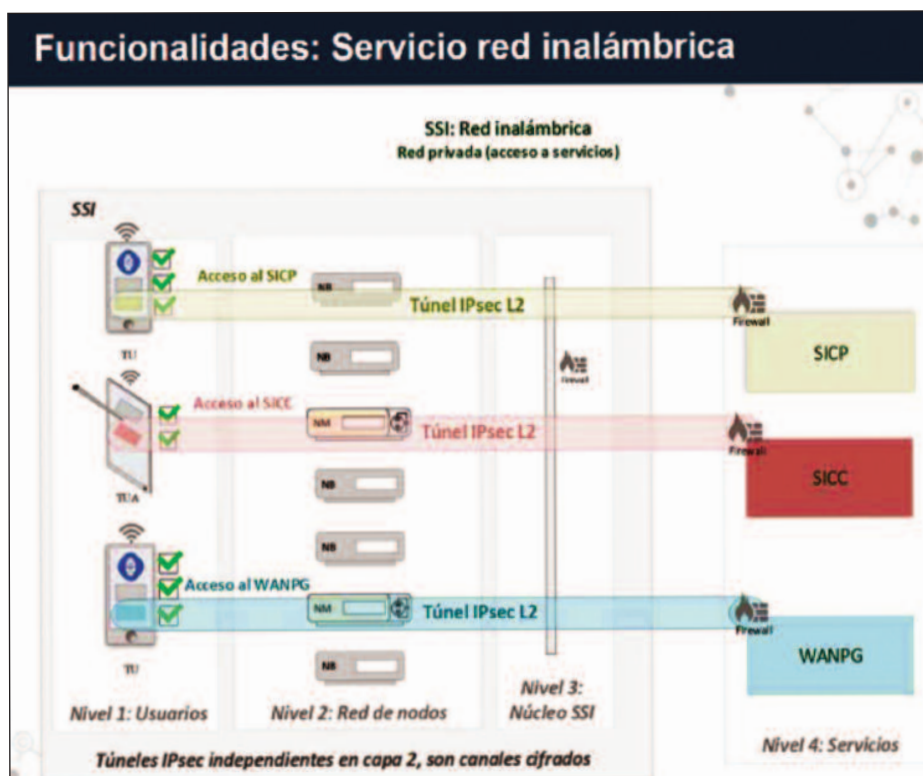


Figura 8. (Facilitada por Navantia).

- Soporte a la gestión de «buque cerrado» para vigilancia y control de espacios en la base.
- Soporte a la implementación del GD.

Funcionalidades del GD

Algunas de las funcionalidades del GD irán más allá del ámbito logístico. Aquellas relativas a establecer las capacidades de la unidad, y el alistamiento general, constituyen aspectos de la gestión de personal u operativa. Por tanto, el GD interacciona con el SIL, pero también con otros sistemas como ARGO (Plataforma de Gestión de la Organización, actualmente a nivel conceptual) a diferentes niveles por definir, así como con los sistemas de gestión económica (SIDAE) o de personal (SIPERDEF) y otros que están pendientes de definirse.

Desde el punto logístico, el GD proporcionará servicios de información y apoyo a la toma de decisiones, que estarán orientados mayoritariamente a acelerar y facilitar el sostenimiento del buque. El GD, asimismo, podrá lanzar funcionalidades cuya ejecución se realizará en el SIL. Los servicios y funcionalidades inicialmente identificados para ser suministrados son:

Discrepancias en la configuración

Para alertar de discrepancias identificadas en la configuración mediante un dispositivo móvil conectado al SSI (por ejemplo, discrepancia entre la disposición real de los equipos y la disposición gráfica de los equipos).

Gestión de las tareas PMS

Se lanzará desde el GD y se ejecutará en el SIL. Mediante dispositivo móvil conectado al SSI se podrán consultar el programa de mantenimiento PMS del buque, consultar las tareas de mantenimiento asignadas al operario, registrar el grado de avance en la ejecución de las tareas de mantenimiento a su cargo y recibir alertas cuando se le asignen nuevas tareas de mantenimiento, a través del SIL.

Asistencia de RA para PMS

Ya explicado anteriormente, permitirá desde un dispositivo portátil lanzar y visualizar las siguientes tareas (ejecutadas en SIL): tareas de mantenimiento y acceso a la documentación técnica y procedimientos de los M/C en cuestión.

Asistencia remota para mantenimiento correctivo

Durante la realización de un mantenimiento correctivo, se puede establecer una vídeo-conferencia buque-arsenal que permita la asistencia técnica remota.

