



XIII MÁSTER EN LOGÍSTICA Y GESTIÓN ECONÓMICA DE LA DEFENSA

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE OBSOLESCENCIAS EN LA FASE DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA F110 (PGOF110). IMPLEMENTACIÓN DE UNA GESTIÓN EFICIENTE DE OBSOLESCENCIAS A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA

Trabajo de Fin de Máster. Curso académico 2023 – 2024

APELLIDOS Y NOMBRE: Aboal Cruceira, Carlos

TUTORA: Marta Fossas Olalla (UCM)

CONVOCATORIA: Junio 2024

VºBº de la Tutor/a

Fdo.: Marta Fossas

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	7
RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. LA GESTIÓN DE LA OBSOLESCENCIA DE COMPONENTES	13
2.1.1. La obsolescencia en sistemas dominados por el sostenimiento	14
2.1.2. Medidas para la gestión de la obsolescencia	15
2.1.3. El empleo de componentes COTS (<i>Commercial Off-The-Self</i>)	19
2.1.4. Implementación y funcionamiento de un equipo de gestión de obsolescencias	21
2.1.5. Desarrollo de un plan de gestión de obsolescencias	23
2.1.6. Implementación de la resolución de la obsolescencia	24
2.1.7. El proceso de decisión de la solución de la obsolescencia	24
2.1.8. El coste de la obsolescencia	25
2.1.9. Herramientas para el seguimiento y control de la gestión de la obsolescencia	27
2.2. LA GESTIÓN DE LA OBSOLESCENCIA EN LA ARMADA	29
2.2.1. La Gestión de la obsolescencia en los Programas de Obtención y su integración en el ALI (Apoyo Logístico Integrado)	29
2.2.2. El control y gestión de la obsolescencia en la Armada	31
3. EL PLAN DE GESTIÓN DE OBSOLESCENCIAS PARA EL PROGRAMA F110 (CONTRATISTA)	36
3.1. VALORACIÓN DE LOS RIESGOS	38
3.2. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS	38
3.3. EXTRACCIÓN Y FILTRADO DE LAS LISTAS DE MATERIALES (BOM) ...	39
3.4. ANÁLISIS DE RIESGOS DE LOS COMPONENTES	39
3.5. PRIORIZACIÓN DE COMPONENTES Y DECISIONES DE MITIGACIÓN ...	40
3.6. ESTRATEGIAS PREVISTAS PARA LA MITIGACIÓN DE OBSOLESCENCIA	40
3.7. PROCESO DE VIGILANCIA/ INFORMACIÓN DE LA OBSOLESCENCIA ..	41
3.8. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PGOF110	43
3.9. PROBLEMÁTICA PREVIA AL ESTUDIO	43
4. METODOLOGÍA	45

5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS DE LA GESTIÓN DE OBSOLESCENCIAS DEL PROGRAMA F110.....	48
5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL GT ALI F110.....	48
5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS Y ENCUESTAS	51
6. CONCLUSIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXO I. LISTADO DE EQUIPOS PROGRAMA F110 CON ESTRATEGIA VIGILANCIA PROACTIVA (LISTADOS B y D)	80
ANEXO II. LISTADO DE EQUIPOS PROGRAMA F110 CON ESTRATEGIA VIGILANCIA REACTIVA (LISTADOS B Y D).....	82
ANEXO III. LISTADO DE EQUIPOS PROGRAMA (LISTADOS A, C Y E).....	86
ANEXO IV. LISTAS DE MATERIAL POR RAZÓN DEL COMPRADOR	88

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar expresando mi profundo agradecimiento a mi mujer, quien ha sido mi mayor apoyo y fuente de ánimo a lo largo de la elaboración de este trabajo. Sin su sacrificio al asumir una mayor carga en las tareas del hogar, no hubiera sido posible avanzar. Además, quiero complementar expresando mi gratitud hacia mis hijos, cuya sonrisa diaria también ha sido una motivación extra en este proceso.

Agradezco enormemente a mi apreciada tutora, Marta Fosas, por su dirección impecable y paciencia infinita en la supervisión y corrección de este trabajo. Sus sabios consejos, prontitud en la retroalimentación y constante apoyo fueron fundamentales para su realización.

También quiero reconocer el magnífico trabajo en la sombra de José Manuel Martínez, mi tutor militar, quien me ha brindado valiosos consejos, apoyo constante y tiempo, y ha sido el mejor nexo de unión con los miembros del grupo de trabajo ALI que he podido tener, lo que me ha permitido realizar el análisis de este trabajo.

A Javier y a Alberto, de Navantia, les expreso mi sincero agradecimiento por ofrecerme su valioso tiempo, su amplia visión de la gestión de obsolescencias y su incondicional apoyo.

Por su puesto, agradezco sinceramente a todos los miembros del Grupo de Trabajo ALI su dedicación y colaboración en este proyecto. Cada uno ha contribuido con su granito de arena en la consecución de este trabajo. Siempre han demostrado un ánimo constructivo y un propósito claro de apoyar la gestión logística de la Armada para hacerla más eficiente. Su compromiso y esfuerzo conjunto han sido fundamentales para alcanzar mi objetivo.

Por último, también quiero agradecer la ayuda de mi padre, esté donde esté. Su ejemplo a lo largo de toda su vida ha sido el motor de mi carrera profesional.

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ADISOS.....	Almirante Director de Sostenimiento
AEL.....	Árbol de Elementos Configurados
AJEMA.....	Almirante Jefe de Estado Mayor
AJAL.....	Almirante Jefe del Apoyo Logístico
ALI.....	Apoyo Logístico Integrado
BOM.....	Bill of Materials
BUI.....	Buque, Unidad o Instalación
CAL.....	Concepto de Apoyo Logístico
CAP.....	Comité de Avance del Programa
CFA.....	Contracting of Availability
CLSSA.....	Cooperative Logistics Supply Support Arrangement
COA.....	Courses of Action
CONLOG.....	Concepto Logístico
COTG.....	Component Obsolescence Team Group
COTS.....	Commercial Off-The-Self
C5ISR.....	Command , Control, Computers, Comms, Cyber, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
DDV.....	Documento de Viabilidad
DMEA.....	Defence Microelectronics Activity
DMSMS.....	Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages
DRP.....	Design Revise Planning
DGAM.....	Dirección General de Armamento y Material
EDD.....	Especificaciones de Diseño
EOL.....	End of Life
ETC.....	Especificaciones Técnicas de Compra
FFF.....	Form, Fit and Function Replacement
FMS.....	Foreign Military Sales
GALIA.....	Gestión del Apoyo Logístico Integrado en la Armada
GRES.....	Grado de Esencialidad de un Equipo respecto al buque

GRESP.....	Grado de Esencialidad de la Pieza respecto al Equipo
ICV.....	Ingeniería de Ciclo de Vida
IACV.....	Ingeniería de Apoyo al Ciclo de Vida
IPLOG.....	Instrucción Permanente de Logística
ISDEFE.....	Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España S.A.
JAL.....	Jefatura de Apoyo Logístico
NNP.....	Norma No Permanente
NP.....	Norma Permanente
OCM.....	Original Component Manufacturing
OEM.....	Original Element Manufacturing
OMP.....	Obsolescence Management Plan
OSA.....	Arquitectura de Sistemas Abiertos
OTG.....	Obsolescence Team Group
PALI.....	Plan de Apoyo Logístico Integrado
PBL.....	Performance Based Logistics
PGO.....	Plan de Gestión de Obsolescencias
PGOF110.....	Plan de Gestión de Obsolescencias del Programa F110
RIRO.....	Repairable Item Replacement Option
SIGMA-WEB.....	Sistema Integrado de Gestión de Material en la Armada
SIL.....	Sistema Integrado de Logística
WLC.....	Whole Life-Cycle Cost
YTEOL.....	Years Till End Of Life

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de elementos COTS no disponibles en los 10 primeros años del ciclo de vida de un sistema sonar de un buque (cortesía de NAVSURFWARCENDIV)	15
Figura 2. Enfoques de resolución de obsolescencia	16
Figura 3. Estrategias de mitigación	17
Figura 4. Evolución de la obsolescencia en función del enfoque de gestión	17
Figura 5. Niveles de proactividad en la Gestión de la Obsolescencia	18
Figura 6. Los tres niveles de gestión de la obsolescencia	19
Figura 7. Diferencia en los ciclos de vida del equipamiento militar y los COTS Fuente: Meyer et al. (2003)	21
Figura 8. Proceso de selección de la estrategia	25
Figura 9. Métricas de Estimación de costes UK versus DMEA	26
Figura 10. Encuadre del Control de Obsolescencias en la ICV	30
Figura 11. Hoja de Ruta del PGOF110	36
Figura 12. Probabilidad de obsolescencia	39
Figura 13. Impacto en la Operación	40
Figura 14. Matriz de Probabilidad para la priorización de componentes y decisiones de mitigación (PGOF110)	40
Figura 15. Matriz de Riesgo de Obsolescencia	40
Figura 16. Estrategias de mitigación de la Obsolescencia para el Programa F110	40
Figura 17. Proceso de monitorización/ información de la Obsolescencia para el Programa F110	42
Figura 18. Estado de salud de la Obsolescencia de un sistema	43
Figura 19. Hitos del Programa F110	44
Figura 20. Diagrama de Flujo de la documentación y entregables del Programa F11060	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Puntos de confrontación en el GT ALI	49
Tabla 2: Bloques de temas en análisis	53
Tabla 3: Ejemplos de enfoques de mitigación proactivos frente a reactivos	55
Tabla 4: Grados de esencialidad (GRES y GRESP)	58
Tabla 5: Encuesta sobre composición de los COTG	62
Tabla 6: Herramientas necesarias para una gestión proactiva	63
Tabla 7: Análisis factores internos y externos	65
Tabla 8: Análisis DAFO	66
Tabla 9: Análisis DAFO. Estrategias	67
Tabla 10: Métricas Estado de Salud Obsolescencias por Equipos/Sistemas	72
Tabla 11: Enfoques de Resolución y Estrategias de Mitigación	73

RESUMEN

La gestión de obsolescencias en el Programa de Fragatas F110 para la Armada es de suma importancia debido al creciente impacto de la obsolescencia de componentes en la vida útil de los sistemas electrónicos, especialmente en entornos militares donde los costes del ciclo de vida superan significativamente los costes de adquisición.

Nuestra investigación revela la complejidad inherente en la gestión de obsolescencias en el Programa de Obtención de las cinco fragatas F110. Se han identificado discrepancias sustanciales entre Navantia y la Armada, así como puntos críticos que requieren atención inmediata.

Para abordar estas brechas y mejorar la eficiencia del programa, proponemos una serie de recomendaciones prácticas, fundamentadas en el método del caso. Planteamos una estrategia de reorientación que busca fortalecer la colaboración entre Navantia y la Armada, estableciendo líneas de acción específicas para mejorar la gestión de obsolescencias y garantizar la operatividad continua de las fragatas F110 en el futuro.

Palabras clave: obsolescencia, dominados por el sostenimiento, análisis de riesgos, estrategias de mitigación, ingeniería de apoyo al ciclo de vida

Abstract

The management of obsolescence within the F110 Frigate Program for the Navy holds significant importance due to the escalating impact of component obsolescence on the lifespan of electronic systems, particularly in military contexts where life cycle costs markedly surpass acquisition expenses.

