
CONSIDERACIONES PARA IMPLEMENTAR TECNOLOGÍA EN FRAGATAS CHILENAS

♦ RESUMEN ♦

Estar inserto en la Cuarta Revolución Industrial, significa saber y atreverse a hacer uso de la tecnología, es decir, tener la capacidad y conocimiento para implementarla y explotarla buscando una operación eficiente.

Cabe señalar, que instalar tecnología en un activo físico como una fragata, más aún si se construye en el país, no solo debe considerar el elemento tecnológico, sino, además, incluir los factores que se encuentran en el contexto de su obtención y funcionamiento durante el ciclo de vida.

Palabras claves: Gemelo digital, fragatas, clasificación, offset

CONSIDERATIONS FOR IMPLEMENTING TECHNOLOGY IN CHILEAN-BUILT FRIGATES

♦ A B S T R A C T ♦

Being part of the Forth Industrial Revolution means knowing and daring to make use of technology, that is, having the ability and knowledge to implement and exploit it for an efficient operation. It is worth noting that installing technology in a physical asset such as a frigate, more so if it is indigenously built, should not only consider the technological factor, but also include aspects that are in the context of its procurement and operation during her life cycle.

Keywords: Digital twin technology, frigates, offset



BENJAMÍN RIQUELME OYARZÚN

Capitán de fragata AB (R)
Director carrera logística y comercio exterior DUOC UC
Magíster en Gestión mención Control de la PUCV.
Magíster en Historia de la PUCV.
Magíster en Ingeniería en Sistemas Logísticos (P.U.C.V.
/ACAPOMIL).
(benjaminriquelmeoyarzun@gmail.com)

La propuesta de este artículo es plantear consideraciones que van aparejadas a la incorporación de tecnología en una fragata, en especial si se construyen en el país, las que se extrapolan a otros activos físicos. Para lo anterior, arbitrariamente se seleccionó el gemelo digital o *digital twins* como tecnología a implementar, puesto que reúne las condiciones adecuadas para analizar, como por ejemplo, es disruptiva, requiere Internet de las Cosas (IoT), aplica Inteligencia Artificial (IA) y análisis de datos en su operación, además, es una tendencia tecnológica en ascenso, ya que la consultora *Accenture* la posicionó dentro de las cinco principales tecnologías el 2021.¹ Otro punto de interés es la implantación del gemelo digital en varias industrias, entre las que se encuentra la minería, la arquitectura urbana y la construcción naval.

Un gemelo digital es una representación virtual de un sistema físico, una copia de este con el objeto de monitorear y analizar su comportamiento de acuerdo a los parámetros en que opera o a un cambio de ellos -temperatura, presión, humedad y horas de operación, entre otros-, lo que sirve para hacer simulaciones y predicciones de la conducta del activo.

Por último, la adopción de tecnología no tiene que centrarse únicamente en el objeto, es necesario introducir en la esfera de decisiones el financiamiento y soporte durante el ciclo de vida, tanto del activo físico como de la tecnología; para lo cual, se plantearán como alternativas el *Offset* y la clasificación de buques de guerra.

Ejemplificación de implementación tecnológica

○ Gemelo digital

El uso del término gemelo digital se inició el año 2003, cuando el ingeniero

informático *Michael Grieves* lo utilizó en una conferencia sobre gestión del ciclo de vida de un producto.² Esta tecnología crea una réplica virtual de un objeto o sistema existente en el mundo real, como un barco, avión, industria o equipo, los que, mediante la conjunción de IoT y sensores, emiten datos de la operación y del ambiente en que se encuentra, los que posteriormente son analizados para tomar decisiones correctivas, en caso esté operando bajo parámetros inadecuados. Asimismo, la recopilación de innumerables datos a lo largo del tiempo genera secuencias de funcionamiento que, mediante IA se modela digitalmente el comportamiento que tendría el elemento real bajo ciertas condiciones al modificar los parámetros en que opera.

Esta tecnología ha ido adquiriendo una rápida madurez, lo que faculta su instalación segura y, a medida que se masifique, su costo irá disminuyendo. La minera Los Bronces de *Anglo American* comenzó el año 2020 su proyecto gemelo digital, que corresponde a un simulador virtual empleado para visualizar desde cualquier lugar las faenas en tiempo real, cuya ventaja se traduce en liberar tiempos de traslado, optimizar la seguridad de las personas y posibilita que ejecutivos, de distintas partes del mundo, puedan hacer recomendaciones a procesos, sin tener que viajar. También se proyecta a futuro la factibilidad de revisar y analizar la data histórica, con el propósito de modelar distintos escenarios para avanzar hacia una operación más predecible.³