Lanzamiento de partes de mantenimiento

Lanzamiento desde un dispositivo móvil de una solicitud de parte de mantenimiento al SIL.

Tareas sin visibilidad utilizando realidad virtual

Desde un dispositivo portátil, y mediante el GD, el operario se podrá desplazar, alcanzar los objetos deseados, y realizar una operación de emergencia dentro de un local sin visibilidad (humo).

Trazabilidad de inventarios

Todos los repuestos del buque estarán etiquetados de forma digital; cuando son consumidos, son escaneados y el inventario del buque es automáticamente

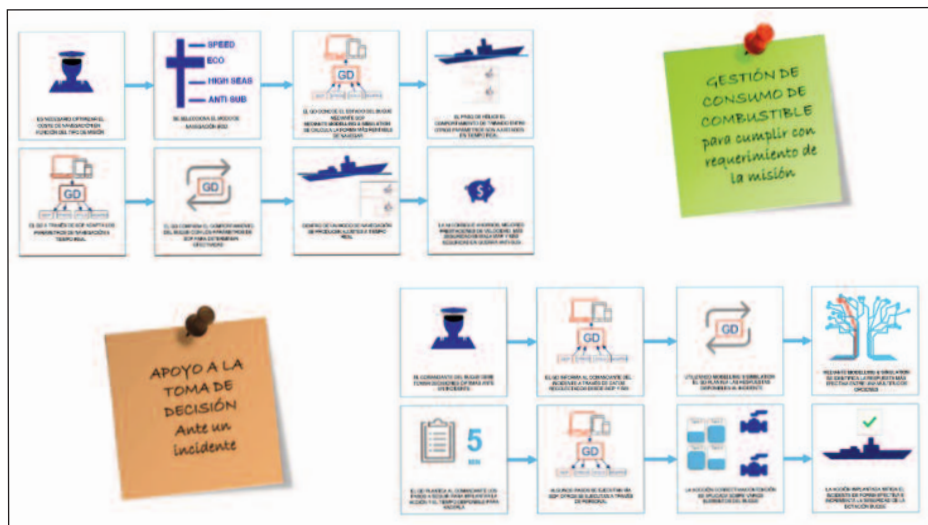


Figura 9.

actualizado. El pañol de repuestos tendrá un sistema de control de entradas-salidas.

Casos de uso

Se ha decidido implementar inicialmente sobre el GD dos casos de uso en forma de asistentes y están por determinarse hasta ocho posibles casos más. En la figura 9 se ilustra un esquema de alto nivel elaborado por Navantia de su propuesta para estos dos casos.

Consumo de combustible del buque. Factores del consumo

Para poder validar un modelo de consumo de combustible, lo primero es contar a bordo con medidores precisos y fiables de nivel de tanques de almacenamiento, cuestión que tradicionalmente no se ha conseguido en nuestros buques.

Son muchos los factores que van a influir en el consumo, tanto internos (reparto de carga de los generadores, número de generadores en operación, modo de propulsión, desplazamiento, estado de limpieza del casco, estado de salud de las máquinas...) como externos (estado de la mar, viento y corriente). De estos últimos, además, para poder proponer una derrota de ahorro será necesario contar con una predicción.

Por otro lado, podrán existir condicionantes de planificación basados en restricciones de horas de operación de las máquinas (cercanía al TBO, *Time Between Overhaul*), factores de carga, máquinas disponibles, operación silenciosa... para que el GD proporcione el mejor plan posible.

Será necesario categorizar cada máquina en función de su rendimiento. Los mapas de potencia/rpm/SFC (*Static Frequency Converter*) de cada máquina se mantendrán actualizados y se compararán permanentemente con respecto al mapa patrón de cada una de ellas, generado por medio de unas pruebas de calibración a realizar después de cada *overhaul*. El mapa actualizado de cada máquina permitirá al modelo seleccionar el punto de trabajo óptimo, jugando con los repartos de carga, paso, rpm, etcétera.

Modelado y simulación

El GD contará con un modelo de simulación de la navegación del buque con los parámetros obtenidos de los diferentes ensayos realizados durante el diseño y la construcción (ensayos de canal, pruebas de banco y de mar). Este modelo se mantendrá actualizado de forma continua mediante las medidas obtenidas de los sensores del buque, ajustándose al estado real del mismo, lo

que permitirá en cada momento realizar una proyección de consumo para una derrota determinada, con una configuración determinada, y solicitar al gemelo que realice un análisis de alternativas y proponga la óptima.

El GD elaborará un plan de navegación que permita alcanzar el destino en el tiempo requerido con una combinación de velocidades, con sus pares de paso/rpm y modos de propulsión a lo largo de la ruta que minimice el consumo.