Our investigation unveils the inherent intricacies in obsolescence management within the procurement program of the five F110 frigates. Substantial disparities between Navantia and the Navy have been discerned, alongside critical focal points necessitating immediate attention. To bridge these disparities and augment program efficacy, we propose a series of pragmatic recommendations underpinned by the case study methodology.

We advocate for a realignment strategy aimed at bolstering collaboration between Navantia and the Navy, delineating specific courses of action to ameliorate obsolescence management and ensure the sustained operational viability of the F110 frigates in the forthcoming years.

Keywords: *obsolescence, sustainment-dominated, risk analysis, mitigation strategies, life cycle support engineering*

1. INTRODUCCIÓN

Los buques y unidades de la Armada están equipados con una gran cantidad de sistemas que tienen un ciclo de vida excepcionalmente largo, en algunos casos superior a los treinta años. Sin embargo, esta durabilidad contrasta con la corta vida útil de muchas de sus piezas, componentes, materiales, software (SW) y tecnologías, lo que conduce a problemas en su mantenimiento a medio y largo plazo. En los últimos años, los casos de obsolescencia son cada vez más frecuentes debido principalmente a la complejidad de los equipos y sistemas militares, así como al aumento de componentes COTS (*Commercial Off-The-Self*).

Este aumento de casos puede tener un impacto significativo en la operatividad de los buques, y en el coste de su sostenimiento. La Armada, tal y como establece el documento preliminar que regula este proceso (Jefatura de Apoyo Logístico, 2023), identifica este problema y establece la necesidad de abordar de forma sistémica las obsolescencias en su ámbito con un doble propósito; el de mitigar su efecto en la disponibilidad de los equipos, por un lado; y el de buscar la mayor eficiencia posible en las soluciones, por el otro.

Históricamente, la gestión de la obsolescencia ha adoptado principalmente un enfoque reactivo, caracterizado por la resolución de problemas una vez que surgen o se manifiestan averías. Sin embargo, este enfoque se torna insuficiente en contextos donde los casos de obsolescencia se multiplican, dado que las soluciones reactivas suelen resultar más costosas y prolongar los períodos de inactividad operativa. En contraste, los enfoques proactivos emergen como alternativas más eficaces al procurar anticiparse a la obsolescencia antes de su ocurrencia, lo que potencialmente reduce los costes asociados y minimiza los períodos sin actividad productiva.

Esto no significa que todos los equipos precisen de una gestión proactiva, lo que supondría un coste inasumible. Para discernir los componentes que requieren una vigilancia proactiva, es esencial establecer una priorización basada en criterios de criticidad que consideren simultáneamente tres conceptos clave: la probabilidad de obsolescencia, el impacto en la operación o la seguridad, y el coste asociado. La gestión proactiva de obsolescencias, por lo tanto, tiene que implementarse para los equipos más críticos de los buques y unidades, y para el resto seguiremos un enfoque reactivo.

La gestión proactiva de obsolescencias en los programas de adquisición naval emerge como un desafío novedoso para la Armada, demandando la integración de conocimientos y experiencias provenientes del sector de Defensa, especialmente en el

ámbito naval. Este imperativo resalta la importancia de recurrir a la colaboración con empresas con un amplio bagaje en la resolución de problemáticas similares. La industria de defensa, con su larga trayectoria en el desarrollo y suministro de equipos y sistemas, no solo para la Armada sino también para otras fuerzas navales aliadas, como lo ejemplifica el Programa de Fragatas para la Real Armada Noruega, dispone de métodos y planes destinados a gestionar eficazmente la obsolescencia de sus productos.

El Programa F110 se postula como un elemento de cambio fundamental en el diseño del nuevo paradigma de apoyo logístico, que, además, será aplicable para la puesta en servicio de nuevas unidades, incorporando de manera gradual y coherente, bajo la premisa de eficacia y coste, aquellas que ya están operativas. El Plan de Apoyo Logístico Integrado (PALI) para las F110 se organiza en una serie de planes generales y específicos que engloban diversas actividades logísticas dentro del marco del ALI. En el PALI, se subraya la importancia de prestar una atención particular a las obsolescencias a lo largo del ciclo de vida, tanto en los componentes COTS como en las actualizaciones de SW.

Navantia inició la Fase de Definición y decisión del Programa F110 para respaldar la elaboración del Documento de Viabilidad (DDV) y las Especificaciones de Diseño (EDD). En este proceso, se incluyó el Plan de Gestión de Obsolescencias del Programa F110 (PGOF110) como parte esencial de la documentación técnica de Ingeniería de Apoyo al Ciclo de Vida (IACV), necesaria para que el Ministerio de Defensa pueda formalizar contratos con el astillero constructor para la construcción, integración y pruebas del buque. Este documento (N.º doc. 850-8-17) describe los procesos, procedimientos y entregables que se utilizarán en la gestión de la obsolescencia durante la Etapa de Producción¹ del Programa F110, así como la transición hacia la fase operativa.

El Programa F110 se encuentra en la actualidad en la Fase de Ejecución, donde se ha definido una serie de estructuras de tareas clasificadas en dos grandes grupos: los planes generales y los planes parciales. La gestión /mitigación de obsolescencias (id. 080-02) está contenida dentro de los planes generales y tiene como actividad asociada su actualización (080-02-01).

La actualización del PGOF110, desarrollado en la Fase de Definición y Decisión, está referida a los equipos y sistemas cuya responsabilidad de negociación de adquisición

¹ La Fase de Ejecución del Programa F110 comprende dos Etapas: la Etapa de Diseño y la Etapa de Producción, construcción, desarrollo o adquisición. Cuando nos refiramos a la segunda etapa, y a efectos de abreviar su denominación, nos referiremos a ella como Etapa de Producción.

es del Contratista Principal (Listas B y D de los anexos I y II), en nuestro caso, Navantia. Entre las actividades fundamentales recogidas en el PGOF110 están:

- la identificación de elementos COTS instalados en los buques, basada en la configuración de éstos
- el desarrollo de una base de datos para la gestión de obsolescencias de COTS
- la identificación de elementos críticos que requieren un plan de acción durante la etapa de producción de los buques
- la identificación de alternativas para la mitigación de las obsolescencias de los elementos críticos.

Para el seguimiento de la actualización del PGOF110 (núm. 0080520002L) se creó en el primer semestre del 2024, el Grupo de Trabajo ALI F110, en adelante GT ALI F110, formado por expertos y responsables de la Armada, DGAM y Navantia en materia de obsolescencia. Este GT tiene como cometidos, la revisión documental, la alineación de los principios básicos, los fundamentos de la gestión de la obsolescencia y la actualización del PGOF110.

El resultado de esta primera reunión marcó un importante paso adelante en la discusión y actualización de aspectos tanto generales como específicos del PGOF110. No obstante, también evidenció notables discrepancias en la interpretación de ciertos conceptos y términos, así como en los criterios para la selección de equipos y componentes, y en la evaluación de los riesgos asociados a la elaboración de las listas de materiales (BOM, *Bill of Materials*). Se destacó la necesidad de abordar ciertas actividades relacionadas con la gestión de obsolescencias que aún están en fase de desarrollo, como la falta de documentación importante (PGO's, Listas BOMS, identificación de elementos COTS...) y la creación de una base de datos para gestionar obsolescencias.

La Armada muestra un fuerte interés en definir su doctrina y establecer pautas para la gestión de obsolescencias en el ámbito del Apoyo Logístico. La intención es transferir la mayor parte de las responsabilidades de gestión proactiva a los principales contratistas y proveedores, manteniendo la supervisión, el control y la toma de decisiones en la medida en que lo permitan sus capacidades y recursos disponibles, que hasta la fecha parecen limitados.

Por consiguiente, surge la necesidad de realizar un análisis exhaustivo del estado actual del Programa F110, que se encuentra en la Fase de Ejecución. El objetivo es determinar si la estrategia actual es óptima en términos de viabilidad, eficacia y eficiencia, y si está

alineada con las expectativas y el nivel de ambición requerido. Además de analizar los resultados obtenidos, buscamos definir acciones concretas para la gestión de obsolescencias durante la Fase de Servicio del Programa F110, y apoyar a la Armada en el establecimiento de criterios generales y directrices para la elaboración de normativa que regule esta materia.

Tras la primera reunión del GT ALI F110 y la revisión de la doctrina y publicaciones relativas a la obsolescencia en sistemas dominados por el sostenimiento, así como de las directrices y normativas de la Armada promulgadas hasta la fecha, recurrimos a fuentes primarias para obtener una comprensión más profunda de la situación actual. Realizamos entrevistas en profundidad y encuestas entre los miembros del GT ALI F110, analizando todos los factores involucrados en la gestión.

El trabajo lo estructuramos en seis bloques:

En el primer bloque, abordamos la gestión de la obsolescencia de componentes desde una perspectiva académica, enfocándonos en los sistemas dominados por el sostenimiento. En esta sección, se detallan la organización, los procesos, los procedimientos, las herramientas y la metodología requeridos para llevar a cabo una gestión efectiva.

En el segundo bloque, contextualizamos la gestión de la obsolescencia dentro de los programas de obtención y su integración en el Área Logística Integrada (ALI). Además, exponemos la doctrina existente en la Armada en relación con las obsolescencias.

El tercer bloque presenta un análisis de la situación actual, proporcionando una evaluación detallada de la metodología, los procesos y los procedimientos empleados en el Plan de Gestión de Obsolescencias del Programa F110 (PGOF110).

En el cuarto bloque, exponemos la metodología empleada en el estudio de caso específico.

El quinto bloque lo dedicamos al análisis del PGOF110, examinando los diversos factores que influyen en la ejecución del plan. Este análisis se fundamenta en entrevistas en profundidad y encuestas a los miembros del Grupo de Trabajo (GT) ALI F110, así como en la revisión de la evidencia documental disponible. Esta sección concluye con un análisis DAFO y la identificación de líneas de acción y propuestas asociadas.

Finalmente, en el sexto bloque, se presentan las conclusiones del estudio, se discuten sus limitaciones y se proponen direcciones para investigaciones futuras.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. LA GESTIÓN DE LA OBSOLESCENCIA DE COMPONENTES

La obsolescencia de componentes ha emergido como un factor de coste significativo en la vida útil de los equipos y sistemas electrónicos, convirtiéndose en el principal desafío técnico que afecta a su disponibilidad operativa y mantenibilidad. El retraso en abordar este problema con medidas preventivas a menudo resulta en la retirada temprana de los sistemas, ya que no logran alcanzar los estándares requeridos de operación y disponibilidad (Meyer *et al.*, 2003).

La obsolescencia se ha revelado como un fenómeno frecuente y de costes significativos, que hacen imposible pasar por alto su impacto. El riesgo financiero y el impacto de la obsolescencia se demuestran en los siguientes ejemplos aplicables a diversos sectores del entorno militar y relacionados (U.S. Army Material Command, 1999):

- el Subsecretario Adjunto de Defensa para Logística de los Estados Unidos señala que el coste promedio para rediseñar una sola tarjeta de circuito con el fin de eliminar componentes obsoletos asciende a 250.000 dólares
- un fabricante de aviónica para aerolíneas gastó 600.000 dólares para remplazar un chip Intel obsoleto
- el Programa F16 ha gastado 500 millones de dólares en el rediseño de un radar obsoleto.