El mundo de la arquitectura está explotando el potencial del gemelo digital como banco de pruebas, para estudiar el impacto de cambios propuestos a una ciudad y optimizar los sistemas de transporte, incluidos autobuses y drones autónomos.⁴

1. https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-4/Accenture-Tech-Vision-2021-Full-Report.pdf
2. <https://www.bbva.com/es/que-es-un-gemelo-digital-y-para-que-sirve/>
3. <https://www.mch.cl/2020/12/01/conozca-el-proyecto-de-gemelo-digital-de-minera-los-bronces/#>
4. <https://www.dezeen.com/2021/08/03/digital-twins-anne-asensio-dassault-systemes-interview/>

En el ámbito de la construcción naval se destaca el caso de Navantia y la Armada de España. En una entrevista, el director de Tecnología y Transformación Digital de Navantia, Donato Martínez, señala que implementarán el gemelo digital en las fragatas F-110 con un enfoque externo –uso de la Armada- e interno –uso del astillero-. El primer enfoque pretende representar la unidad y su funcionamiento con una cantidad y características de datos que genere información de calidad, para que sea un aporte a la toma de decisiones del comandante, la dotación y el apoyo terrestre. Respecto al empleo interno, se refiere al uso de la información producida con el fin de que Navantia mejore el diseño, los flujos productivos y facilite el sostenimiento, entregando al cliente un programa de mantenimiento eficiente y que demande menos costos. Igualmente, Martínez hace presente que la maqueta digital, que permite

visualizar en 3D o realidad aumentada el activo físico, no es lo mismo que el gemelo digital, puesto que éste cuenta con tecnología como la inteligencia artificial, que apoya la modelación y la simulación del comportamiento del buque⁵ (Ver imagen 1).

Una implementación de gemelo digital debe proponerse en base a etapas y priorización de los equipos a monitorear, en ningún caso de manera imprevista y considerando todos los sistemas. Al tratarse de una tecnología compleja y de alta utilidad, es fácil cometer errores y, por ende, sea desechada, desperdiciando una oportunidad para avanzar tecnológicamente y sacar provecho de la Cuarta Revolución Industrial.

Es tiempo de comenzar con la capitalización de los datos, es decir, explotar los años que se lleva poblando

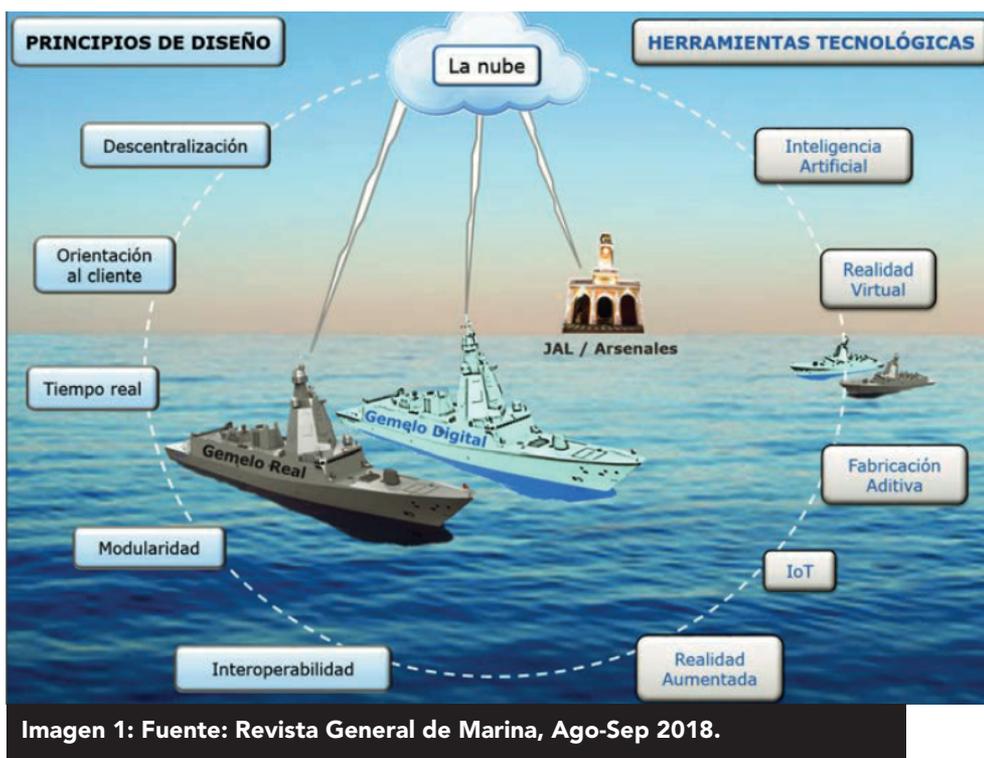


Imagen 1: Fuente: Revista General de Marina, Ago-Sep 2018.