Toma de decisión ante un incidente: fuego, inundación, impacto. Detección

El GD, mediante señales provenientes del SSI y otras, obtendrá patrones de temperatura, condición de inundación y deformación en todos los puntos de interés del buque. Utilizará la información de los sensores del sistema de detección de incendios, inundación y temperatura de los locales para identificar escenarios con fuego e inundación. A partir de los datos de los sensores de temperatura, fuego y humo se generarán mapas de extensión de las averías que servirán para definir los perímetros de seguridad y las fronteras de confinación de la avería. Está por determinar la viabilidad de contar con sensores adicionales de opacidad y oxígeno para caracterizar con mayor precisión la extensión del humo en escenarios de fuego.

El GD contará con modelos de propagación de la inundación, fuego y humo para evaluar los riesgos potenciales derivados de escenarios de este tipo. Estos modelos ofrecerán estrategias de confinación del daño, reevaluando las acciones propuestas al operador si los efectos no son los esperados. Asimismo, contará con algoritmos de decisión para la aplicación de las mejores medidas de lucha contra incendios, fijos y portátiles, para apoyar al operador en la toma de decisiones. El estado de disponibilidad de los sistemas de control de averías estará disponible desde el SICP y adaptará las acciones propuestas a la disponibilidad de los medios de control de averías.

El GD y la gestión logística. SIL Desplegado (SIL-D)

Siendo el principal enfoque del GD el logístico y habiendo sido también este el origen de la aplicación de las tecnologías 4.0 a nuestros buques, conviene ampliar la visión de las interconexiones entre el GD A Bordo (GDAB) con el denominado Gestor de Sostenimiento (GS) o SIL Desplegado (SIL-D) para llevar a cabo las funciones logísticas. Este GS integrará en su línea base las funcionalidades de sostenimiento (actualmente soportadas por las aplicaciones GALIA para mantenimiento y SIGAPEA para aprovisionamiento de primer escalón), en un entorno *software* que se denominará SIL-D (figura 10).

Para evitar los inconvenientes o limitaciones de funcionamiento de las actuales aplicaciones de sostenimiento en cuanto a la necesidad de disposición

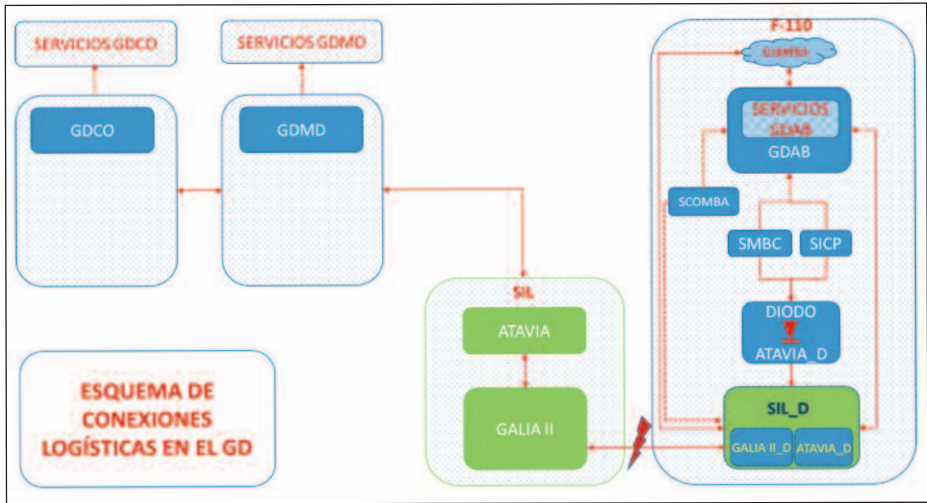


Figura 10.

de ancho de banda suficiente de satélite, SIL-D contará con un servidor a bordo para poder efectuar todos los procesos que sean necesarios (lanzamiento de partes de mantenimiento o pedidos de material, gestión del plan de mantenimiento y de víveres, documentación técnica, comercio electrónico, etc.). De esta forma, el usuario no precisará de ancho de banda específico para trabajar contra el actual servidor *web*, encargándose el servidor a bordo de la sincronización con las BBDD centrales del SIL cuando haya ancho de banda, de forma transparente al usuario.