La falta de componentes o tecnologías relevantes en el mercado se ha vuelto una preocupación creciente, especialmente en sistemas dominados por el sostenimiento (*sustainment-dominated products*, en inglés), donde el coste de sostener el sistema a lo largo de su vida útil supera el coste de fabricación (Sandborn, 2013).

Existe una amplia gama de artículos, procedimientos y especificaciones técnicas, así como ponencias de conferencias de diversas instituciones y organizaciones que generan interés en la gestión de la obsolescencia de componentes. Los estudios relacionados con este tema se centran en dos aspectos fundamentales: por un lado, los factores que contribuyen a la obsolescencia de componentes electrónicos; y por otro, las prácticas actuales en la gestión de la obsolescencia (Meyer *et al.*, 2003).

El objetivo de la gestión de la obsolescencia es garantizar que ésta se gestione como parte integral del diseño, desarrollo, producción y soporte en servicio, de proyectos o sistemas para minimizar su coste e impacto a lo largo del ciclo de vida. Se descubrió que se seguía un enfoque reactivo cuyo objetivo principal era encontrar soluciones a

corto plazo. Estas actividades reactivas normalmente se realizaban en un momento específico y a medida que ocurría el problema, repitiéndose esta circunstancia durante la vida del programa.

La gestión del riesgo asociado a la obsolescencia, también es una tarea crucial en todos los proyectos, especialmente en aquellos que son de naturaleza compleja, que tienen un ciclo de vida prolongado o presentan un alto componente de SW (Meyer *et al.*, 2003).

2.1.1. La obsolescencia en sistemas dominados por el sostenimiento

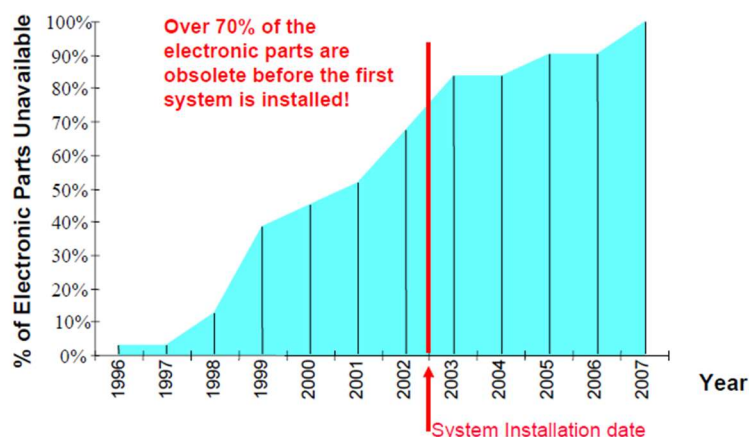
Existen conceptos y términos relacionados con la gestión de la obsolescencia que son comúnmente empleados. Algunos de ellos, aunque muy próximos entre sí, difieren conceptualmente. Tal es el caso del concepto de obsolescencia y el de disminución de fuentes de fabricación y escasez de materiales (DMSMS, *Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages*).

La obsolescencia se refiere a la condición que alcanza un elemento, independientemente de su tipo o naturaleza, cuando se presenta alguna de las siguientes circunstancias: se vuelve obsoleto desde el punto de vista tecnológico o funcional, sus requisitos de mantenimiento aumentan hasta volverse insostenibles, pierde vigencia debido a cambios normativos o legislativos, o por razones comerciales.

El DMSMS ocurre cuando ya no existen fabricantes o proveedores que puedan respaldar un elemento como resultado de la cancelación de su producción o suministro, o debido a cualquier otra circunstancia que imposibilita su adquisición. Por lo tanto, el DMSMS puede surgir como resultado de la obsolescencia, pero también puede surgir por otros, como la interrupción de la producción de un componente específico por parte del fabricante (Sandborn, 2013).

La obsolescencia que abordaremos en este documento será la DMSMS, que es el fenómeno más problemático en los sistemas dominados por el sostenimiento, como es el caso del equipamiento militar, en donde el coste del sostenimiento a lo largo de su ciclo de vida supera el coste de fabricación o de adquisición del sistema (Sandborn y Myers, 2008). Los ciclos de diseño para este tipo de sistemas son tan largos, que una gran parte de su electrónica se queda obsoleta antes de su puesta en servicio (figura 1).

Figura 1. Porcentaje de elementos COTS no disponibles en los 10 primeros años del ciclo de vida de un sistema sonar de un buque (cortesía de NAVSURFWARCENDIV)



Fuente: Sandborn (2013)

Además, identificamos que los ciclos de vida para su sostenimiento alcanzan en la gran mayoría de las ocasiones los 20 años o más, y pueden extenderse de su plan original una o más veces hasta su baja definitiva (Sandborn, 2013). En terminología militar, definimos el DMSMS como el proceso industrial según el cual las fuentes de suministro (fabricantes/ suministradores) retiran de sus líneas de producción elementos necesarios para las Fuerzas Armadas.

Los sistemas dominados por el sostenimiento sufren consecuencias particularmente graves debido a la obsolescencia DMSMS, ya que carecen de control sobre la cadena de suministro de elementos, especialmente componentes electrónicos, debido a sus bajos volúmenes de producción (Sandborn et al., 2011). Estas cadenas de suministro están organizadas para apoyar productos de gran volumen, lo que convierte a la obsolescencia en un verdadero inconveniente en el caso del equipamiento militar. La organización encargada del apoyo al ciclo de vida se ve obligada, de manera involuntaria, a realizar un cambio en el sistema que sustenta.

Existen otros términos relacionados con la obsolescencia, como la obsolescencia de inventario, también denominada obsolescencia repentina, que es opuesta al DMSMS. Esta ocurre cuando el diseño del producto o las especificaciones del sistema cambian, y como resultado, las existencias de piezas ya no son necesarias.

2.1.2. Medidas para la gestión de la obsolescencia

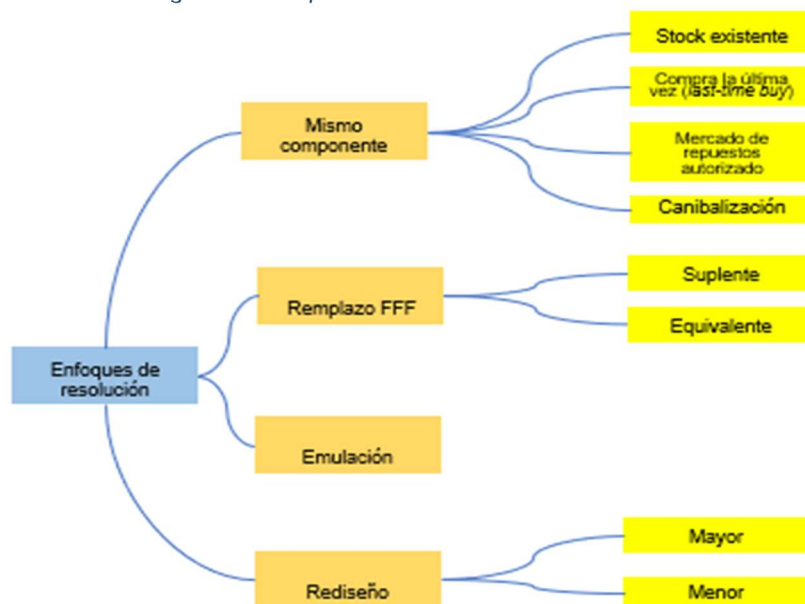
Un programa sólido de gestión de la obsolescencia constará de medidas tanto reactivas como proactivas. (Rust et al., 2022). Estas medidas incluyen estrategias de mitigación o decisiones después de haber recibido la notificación de la obsolescencia, o acciones

tomadas antes de ese momento con objeto de minimizar el riesgo o adelantarse al riesgo completamente.

Si hablamos de medidas reactivas, diremos que la gran mayoría de la gestión actual de la DMSMS es reactiva, lo que significa que el proceso de gestión comienza tras la notificación de la obsolescencia. En este caso, se utilizan técnicas tales como la compra para todo el ciclo de vida (LTB, *life-time buy*), fuentes de postventa, piezas sustitutas, piezas emuladas y piezas recuperadas (Sandborn *et al.*, 2011). Este método reactivo de gestión de DMSMS genera soluciones más ágiles², con un beneficio a corto plazo, que evitan la improductividad, pero pasan por alto aquellas medidas a largo plazo que podrían tomarse para impedir futuras reiteraciones de DMSMS.

Cuando un componente se vuelve obsoleto, es crucial aplicar de inmediato enfoques de resolución (*resolution approaches*, en inglés) para abordar el problema, asegurándose de no perder capacidades preexistentes. Aunque se describen varios enfoques según el tipo de remplazo, su adecuación depende del caso individual (figura 2).

Figura 2. Enfoques de resolución de obsolescencia



Fuente: Romero *et al.* (2009)

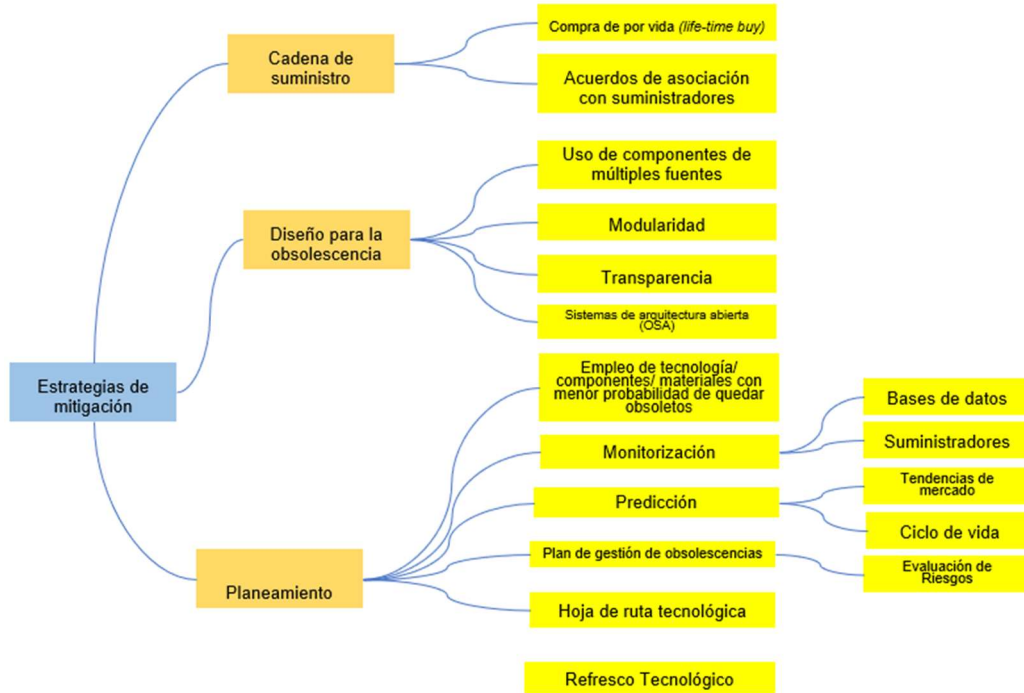
Para las medidas proactivas, no existe una solución considerada universal. Si bien, existe una serie de áreas críticas a considerar que incluyen (figura 3):

- el fortalecimiento de la cadena de suministro
- el diseño del sistema con atención a la obsolescencia

² En inglés, se acuña el término quick fix solutions para referirse a la gestión de obsolescencias reactiva.