5. <https://www.infodefensa.com/es/2020/12/09/noticia-martinez-primer-barco-mundo-contratado-gemelo-digital.html>



el ERP Salino con transacciones de compras, fallas de equipos, órdenes de trabajo, etc., para lo cual se tiene que comenzar a revisar la calidad de los datos⁶ ingresados al sistema, la información que genera y su utilidad, para establecer las modificaciones que sean necesarias. Es preciso explicitar que la capitalización de los datos es el soporte para guiar la estandarización de equipos, definir la documentación técnica que se requiere de los fabricantes o proveedores, establecer niveles de stock, identificar la necesidad de capacitación, herramientas e instalaciones para mantenimiento, entre otras cosas.

Luego de la capitalización de los datos, se deben priorizar los equipos que serán sensorizados y los parámetros que serán examinados, además de aprovechar de probar la emisión y recepción de los datos y la incorporación de insumos a la IA -tipo *machine learning*- para revisar sus resultados, todo bajo una modalidad prototipo mínimo viable, que se sustenta en la aceptación del fracaso a bajo costo y de fallar rápido para corregir rápido. Una vez extraídas las lecciones aprendidas, se avanza iterativamente y dentro de un círculo virtuoso, hasta estar seguros

de lo que abarcará el gemelo digital en las nuevas fragatas -equipos a sensorizar, datos a extraer, arquitectura de transmisión de datos, información a generar y funcionamiento probado de la IA-.

○ **Offset**

Es una herramienta de compensación industrial, comercial o social, que suele acompañar a los contratos de adquisición de sistemas de armas. Generalmente son acuerdos comerciales entre el Estado comprador y la empresa proveedora, que obligan a esta última a realizar proyectos cuyos resultados económicos y beneficios verificables, igualarán la cantidad de dinero invertido en el contrato de venta. De esta forma, el país comprador accede a tecnologías y conocimientos que complementan y potencian su desarrollo.

La adopción de una nueva tecnología como el gemelo digital, lleva aparejada un par de variables de peso que es recomendable tenerlas en consideración, como es asegurar el traspaso tecnológico y garantizar su operación a lo largo del ciclo de vida de la fragata, para

6. Ejemplos: ante la falla de un equipo se detallan claramente los síntomas, la falla, los parámetros históricos en que operaba el equipo y las medidas tomadas. Materiales identificados con NATO *Stock Number*, junto con fabricante verdadero y proveedores nacionales e internacionales.

lo cual se demanda contar con técnicos capacitados, herramientas especiales, documentación técnica e infraestructura específica, en otras palabras, cubrir el *Integrated Logistics Support* (ILS). Un caso paradigmático de infraestructura específica, es la construcción del centro de integración de sistemas en tierra para las fragatas F-110, en la base naval de Rota, España, donde se equiparán las dependencias para "apoyar la ingeniería de integración, instalación y pruebas de los sensores y sistemas que se incorporarán en el nuevo mástil integrado de la fragata F-110."⁷

En consecuencia, se requiere una importante inversión inicial tanto en la adquisición de tecnología, como en la creación de las condiciones indispensables para que sea sostenible en el país, motivo por el cual indudablemente tiene que existir una fuente de recursos que financie la tecnología y su ecosistema.

Al respecto, el *Offset* es una solución normada, probada y motivadora para el estamento político y social. Las ideas que se han instalado sobre este modelo de compensación, en el sentido que encarece los proyectos y/o que puede tener más prioridad que el cumplimiento de las características técnicas del sistema de armas, tiene que cambiar, porque igual se necesita alguien que financie el sustento de una nueva tecnología y con una buena matriz de decisión –transparente y criterios con ponderaciones equilibradas– se deja fuera todo cuestionamiento a la selección del bien o servicio. Por lo tanto, el *Offset* tendría que ser asumido como la llave que asegura y concreta la transferencia tecnológica, que permite acceder al *know-how*, que norma el contacto y compromiso de trabajo conjunto con empresas reconocidas, atrae inversión tangible y transparente, ya sea para la defensa como para la industria civil, y

cuenta con el respaldo del Estado, el apoyo político y empresarial.

○ Clasificación de buques militares

Las normas de seguridad marítima están dadas por un sistema donde interactúa la legislación internacional como el *Safety of Life at Sea* (SOLAS) o el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL), con la Organización Marítima Internacional (OMI) que supervisa los convenios, y las sociedades de clasificación –*Bureau Veritas, Lloyd's Register, American Bureau of Shipping*, etcétera–, encargadas de velar para que los buques sean construidos y operados de acuerdo a las disposiciones vigentes.