En la figura 10 se ilustran las conexiones logísticas entre los diferentes sistemas implicados y los gemelos digitales:

El SIL-D, además de la gestión del sostenimiento ya citada, que se integrará en GALIA II-D, incluirá un módulo para la ingesta, procesamiento, análisis y presentación de los datos de los sensores a bordo, que proporcionará la capacidad de mantenimiento basado en la condición y predictivo. Este módulo se denomina ATAVIA-D (Automatización de Tareas de Vigilancia y Análisis), recibe datos del SICP y el SMBC e integra los algoritmos de mantenimiento predictivo inferidos en el ATAVIA Central (en el CESADAR) para los equipos monitorizados que dispongan de esta posibilidad, proporcionando estado de salud, alarmas, recomendaciones y disponibilidad en el rango temporal. Los usuarios a bordo («clientes») de SIL-D, mediante sus dispositivos móviles y a través de los servicios del GD, podrán realizar de manera ubicua las actuaciones logísticas necesarias.

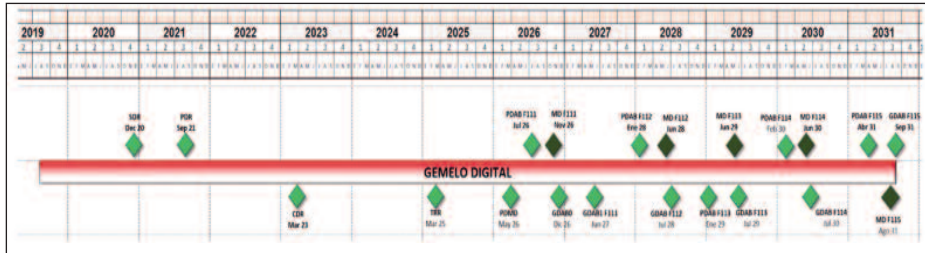


Figura 11.

Plan de desarrollo

La línea temporal de desarrollo del GD de la *F-110* irá alineada con los hitos generales del programa *F-110*, si bien la línea de desarrollo del GD dispone los hitos de revisión principales posteriores a los del buque para la correcta captación de la configuración de la definición digital del producto. Las fechas de los hitos más significativos en el desarrollo del GD se recogen en la figura 11, siendo:

- SDR: *System Design Review*.
- PDR: *Preliminary Design Review*.
- CDR: *Critical Design Review*.
- TRR: *Test Readiness Review*.
- PDA: Plataforma Digital A Bordo.
- PDMD: Plataforma Digital del Ministerio de Defensa.

En marzo de 2023, fecha en la que se producirá la CDR, está fijado el objetivo para tener definidas todas las interfaces del GD con los diferentes sistemas de la Armada.

Epílogo

Los requisitos de la Armada para la *F-110* constituyen un reto, pero también una oportunidad y requieren el diseño y construcción de una fragata inteligente capaz de aprovechar las tecnologías de vanguardia y dejar dimensiones para incluir las futuras.

Las nuevas tecnologías del universo 4.0 y el objetivo de obtención de los gemelos digitales (tanto del astillero como de la Armada) conllevan un proceso de adaptación del apoyo logístico y de racionalización e integración de sus aplicaciones logísticas, destacando un esfuerzo considerable en la obtención de la capacidad de mantenimiento predictivo para un mantenimiento centrado

en la fiabilidad (RCM) y de un conjunto de indicadores de rendimiento que ayuden a los mandos de nuestra organización en la toma de decisiones.

Como en anteriores ocasiones, todos los miembros de la Armada están trabajando con enorme ilusión y sacrificio para alcanzar los objetivos previstos y poder contar con una clase de fragatas en la vanguardia mundial.



BIBLIOGRAFÍA

Apoyo Logístico 4.0. EMA.

Plan de acción para la transformación del apoyo logístico al concepto 4.0. EMA.

Concepto de Apoyo Logístico de 6 de julio de 2017. EMA.

Apoyo Logístico 4.0. Propuesta de requisitos programa *F-110* de 7 de noviembre de 2017. EMA.

Documento 832-8-01-CEC-0A1, Especificaciones de Contrato de la Maqueta y Gemelo Digital.

0A11D116 Documento Definición de la Maqueta/Gemelo Digital 835-8-76 Navantia.

0A11D156 835-8-70 Modificaciones a la Línea Base Navantia.

564-A *F-110* (Fase de Definición) Especificación Preliminar Función SICP SOES Documento núm. 832-2-08 Navantia.

564-A *F-110* (Fase de Definición) Especificación Preliminar Función SICP CAPES Documento núm. 832-2-07 Navantia.

Presentación Navantia PDR-SCC1 SSI (Sistema de Servicios Integrados) Madrid, junio 2018.

F-110 Plan de Desarrollo del GD (Borrador) Documento núm. 00A1020001L Navantia.