- la planificación anticipada.

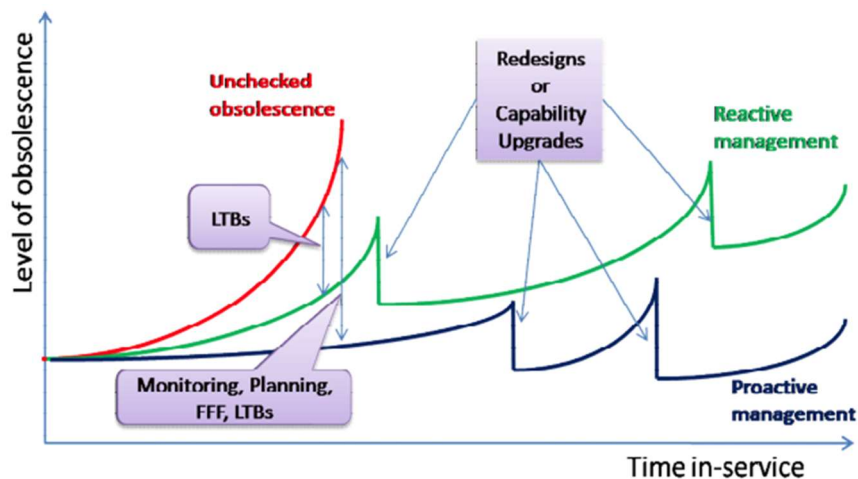
Figura 3. Estrategias de mitigación



Fuente: Romero et al. (2009)

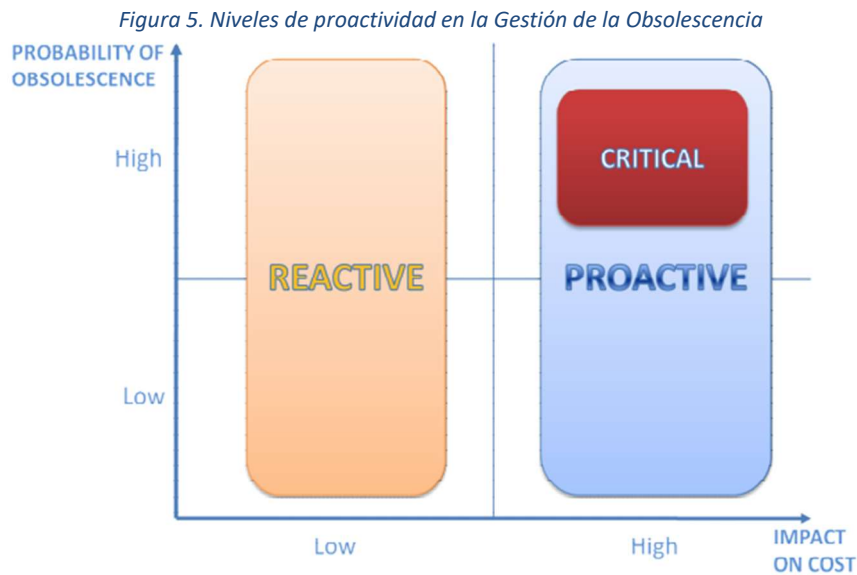
La figura 4 presenta cómo varía la obsolescencia según se adopte un enfoque proactivo o reactivo.

Figura 4. Evolución de la obsolescencia en función del enfoque de gestión



Fuente: Romero et al. (2009)

La decisión sobre el nivel de proactividad a implementar está determinada por una evaluación inicial a nivel de componente, la probabilidad de obsolescencia y su impacto en los costes (Figura 5).



Fuente: Romero et al. (2009)

Algunos expertos sostienen que abordar la obsolescencia de los sistemas de manera efectiva, implica la implementación de tres niveles distintos de gestión como son reactivo, proactivo y estratégico (Sandborn, 2013).

La gestión reactiva implica una respuesta inmediata ante la obsolescencia de una pieza, llevando a cabo el proceso de resolución y haciendo un seguimiento de las acciones ejecutadas.

La gestión proactiva de la obsolescencia requiere la identificación de partes críticas que:

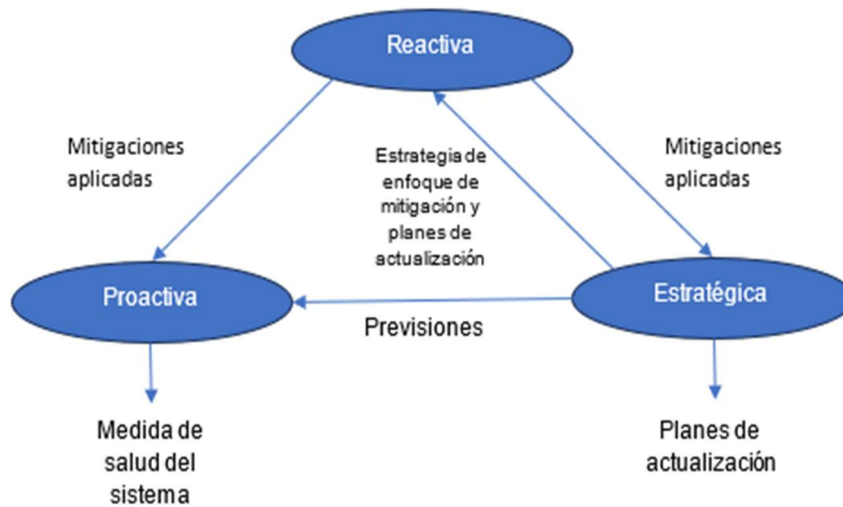
- corren el riesgo de volverse obsoletas
- tendrán una cantidad insuficiente disponible tras la notificación de la obsolescencia para satisfacer la demanda esperada
- representarán un problema de gestión si se vuelven obsoletas.

Tras la identificación de la criticidad de los elementos, éstos se gestionan antes de que tenga lugar el fenómeno de la obsolescencia. La gestión proactiva requiere de la capacidad de prever el riesgo de obsolescencia y las opciones técnico-económicas para solucionarlo.

Por último, la gestión estratégica de la obsolescencia significa emplear datos de obsolescencia, datos logísticos, previsión de tecnología y tendencias comerciales (previsión de demanda) para permitir una planificación estratégica, una optimización del ciclo de vida, y el desarrollo de casos de negocio a largo plazo para el sostenimiento del sistema. El enfoque más común para la gestión estratégica de la obsolescencia es la

planificación de actualización del diseño (DRP, *Design Revise Planning*), es decir, identificar el grupo de actualizaciones que minimice los costes futuros (figura 6).

Figura 6. Los tres niveles de gestión de la obsolescencia



Fuente: Sandborn (2013)

Los siguientes factores deben ser tenidos en cuenta para la predicción de la obsolescencia (Romero *et al.*, 2009):

- tipo de componente (por ejemplo, electrónico o mecánico)
- complejidad del componente (por ejemplo, baja complejidad como resistencias o alta complejidad como microprocesadores o pantallas LCD)
- tecnología incorporada en el componente
- nivel de madurez de la tecnología incorporada en el componente
- número de proveedores del componente
- las tendencias del mercado
- cambios en leyes y regulaciones.

2.1.3. El empleo de componentes COTS (*Commercial Off-The-Self*)

Un aspecto esencial que se ha identificado es que la obsolescencia de los componentes debe ser abordada tanto en la fase de desarrollo y diseño, como durante la fase de servicio de un sistema. El descuido de este aspecto puede conllevar consecuencias costosas y exigir una inversión considerable de tiempo para su resolución efectiva.

El progreso veloz en el desarrollo del SW y sus requisitos específicos están llevando a una situación donde esta tecnología impulsa avances tanto tecnológicos como de diseño hardware (HW). Esto es especialmente notable en los nuevos proyectos, que dependen

cada vez más de componentes comerciales y de su SW asociado (The Ministry of Defence, 1998).

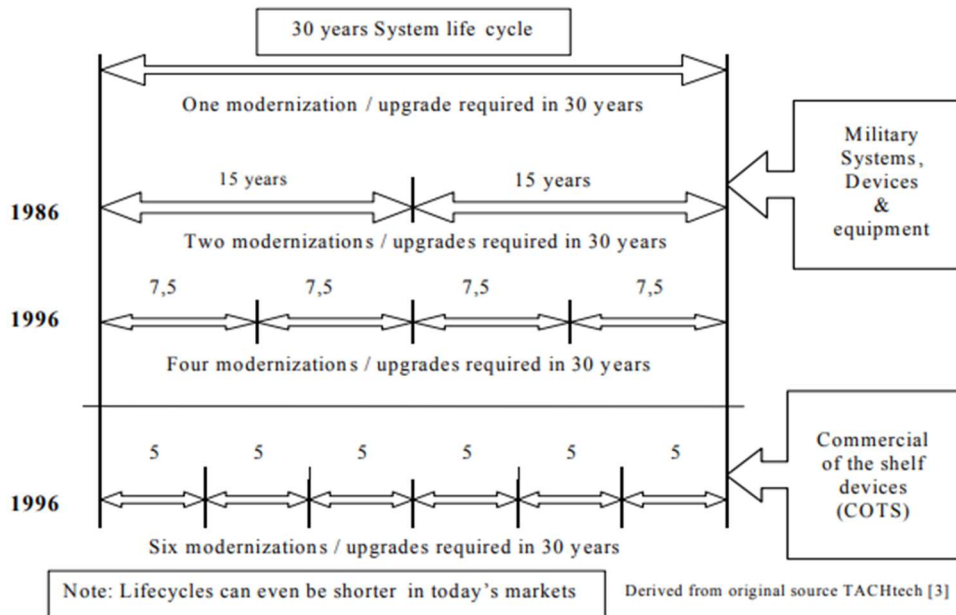
La utilización de componentes comerciales disponibles en el mercado (COTS) en lugar de componentes con especificaciones militares, junto con la interdependencia entre HW y SW mencionada anteriormente, tiene un impacto significativo en el mantenimiento a largo plazo de los programas militares. El motivo es que los componentes COTS se ven muy influenciados por las preferencias del mercado, que cambian rápidamente y que, en muchos casos, conducen a la interrupción en la producción de estos componentes. En el ámbito del mercado de elementos COTS, es común que, en busca de consideraciones comerciales, se descuide la fiabilidad de los componentes (Tomczykowski *et al.*, 2000).

Los sectores comerciales de la informática, las telecomunicaciones y la electrónica de consumo son los líderes en la industria de los semiconductores. En el año 2001, el segmento militar representaba menos del 0,4% del mercado de componentes semiconductores, el cual estaba valorado en 316 billones de dólares. Además, observamos en la literatura que la transición de las especificaciones militares (MIL-P-50884C y MIL-PRF-31032) al estándar comercialmente aceptado (IPC-6013) ha influido considerablemente en la preferencia por componentes comerciales en lugar de aquellos que cumplen con las especificaciones militares.