La seguridad en la navegación de una embarcación es una responsabilidad inicial del astillero constructor, y que ha ido ganando preponderancia en la construcción de buques de guerra de la OTAN, los que llegan a estar clasificados parcial o totalmente bajo la normativa *Allied Naval Engineering Publication 77* (ANEP-77), conocida como *Naval Ship Code* (NSC), que nació del trabajo cooperativo entre la OTAN y las sociedades de clasificación durante la primera década del 2000. El NSC se diferencia de varios estándares civiles, ya que no es prescriptivo, sino que está basado en objetivos, que se caracteriza por definir qué debe cumplirse, en contraposición al cómo hacerlo, puesto que está enfocado a Estándares Basados en Objetivos (*Goal Based Standards*). A mayor abundamiento, no se especifican los medios para lograr el cumplimiento, sino que establece niveles escalonados de objetivos que serán satisfechos con los medios, creatividad e innovación del astillero constructor.

Dentro de las ventajas del NSC se destacan:

Consideraciones para implementar tecnología en fragatas...

7. <https://www.infodefensa.com/es/2021/05/07/noticia-centro-sistemas-fragatas-empieza-coger-forma.html>

- o Es un código vivo, que va incorporando nuevas medidas de seguridad en función de los avances tecnológicos, entre los que se encuentra la ciberseguridad a bordo, considerando el uso masivo de internet.⁸
- o Al adaptar estándares comerciales para los buques de guerra, se logra una mejor eficiencia en la gestión de la seguridad y la disminución de costos a lo largo del ciclo de vida del activo.
- o Una certificación externa a la del astillero y el cumplimiento de normas internacionales, genera en el cliente una mayor confianza en el producto que recibe y le añade un valor agregado al buque construido.

Finalmente, como antecedentes complementarios se tiene que no es necesario aplicar el NSC en su totalidad, ya que cualquier país es libre de implementar todo o parte del código, al estar supeditado a las regulaciones internas. Sin embargo, es necesario considerar cómo se verificará a lo largo de la vida útil del buque el cumplimiento del NSC para evitar una degradación de la seguridad. Del mismo modo, el NSC no tiene la intención de aplicarse a las operaciones de combate o amenazas asociadas, porque el código está destinado a las condiciones operativas y

escenarios de daños previsible aplicables a la seguridad marítima y en tiempo de paz.⁹

Conclusiones

La implementación de nueva tecnología conlleva desafíos que abarcan a toda la organización y *stakeholders*, y debe ser abordada con una mirada holística y proyectada en el tiempo, puesto que una tecnología que ahora puede parecer inalcanzable por costos o inmadura, en el corto plazo es muy factible que sea accesible. No obstante, el producto tecnológico físico no lo es todo, resulta imprescindible tomar en cuenta su operación a través del tiempo y los elementos necesarios para ello, lo que implica contar con financiamiento.

La tecnología está cambiando paradigmas, lo mismo debe hacerse sobre el *Offset* y la clasificación de los buques de guerra. El primero es una herramienta probada por varios países y, si tiene desventajas, lo importante es trabajar en superarlas, evitando comenzar a inventar de la nada una nueva forma de asegurar traspaso tecnológico. Sobre la clasificación, son normativas que otorgan garantías reales a la operación de la unidad en la mar y le proporciona un valor agregado tanto al constructor como al cliente.



BIBLIOGRAFÍA

- 1 https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-4/Accenture-Tech-Vision-2021-Full-Report.pdf
- 2 <https://www.bbva.com/es/que-es-un-gemelo-digital-y-para-que-sirve/>
- 3 <https://www.mch.cl/2020/12/01/conozca-el-proyecto-de-gemelo-digital-de-minera-los-broncos/#>
- 4 <https://www.dezeen.com/2021/08/03/digital-twins-anne-asensio-dassault-systemes-interview/>
- 5 <https://www.infodefensa.com/es/2020/12/09/noticia-martinez-primer-barco-mundo-contratado-gemelo-digital.html>
- 6 <https://www.infodefensa.com/es/2021/05/07/noticia-centro-sistemas-fragatas-empieza-coger-forma.html>
- 7 <https://www.rumaniamilitary.ro/wp-content/uploads/2019/02/153-3801-1-PB.pdf>

8. La clasificadora *American Bureau of Shipping* considera el cumplimiento *CyberSafety*, al incluir *Integrated Software Quality Management*.

9. <https://www.rumaniamilitary.ro/wp-content/uploads/2019/02/153-3801-1-PB.pdf>