Los sistemas militares suelen requerir un suministro de repuestos de aproximadamente 20 años, sin embargo, el ciclo de vida típico introducido recientemente en piezas de una misma familia oscilan en torno a los 3 y 8 años, como es el caso de los componentes pasivos³. El caso de los semiconductores empleados en los ensamblajes de aviónica y militares se considera uno de los componentes electrónicos que tienen mayor impacto/riesgo de obsolescencia (Northrop Grumman, 2001). Como se puede apreciar en la figura 7, es cada vez más notorio el desajuste de los ciclos de vida entre los sistemas y la tecnología con estándares militares y los componentes COTS.

³ Un componente electrónico que únicamente puede recibir energía, que puede disipar, absorber o almacenar en un campo eléctrico o magnético. No necesitan ningún tipo de energía eléctrica independiente para funcionar.

Figura 7. Diferencia en los ciclos de vida del equipamiento militar y los COTS



Fuente:

Meyer et al. (2003)

2.1.4. Implementación y funcionamiento de un equipo de gestión de obsolescencias

Los autores Chellin y Miller (2023), llevaron a cabo una investigación a 20 empleados del gobierno y de la industria con experiencia en el sostenimiento del ciclo de vida de sistemas C5ISR empleando una metodología de investigación fenomenológica, y destacaron varios métodos que apoyan la mitigación proactiva de la obsolescencia. Estos métodos incluyen los siguientes:

- establecer y mantener un Equipo de Gestión DMSMS
- establecer y actualizar un Plan de Gestión de DMSMS
- analizar la lista de materiales que componen el sistema (BOM) con herramientas de análisis predictivo
- transmitir las directrices de contratación de DMSMS a través de toda la cadena de suministro para obtener comentarios mensuales sobre el estado de los componentes y las soluciones sugeridas.

Diversos participantes en la investigación resaltaron que, en la práctica, la formación del equipo de gestión de DMSMS es el primer paso crítico. Este equipo será responsable de llevar a cabo la mayoría de las actividades necesarias para lograr una gestión proactiva de la obsolescencia en un sistema (Chellin y Miller, 2023).

Todas las oficinas de programa deben disponer de un Equipo de Gestión de Obsolescencia (COTG,⁴ *Component Obsolescence Team Group*), en adelante COTG, que supervise la ejecución de un plan de gestión de DMSMS (U.S. Defense Standardization Program Office, 2024).

El equipo de gestión de obsolescencias, en adelante COTG, debería constituirse oficialmente por los representantes de programas/ proyectos militares y de la industria de defensa (Martínez y Hueneme, 1998 y McDermott *et al.*, 1999). Esta colaboración debe buscar compartir soluciones y estrategias para abordar desafíos comunes relacionados con la obsolescencia de componentes. Con un eficiente trabajo colectivo, los proyectos militares y la industria pueden optimizar recursos, reducir costes y agilizar procesos al unir esfuerzos para resolver estos problemas. El COTG también se encarga de mantener una base de datos actualizada sobre la obsolescencia de los componentes, y, en la medida de lo posible, se esfuerza por encontrar respuestas que sean aplicables a todos los programas o sistemas relacionados.

En el caso de que el fabricante original de un equipo (OEM, *Original Equipment Manufacturer*) decida interrumpir el suministro de un componente, se debe enviar un aviso de obsolescencia a los distribuidores, proveedores y a todos los miembros del equipo participantes y, lo que es más importante, a la actividad de adquisiciones para los programas afectados o proyectos específicos, si se conoce.

Tras la notificación de la obsolescencia es necesario comparar el aviso con la base de datos que contiene el BOM, para determinar si el componente obsoleto afecta la producción o el soporte de cualquiera de sus productos, equipos o sistemas específicos. No se requeriría ninguna acción si el componente no afecta al equipo, o si aún pudiera ser ofrecido por al menos una fuente de suministro que garantice el suministro a largo plazo. Sin embargo, si el equipo se ve afectado y no existen otras fuentes de suministro conocidas disponibles, la actividad de adquisición debe proporcionar el número de pieza asignado y el número de pieza genérico del componente obsoleto a la base de datos mantenida por el COTG. Se debe establecer un caso de obsolescencia cuando se ha descubierto que dos o más equipos emplean el mismo componente obsoleto. En ese momento, toda la información disponible sobre el componente debe ser recopilada por los miembros del COTG desde sus bases de datos, así como desde los principales fabricantes (Meyer *et al.*, 2003).

⁴ Consideramos Equipo de Gestión DMSMS y COTG el mismo concepto.

El COTG debe evaluar los datos y seleccionar la solución más adecuada para los requisitos del equipo y las limitaciones de costes. Los miembros del programa afectados por el componente obsoleto deberán introducir en la base de datos la información sobre las diferentes soluciones. El COTG debe compartir la información de costes aplicables relacionados con la solución.

2.1.5. Desarrollo de un plan de gestión de obsolescencias

El Plan de Gestión de Obsolescencias (OMP, *Obsolescence Management Plan*), que se implementa en las primeras etapas de un proyecto, debe describir las estrategias para la identificación y la mitigación de los efectos de la obsolescencia. El plan debe cubrir todos los sistemas/equipos/componentes (S/E/C) independientemente de, si ha sido desarrollado para un proyecto o cliente específico, o si es un producto COTS.

El plan proporcionará una base sobre la cual se puedan negociar los requisitos de gestión de la obsolescencia con proveedores y OEM's, así como la estrategia y actividades de ejecución necesarias para lograr una gestión proactiva de la obsolescencia del sistema. Se hace necesario, por lo tanto "desarrollar... y mantener un plan de gestión de DMSMS para documentar los procesos de gestión de DMSMS y las estructuras de equipo proactivos y basados en riesgos" (U.S. Defense Standardization Program Office, 2024).

Se deben considerar tres elementos de riesgo: impacto, coste y probabilidad, y cada uno de ellos debe clasificarse en tres niveles de gravedad: bajo, medio y alto. La evaluación de riesgos relacionada con el problema específico de obsolescencia determina posteriormente las acciones a implementar (The British Ministry of Defence Standards Department, sf). Volveremos más abajo sobre esta cuestión por resultar clave en el desarrollo de la metodología del PGOF110, ya que como veremos en la evaluación de riesgos, tanto de los sistemas como de los componentes, no se introduce el factor coste como elemento de riesgo.

Si los riesgos son bajos, la estrategia de gestión de la obsolescencia puede consistir únicamente en monitorizar la situación e implementar acciones correctivas cuando sea necesario (estrategia reactiva).

Al decidir la estrategia a implementar, es importante realizar un análisis de compensación considerando la relación calidad-precio durante todo el ciclo de vida del producto y teniendo en cuenta cualquier restricción económica, así como los requisitos de disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad. La estrategia planificada debe incluirse en

el OMP, y sus actividades deben implementarse conforme se establezca, y no únicamente cuando surge un problema urgente de obsolescencia (Meyer *et al.*, 2003).

2.1.6. Implementación de la resolución de la obsolescencia

El responsable de la obsolescencia debe garantizar la implementación de la solución más rentable cuando un artículo se identifica como obsoleto. Esto implica la evaluación de las alternativas de solución y las acciones a considerar para resolver los problemas. Antes de la implementación final, se debe realizar un análisis de compensaciones para considerar la solución más rentable para el programa específico, y, cuando corresponda, para todos los S/C/E afectados.

Entre los pasos comunes de resolución se encuentran (The British Ministry of Defence Standards Department, sf) los siguientes:

- identificación y verificación de problemas de obsolescencia
- evaluación del impacto en el sistema y la logística
- identificación de candidatos a opciones de solución
- identificación de fuentes de inventario o fuentes de proveedores alternativos
- reducción de la variedad de componentes para disminuir el número de posibles problemas de obsolescencia, mediante políticas de estandarización
- identificación de soluciones de ingeniería factibles
- recomendación de soluciones
- evaluación de soluciones alternativas
- priorización y programación de estas soluciones
- financiación para implementar la solución seleccionada.

2.1.7. El proceso de decisión de la solución de la obsolescencia

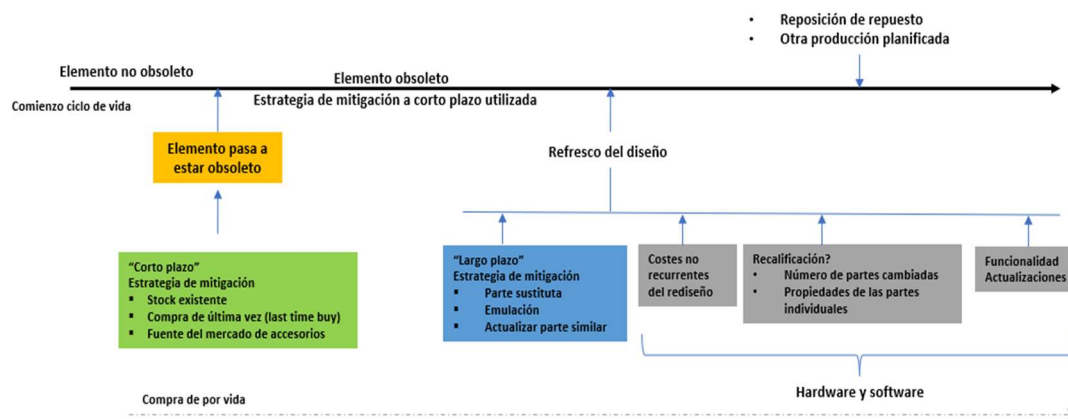
Existe una determinada serie de factores que deben ser evaluados en el proceso de la decisión (Hartshorn, sf):

- mercado continuo y ciclo de vida restante del producto
- investigación de la capacidad de fabricación de la LRU (*line-replicable unit*)
- potencial de mejora de la productibilidad
- riesgo de que los procesos de fabricación actuales se vuelvan obsoletos
- riesgo de piezas obsoletas adicionales en la LRU
- otras LRU afectadas por esta pieza obsoleta
- impacto de un rediseño a los usuarios del producto

- costes asociados con tener otra LRU de diferente estado de configuración en el inventario
- los costes de modernización si la nueva LRU no es intercambiable en forma, ajuste y función (*FFF, Form Fit and Function Replacement*)
- la economía de la decisión.

En cuanto a los problemas de obsolescencia, estos suelen abordarse inicialmente con soluciones reactivas de corto plazo una vez que se notifican. Posteriormente, se planifica una actividad de actualización de diseño a largo plazo como una técnica a nivel estratégico. Un cronograma del proceso de selección de la estrategia se presenta en la figura 8.

Figura 8. Proceso de selección de la estrategia



Fuente: Singh et al. (2002)

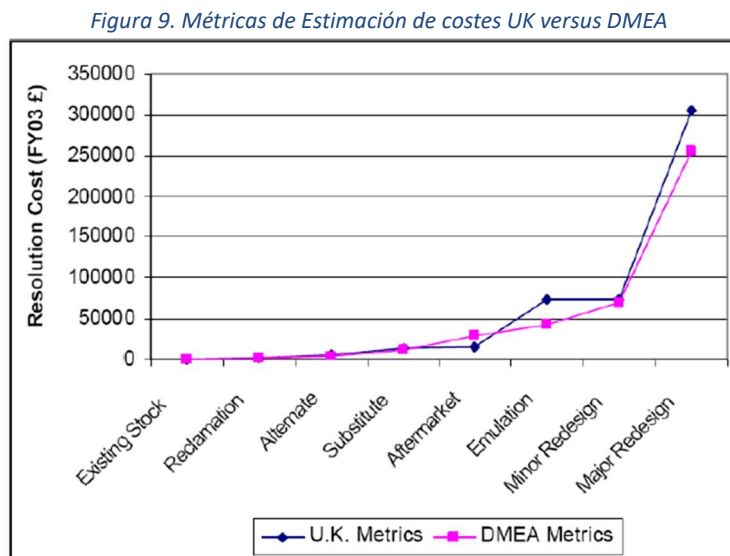
2.1.8. El coste de la obsolescencia

Tradicionalmente, en la contratación de sistemas dominados por el sostenimiento no se incluía el coste de resolver problemas de obsolescencia. Era común que el OEM se hiciera cargo de resolver esos problemas, y el cliente pagara estos servicios por separado. Sin embargo, la tendencia de contratación actual avanza hacia la contratación por disponibilidad (CFA⁵, *contracting for availability*). Este tipo de contratos, en teoría, está desviando los riesgos de obsolescencia del cliente al OEM. En la práctica, el riesgo de obsolescencia es compartido entre ambas partes de acuerdo con las cláusulas pactadas en el contrato. En definitiva, esta nueva forma de contratar lleva a ambas partes a un nuevo escenario donde se deben realizar estimaciones precisas del coste de obsolescencia en la fase de licitación. Tanto el OEM como el cliente deben

⁵ En el PGOF110, este concepto se denomina PBL (*Performance Based Logistics*).

cerciorarse de que las estimaciones de costes del ciclo de vida completo (WLC, *Whole Life-Cycle Cost*), son correctas. Por un lado, porque los contratos son por amplios períodos, y por otro, porque el margen de beneficio del OEM es reducido. Por lo tanto, el coste de las estimaciones debe ser fiable. Para estimar el coste es necesario identificar los factores que influyen en él (Romero, 2007). La estimación del coste de la obsolescencia debería poder realizarse incluso cuando información como la BOM, las predicciones de obsolescencia de una herramienta de seguimiento y el OMP aún no estén disponibles.

Existe una serie de incertidumbres a la hora de pronosticar la obsolescencia. El desarrollo de métricas precisas de coste es uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la estimación de costes. En la figura 9, se muestra una comparativa de las métricas de estimación coste empleadas por UK y DMEA.



Fuente: Romero (2017)

Para el desarrollo de un algoritmo capaz de pronosticar la obsolescencia de la tecnología, es necesario hacer uso de una base de datos detallada, que contenga datos históricos sobre las fechas del último pedido o envío, e información sobre los componentes del sistema. Sin embargo, muchos de estos datos son muy inciertos. Por lo tanto, es importante gestionar los siguientes dos tipos de incertidumbres:

- incertidumbre en los insumos del análisis de costes
- incertidumbre en las fechas.

Aunque los datos sobre la vida útil esperada de las piezas disponibles durante la fase de diseño de un sistema pueden ser incompletos y/o inciertos, permitirán pronosticar la

obsolescencia y el posterior desarrollo de enfoques estratégicos que reducirán los costes del sostenimiento.

Se observa una clara preocupación por la relevancia de los datos en la etapa de diseño del sistema. En consecuencia, se han desarrollado algoritmos que se fundamentan en la extracción masiva de datos con el propósito de obtener información más detallada, mejorando así las capacidades predictivas. A menudo, la predicción de obsolescencia se utiliza no sólo para planificar la actualización del diseño, sino también para evitar la inclusión de componentes con un alto riesgo de obsolescencia inminente en la lista de materiales durante la etapa de diseño (Sandborn, *et al.*, 2005).

Además, se recomienda monitorizar la obsolescencia para recibir notificaciones oportunas sobre cualquier riesgo relacionado. En la actualidad, una amplia mayoría de organizaciones procuran gestionar la obsolescencia de manera proactiva implementando herramientas comerciales que permiten el seguimiento del estado de los componentes incluidos en la BOM. Estas herramientas ofrecen información sobre posibles reemplazos de FFF para algunos artículos obsoletos, incluso antes de que surja el problema de obsolescencia (Sandborn *et al.*, 2005).

2.1.9. Herramientas para el seguimiento y control de la gestión de la obsolescencia

Para garantizar una evaluación constante, una toma de decisiones informadas y una optimización de los recursos disponibles, es esencial realizar un seguimiento y control de la obsolescencia. El uso de tecnologías de la información para esta tarea ofrece varios beneficios, como proteger y centralizar la información, automatizar procesos, realizar análisis y predicciones, y mejorar la colaboración y comunicación entre los involucrados.

La implementación de plataformas en línea, como sitios web, está ganando importancia, ya que brinda a ingenieros, diseñadores y personal de adquisiciones información crucial sobre especificaciones obsoletas, cambios en la selección de piezas y nuevos componentes de reemplazo.

Un sistema de gestión operativa (OMS, *Operative Management System*) es una herramienta esencial en la gestión de la fase de sostenimiento de un sistema (Northrop Grumman, 2001). Permite cerrar eficazmente el ciclo de la gestión, así como identificar y cuantificar las áreas y tendencias problemáticas importantes para la gestión eficaz de la obsolescencia.

La US Army y sus socios industriales se enfrentan al desafío de la obsolescencia en el sostenimiento de los sistemas C5ISR. A menudo, las soluciones reaccionan al desafío que plantean los componentes obsoletos. La investigación de (Chellin y Miller, 2023) encontró que tanto el Ejército como la Industria empleaban métodos similares para mitigar los desafíos del DMSMS con una gestión proactiva de la obsolescencia. El Ejército mitiga de manera proactiva la obsolescencia utilizando una combinación de equipos enfocados, planes, capacitación, herramientas de análisis predictivo para los BOM y lenguaje de contratación proactivo. Es importante recordar que la viabilidad de estas actividades DMSMS está ligada a una financiación adecuada; de lo contrario, el seguimiento y la planificación pueden quedar en suspenso.

Como se ha mencionado previamente, una herramienta disponible para abordar los desafíos de la obsolescencia es el uso de un lenguaje contractual proactivo. Una vez que se han establecido los requisitos del contrato en la Fase de Definición y Decisión, se ha demostrado la capacidad de mantenimiento del sistema y se ha validado el Plan de Gestión de Obsolescencia (PGO) del producto en cuestión, se pueden elaborar contratos de producción. El enfoque del lenguaje contractual durante la etapa de producción es similar al de la fase de desarrollo, pero se centra en la supervisión de componentes. El contratista principal puede encontrarse en una situación en la que su producto no sea producible ni mantenible. Para evitar esta situación, se ofrecen una serie de soluciones:

- incremento de las alianzas estratégicas y fomento del mercado postventa con licencia
- empleo de SW e interfaz comunes y de postventa
- plan de inserción y actualización de tecnología durante el desarrollo
- implementación de adquisiciones basadas en el desempeño.

Cada una de estas soluciones podría especificarse en el lenguaje contractual. El contrato de producción permite cambios en la configuración para la resolución de los impactos del DMSMS. A continuación, se enumera una serie de buenas prácticas:

- definir la tecnología y planificar el cambio periódico
- definir puntos de actualización de inserción de tecnología y planificar durante el diseño
- estandarizar las interfaces y considerar la capacidad hacia atrás para los usuarios de COTS.

El mejor enfoque es un diseño flexible para manejar cambios a lo largo del ciclo de vida, y este diseño flexible se define durante el desarrollo.

2.2. LA GESTIÓN DE LA OBSOLESCENCIA EN LA ARMADA

En la sección anterior, detallamos la gestión de la obsolescencia de componentes, abordando todos los aspectos relevantes para su correcta implementación. A continuación, exploramos el origen y la evolución de la gestión de la obsolescencia en la Armada. Comenzaremos examinando su aplicación en los Programas de Obtención, como es el caso del Programa F110. Posteriormente, presentaremos la normativa actual que la Armada emplea para hacer frente a la gestión de la obsolescencia y la integración de ésta dentro del Apoyo Logístico Integrado (ALI). Ésta ha sido desarrollada por las autoridades logísticas.

2.2.1. La Gestión de la obsolescencia en los Programas de Obtención y su integración en el ALI (Apoyo Logístico Integrado)

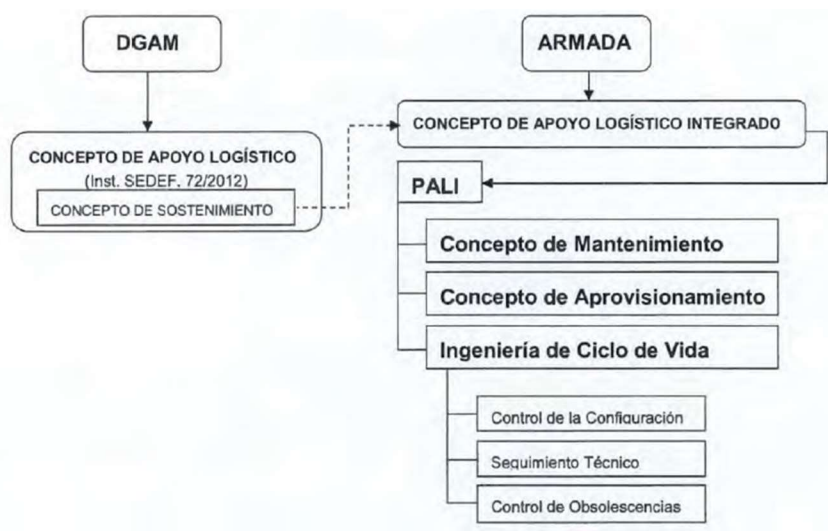
El Proceso de Obtención de Recursos Materiales viene recogido en la Instrucción 67/2011 (Secretaría de Estado de Defensa, 2011). En su apartado 4, se establecen las fases en las que se desarrolla el proceso (Conceptual, Definición y decisión, Ejecución y Servicio). Durante la Fase de Ejecución⁶, el Jefe de Programa, con el apoyo de sus oficinas, es responsable de desarrollar las tareas administrativas, de dirección técnica y de control de los trabajos. Esto incluye la generación de la documentación necesaria para que tanto el contratista acometa la ejecución del programa como para que los órganos directivos realicen las funciones de seguimiento, control y dirección.

Conforme establece el apartado 3.4. de la Instrucción 72/2012 (Secretaría de Estado de Defensa, 2012), por la que se regula el proceso de obtención del armamento y material y la gestión de los programas, el Jefe de Programa tiene que elaborar el Concepto de Apoyo Logístico (CAL). Su redacción debe definir los procedimientos a seguir en el sostenimiento del material: mantenimiento, gestión de repuestos e ingeniería del ciclo de vida.

El CAL que emite la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) y que garantiza el sostenimiento durante el ciclo de vida, se relaciona con el CONLOG, que desarrolla la Armada (Estado Mayor de la Armada, 2017) (figura 10). Como se observa, el Control de Obsolescencias se encuentra encuadrado dentro de la función logística Ingeniería del Ciclo de Vida (ICV).

⁶ La Fase de Ejecución comprende la Etapa de Diseño y la Etapa de Producción, construcción, desarrollo o adquisición

Figura 10. Encuadre del Control de Obsolescencias en la ICV



Fuente: Estado Mayor de la Armada (2017)

El control de obsolescencias tiene su comienzo desde las primeras fases del proceso de obtención, y debe contar con el compromiso firme y participación de la Industria y de los proveedores.

La armonización entre los procesos de obtención del armamento y material y la gestión de sus programas, por un lado, y el desarrollo de la doctrina del ALI en la Armada, consecuencia del CONLOG, por otro, ha tenido lugar a través de la promulgación de la NP de Logística 03/2023 sobre el Apoyo Logístico Integrado en la Armada (Jefatura de Apoyo Logístico, 2023b). El concepto de ALI se implementará mediante la ejecución del PALI.

El ALI representa el enfoque estratégico adoptado por la Armada para garantizar el apoyo logístico de sus buques y unidades. El eje vertebrador de este concepto se fundamenta en que el apoyo logístico de un buque o unidad es una parte intrínseca más de él, al igual que lo es su capacidad de guerra antiaérea o su sistema de propulsión.

El PALI es un documento que debe servir para definir los objetivos y planificar las actividades a desarrollar en un programa de obtención. Está formado por una serie de planes generales y parciales, que definen los objetivos y planifican las actividades de ALI, para finalmente obtener una serie de elementos ALI con los que lograr la mejor solución de sostenimiento durante la fase en servicio del nuevo material (Jefatura de Apoyo Logístico, 2023b).

En los planes generales, se integran datos relativos a las técnicas y procesos disponibles en el momento, dentro del contexto del avance hacia el sostenimiento

predictivo, prescriptivo y automatizado, tal como lo impulsa la visión del Arsenal Inteligente. Los Planes Parciales, entre los que se encuentra el PGO, se conciben para organizar y ejecutar las tareas de ingeniería logística, con el objetivo de proporcionar un óptimo respaldo a la unidad y garantizar el cumplimiento de sus exigencias de sostenimiento durante todo su ciclo de vida operativa.

El éxito del ALI dependerá de la disponibilidad de todos sus componentes desde el momento en que un buque entre en servicio en la Armada, así como de su actualización a lo largo de todo su ciclo de vida hasta su baja. Además de estos fundamentos, el ALI debe basarse en otros aspectos como infraestructuras, sistemas de apoyo, instrucción y capacitación del personal, y por supuesto, en recursos financieros para garantizar su viabilidad. Para lograr este objetivo, el PALI se alinea con las directrices y principios fundamentales del nuevo modelo de apoyo logístico.

En los programas de obtención, tal y como se representaba en la figura 10, el PALI engloba el concepto de mantenimiento, el de aprovisionamiento y la IACV. A su vez, la IACV se compone de las funciones logísticas de, control de la configuración logística, seguimiento técnico y control de las obsolescencias.

La Configuración Logística (CL) se refiere al conjunto sistematizado de datos e información técnica necesarios para implementar el soporte logístico de un buque. Cada componente de la configuración comprende la documentación requerida para su mantenimiento, aprovisionamiento y para las actividades de IACV. La Armada emplea el Sistema Integrado de Logística (SIL) como su herramienta principal para la gestión de las funciones logísticas. En esta aplicación se recoge la configuración logística de las unidades, la cual es esencial para llevar a cabo el sostenimiento de los sistemas. Dichos sistemas están organizados en la aplicación según un esquema lógico denominado Árbol de Elementos Configurados (AEL) y se agrupan por categorías de coste.

2.2.2. El control y gestión de la obsolescencia en la Armada

Las nuevas tecnologías de la denominada cuarta revolución industrial, se han concretado en la adopción a nivel nacional del concepto Industria 4.0. La Armada no es ajena a esta evolución y, tal y como aparece reflejado en las Líneas Generales de la Armada, este concepto deberá quedar reflejado en el Apoyo Logístico 4.0. (AL 4.0.). El AL 4.0 exige un cambio de mentalidad para asegurar no sólo el apoyo a las nuevas construcciones, sino la adaptación de los procesos de trabajo logísticos al nuevo entorno. La transición de la doctrina logística de la Armada hacia el nuevo modelo de Apoyo Logístico se sustentará en los procesos logísticos, los cuales tomarán como

referencia principios de diseño tecnológico como son la interoperabilidad, virtualización, automatización, capacidad de trabajo en tiempo real, fiabilidad, modularidad y la orientación de servicios al cliente (Estado Mayor de la Armada, 2017).

El documento Visión del Almirante Jefe del Apoyo Logístico (AJAL) del Arsenal Inteligente (Jefatura de Apoyo Logístico, 2023a) identifica una serie de retos para el desarrollo del nuevo modelo de Arsenal. Uno de ellos es la transición hacia una logística que sea verdaderamente predictiva, prescriptiva y automatizada. Esto implica una transición del mantenimiento preventivo convencional hacia un enfoque más avanzado de mantenimiento predictivo, con el objetivo de minimizar u optimizar el mantenimiento correctivo. En un sentido práctico, esto requiere que la Armada promueva activamente el concepto de apoyo a lo largo del ciclo de vida, coordinando las actividades de mantenimiento y aprovisionamiento. Además, la ingeniería del ciclo de vida debe respaldar estas iniciativas y anticiparse a posibles problemas de obsolescencia, previendo actualizaciones de equipos para mantener o mejorar las capacidades de los sistemas en las unidades navales.

El AJAL, ante los desafíos venideros de su nuevo modelo, resalta la importancia de tomar decisiones acertadas y fundamentadas respecto a cuándo y cómo adoptar las nuevas tecnologías. Reconoce tanto los beneficios como los riesgos de hacerlo tempranamente, en comparación con la posible obsolescencia si se hace tarde. Por lo tanto, es crucial identificar las obsolescencias de manera temprana y abordarlas sin comprometer la operatividad de las unidades. Para conseguirlo, se propone dotar a los programas desde su inicio con estrategias de gestión de obsolescencias que se mantengan a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de mejorar la operatividad, prolongar la permanencia en misión y evitar averías, al mismo tiempo que se reduce el coste del sostenimiento.

En la Instrucción Permanente de Logística (IPLOG 01/18) (Jefatura de Apoyo Logístico, 2018b), son numerosas las referencias que, de una forma directa, aluden a la necesidad de gestionar las obsolescencias en los buques y unidades de la Armada:

- (directriz 5) gestión de arsenales por capacidades logísticas para encuadrar la gestión de obsolescencias dentro de las capacidades logísticas
- (directriz 7) estudio de las limitaciones y obsolescencias del material para proyectar sobre horizontes a corto, medio y largo plazo (hasta tres, seis, y a partir de quince años respectivamente), sin perder de vista las capacidades industriales estratégicas

- (directriz 9) estudio y previsión de obsolescencias para aprovechar el nuevo escenario 4.0., incorporando esta actividad en la fase inicial de los programas
- (directriz 16) aplicación de técnicas y procesos de la ingeniería de sistemas en la fase de ejecución para aplicar el control de obsolescencias como parte de la ICV
- (directriz 28) conservación de la eficacia y operatividad de la plataforma para incorporar las modificaciones necesarias con el fin de corregir las obsolescencias y actualizar sus capacidades y valor militar, aprovechando al máximo el desarrollo de la tecnología para aumentar la eficiencia del mantenimiento, de forma que le permita el cumplimiento de la misión
- (directriz 39) coordinación de los servicios de repuestos y jefaturas de mantenimiento con las jefaturas de programa para mitigar los efectos de las obsolescencias en determinados sistemas y equipos en servicio potenciando la coordinación.

Pero la gestión de obsolescencias, por su carácter transversal, está influenciada también por otros procesos y actividades de este nuevo modelo de apoyo logístico, como son:

- revisión de los procesos de trabajo logísticos para adaptarlos a los principios de diseño tecnológico e implicación de los actores participantes en las actividades logísticas (Armada, Órgano Central, Industria y Proveedores) desde la etapa de diseño hasta la baja de las unidades/sistemas/equipos
- revisión de toda la organización logística y normativa que apoye la integración horizontal de los participantes y la vertical de los procesos
- fomento del apoyo de la industria, en particular la nacional, al objeto de conocer las posibilidades que ofrece la innovación tecnológica
- modernización del recurso de material en la fase de servicio para el mantenimiento o actualización de las capacidades
- encaminar los esfuerzos en I+D+i para satisfacer las necesidades de la Armada que requieran funcionalidades tecnológicas avanzadas o que lleven asociados riesgos tecnológicos
- obtención mediante acuerdos marco de una solución integral del sostenimiento que contemple mantenimiento y repuestos de una manera conjunta, adoptando en la medida de lo posible, la figura contractual de sostenimiento integral
- integración de la obsolescencia en las aplicaciones logísticas. En el Apoyo Logístico 4.0., el dato se encuentra en el núcleo del AL 4.0. En relación con esto, las aplicaciones logísticas son la herramienta esencial para el trabajo en equipo.

En la IPLOG 01/18, se pone el foco en el Programa F110, indicando que éste debe actuar como el catalizador de la evolución del actual modelo de apoyo logístico al nuevo modelo AL 4.0. Este modelo, que aprovechará el desarrollo de la tecnología y evolucionará ciertas funciones logísticas, tiene como finalidad mantener una mayor operatividad de los buques con un coste menor.

La Norma No Permanente (NNP) de sostenimiento núm. 01/23, sobre la gestión de obsolescencias (Dirección de Sostenimiento de la Armada, 2023) aún todos los conceptos anteriormente mencionados y define de forma preliminar, cómo se ha de llevar a cabo la gestión de obsolescencia en la Armada. Su objetivo es el de definir la doctrina y establecer unas directrices que permitan, posteriormente, el desarrollo e implementación de la gestión de obsolescencias en el ámbito del Apoyo Logístico en la Armada.

Para ello, establece una serie de consideraciones previas entre las que se encuentran:

- realizar una selección de obsolescencias. Con el fin de garantizar que la gestión proactiva sea económicamente viable, es necesario desarrollar criterios específicos de criticidad. Estos criterios deben basarse en factores de riesgo relacionados con la operatividad y seguridad de los buques y unidades, teniendo en cuenta también su coste económico
- delimitación de las tareas. Se confía la mayor parte de las responsabilidades de las actividades de gestión proactiva a los principales contratistas y proveedores, mientras que la Armada se reserva las funciones de revisión, control y toma de decisiones, en la medida en que sus recursos lo permitan
- proceso de la gestión proactiva. La gestión proactiva de obsolescencias se iniciará durante el PALI, y se implementará durante la Fase de Servicio mediante la apertura de acuerdos marco de sostenimiento con los principales proveedores o contratistas.

Se proporcionan unas directrices generales para llevar a cabo esta tarea:

- gestión proactiva: se aplicará una estrategia proactiva para gestionar la obsolescencia en los equipos considerados más críticos, para ello se realizará una evaluación de riesgos para asegurar la disponibilidad operativa y la seguridad del buque. Respecto a los equipos menos críticos, se adoptará un enfoque más reactivo
- apoyo de la industria: la mayor parte de las responsabilidades relacionadas con la gestión de obsolescencias de los equipos correspondientes será delegada a los contratistas y proveedores principales, aunque la responsabilidad y la autoridad para la toma de decisiones seguirán bajo el control de la Armada

- criterios: la Armada definirá los criterios de criticidad para seleccionar aquellos equipos, sistemas, y sus componentes, que deberán ser controlados de un modo proactivo, con miras a ser eficiente en el gasto a medio plazo
- listados BOM: los contratistas de los equipos elaborarán la BOM, herramienta principal para la gestión proactiva, con el formato y requisitos que determine la Armada
- plan de gestión de obsolescencias: para cada equipo o sistema designado para una gestión proactiva, se requerirá un plan de obsolescencia individual, elaborado por el contratista, que contendrá al menos la BOM, el análisis de riesgos, la evaluación del impacto en la disponibilidad y las acciones previstas de mitigación de obsolescencias de elementos críticos
- PALI: el plan parcial de obsolescencias, cuyo objetivo será la elaboración de los planes de obsolescencias de los equipos y sistemas seleccionados del buque, será un elemento ALI del buque
- organización funcional: como actividad transversal, la gestión de obsolescencias se encuadrará en el sostenimiento, y estará íntimamente relacionada con el control de la configuración y el aprovisionamiento. Para atender esta tarea, no se detraerá personal de otra estructura de la Armada. Existirán dos escalones; el primero conformado por personal del arsenal de apoyo, y el segundo por personal de la JAL (Jefatura de Apoyo Logístico)
- fase de servicio: el soporte que proporcionará la industria para la gestión proactiva de obsolescencias vendrá materializado preferentemente mediante la suscripción de acuerdos marco de sostenimiento con las empresas contratistas o proveedoras
- procesamiento de los casos: primero, el arsenal de apoyo analizará las obsolescencias y presentará diversas opciones para su resolución. Luego, la JAL revisará el análisis y tomará la decisión final sobre la solución a implementar
- cláusulas contractuales efectivas: se incluirán cláusulas contractuales efectivas, para la determinación del apoyo de los principales contratistas y suministradores en la gestión de obsolescencias durante las fases de construcción y de servicio.

Para establecer los criterios de selección de equipos y sistemas que necesiten una gestión proactiva, se tomarán en cuenta, como mínimo, los siguientes factores de riesgo asociados con la seguridad y la disponibilidad operativa del buque, además de considerar los costes económicos:

- criticidad: teniendo en cuenta el Grado de Esencialidad (GRES), si es un Elemento Crítico de Seguridad (ECS), si se encuentra sujeto a algún tipo de certificación o inspección o cualquier otra circunstancia que se determine
- probabilidad de sufrir obsolescencias: factores como la naturaleza del componente, su tecnología, la situación en el mercado o el marco normativo pueden hacer más probables el fenómeno de la obsolescencia
- vulnerabilidad de la cadena de suministro: se consideran factores de riesgo el número de fabricantes o suministradores, la identificación de los mismos y de sus alternativos, su solvencia, el aumento considerable de los precios, los pedidos atrasados, los tiempos de espera del suministro y la demanda
- coste económico: será siempre oportuno realizar un estudio comparativo de coste entre una gestión proactiva y las consecuencias de hacerlo de forma reactiva
- duración estimada del ciclo de vida
- tiempo necesario para implementar una solución.

3. EL PLAN DE GESTIÓN DE OBSOLESCENCIAS PARA EL PROGRAMA F110 (CONTRATISTA)

Después de analizar el marco teórico, donde hemos abordado la normativa de gestión de obsolescencias, primero desde una perspectiva académica y luego desde el ámbito de la Defensa y, más específicamente, de la Armada, nos enfocamos en la situación actual de la gestión de obsolescencia para el Programa F110. El Plan de Gestión de Obsolescencia del F110 (PGOF110), cuya planificación se detalla en la figura 11, fue elaborado por Navantia en 2021, con planes de actualización previstos hasta el año 2025.

Figura 11. Hoja de Ruta del PGOF110



Fuente: Presentación CAP⁷ F110

Este plan (Navantia, 2021) se crea con el propósito de establecer los procedimientos, procesos y resultados necesarios para abordar la obsolescencia⁸ tecnológica en el Programa durante su Etapa de Producción, así como para facilitar la transición hacia su fase operativa. Su alcance incluye todos los equipos y sistemas del buque, incluso aquellos cuya adquisición sea responsabilidad del Departamento de Defensa. Existen un total de 5 listados de equipos separados en cinco listas (A, B, C, D y E).

De acuerdo con lo presupuestado en el PALI, el PGOF110 sólo lleva a cabo las actividades de gestión de la obsolescencia sobre los equipos y sistemas cuya responsabilidad de negociación de adquisición es del contratista principal (listas B y D), en este caso, Navantia. Los equipos de las listas A, C y E, son aquellos en los que las Especificaciones Técnicas de Compra (ETC) son responsabilidad de la DGAM. En tales casos, será el Departamento de Defensa el responsable de proporcionar la información requerida para gestionar la obsolescencia identificada.

En las listas B y D se computan un total de 234 equipos, mientras que las listas A, C y E suman un total de 41 equipos. Las listas de materiales por razón del comprador vienen descritas en el anexo IV.

El objetivo que busca Navantia con el PGOF110 es:

- establecer la metodología, los procesos y los procedimientos que se emplearán para gestionar los cambios tecnológicos durante la Etapa de Producción del sistema
- documentar cómo se evitarán problemas de obsolescencia en el momento de la entrega, detallando la metodología, los procesos y los procedimientos utilizados
- servir como punto de referencia para evaluar el avance de las actividades relacionadas con la gestión de la obsolescencia.

Bajo esta planificación, se posibilita comprender cómo se llevarán a cabo las actividades relacionadas con la gestión de los cambios tecnológicos y la obsolescencia, incluyendo el enfoque, los planes y los procedimientos utilizados. Además, se asegurará que el programa de diseño, desarrollo y producción de Navantia entregue una capacidad militar sin problemas de obsolescencia en el momento de la entrega. Y, por último, garantizar que las soluciones adoptadas para abordar los cambios tecnológicos y la obsolescencia consideren los costes del ciclo de vida al evaluar las posibles alternativas.

⁸ La obsolescencia a la que se refiere el Plan de Gestión de Obsolescencias del Programa F110 es la tecnológica.

El PGOF110 preparado durante la Fase de Definición y Decisión incluye una lista preliminar (anexos I y II) de los sistemas/equipos del buque en donde se realiza, por un lado, una primera estimación de la probabilidad de obsolescencia e impacto en la operación, y por otro, una primera propuesta de estrategia de seguimiento de la obsolescencia en base a los parámetros anteriormente mencionados.

En el anexo I figuran aquellos equipos en los que está previsto llevar una estrategia de gestión proactiva en la Etapa de Producción, que son un total de 80 equipos. En el anexo II, por el contrario, figuran aquellos que seguirán una estrategia de gestión reactiva, que suman 154.

3.1. VALORACIÓN DE LOS RIESGOS

La valoración de riesgos⁹, junto con el proceso de resolución, constituye el fundamento del proceso de gestión de la obsolescencia. Esta gestión de riesgos permite que la dirección del Programa tenga una comprensión clara del estado de salud del mismo. En un sistema o equipo, es frecuente que los diversos componentes presenten niveles de riesgo variados. Esto implica la necesidad de emplear una mezcla de enfoques tanto reactivos como proactivos para su gestión efectiva.

El resultado de la evaluación conducirá a un enfoque diferente:

- enfoque reactivo: Se aplicará cuando la evaluación de riesgos indique un nivel bajo. Esta opción implica no tomar medidas hasta que surja un problema de obsolescencia, momento en el que se implementará una solución efectiva y apropiada
- enfoque proactivo: Se aplicará cuando la evaluación de riesgos indique un nivel medio o alto. Se seleccionará un método adecuado, adaptado a la gravedad del riesgo, para mitigar el impacto de la obsolescencia.

3.2. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS

Dado que no se cuenta con información detallada de diseño, el proceso de evaluación de riesgos de obsolescencia llevado a cabo por la empresa contratista ha sido a un nivel elevado, es decir, a nivel sistema/subsistema:

Las variables utilizadas para analizar los sistemas son las siguientes:

- grado de madurez, diferenciando entre sistemas de desarrollo nuevo o basados en diseños previos

⁹ El riesgo asociado al funcionamiento de un activo físico puede interpretarse como el daño esperado por su potencial obsolescencia

- impacto en la seguridad y en las misiones del buque
- probabilidad de enfrentar problemas de obsolescencia según la información disponible o basada en sistemas similares utilizados en otros buques
- potencial incorporación en programas de refresco de tecnología.

Considerando estos criterios y las restricciones de recursos, Navantia ha desarrollado un análisis preliminar de riesgos para identificar aquellos sistemas clave en los que se debe enfocar los recursos para la mitigación del impacto de la obsolescencia. Para este análisis preliminar, la empresa contratista emplea una matriz de riesgo de obsolescencia basado en:

$$\text{Riesgo} = \text{probabilidad} \times \text{criticidad}$$

3.3. EXTRACCIÓN Y FILTRADO DE LAS LISTAS DE MATERIALES (BOM)

Previo a la confección del listado BOM de los equipos que serán objeto de estudio de obsolescencia, Navantia realiza un proceso de filtrado de aquellos equipos que presenten un bajo riesgo de obsolescencia. Éstos tendrán que cumplir alguno de estos requisitos: ser de diseño normalizado, ser pasivos, ser puramente mecánicos y aquellos cuya fecha de fin de vida (YTEOL, *Years Till End of Life*) es conocida y mayor de 7 años. Por último, los elementos que hayan sido filtrados pero que cuenten con un único fabricante o considerados críticos, son incorporados nuevamente a la BOM para un análisis posterior.

3.4. ANÁLISIS DE RIESGOS DE LOS COMPONENTES

Los componentes que han sido finalmente incorporados en la BOM, y, por ende, sujetos a estudio, se analizan con respecto a los siguientes parámetros:

- Probabilidad de obsolescencia.

Figura 12. Probabilidad de obsolescencia

	BAJO	MEDIO	ALTO
Número de fabricantes disponibles	más de 2	Dos	Único
Años hasta la fecha de fin de vida	Más de 5	entre 2 y 5	menos de 2
Demanda esperada	menos de 1 cada 4 años	menos de 1 cada 2 años, pero 1 o más cada 4 años	1 o más cada 2 años

Fuente: Navantia (2021)

b) Impacto en la Operación

Figura 13. Impacto en la Operación

	BAJO	MEDIO	ALTO
Impacto	No crítico para la seguridad y para las misiones	Crítico para las misiones	Crítico para la seguridad

Fuente: Navantia (2021)

3.5. PRIORIZACIÓN DE COMPONENTES Y DECISIONES DE MITIGACIÓN

Utilizando las siguientes dos matrices, se evalúa el riesgo de obsolescencia, lo que a su vez determina la estrategia a implementar:

Figura 14. Matriz de Probabilidad para la priorización de componentes y decisiones de mitigación (PGOF110)

		PROBABILIDAD		
Riesgo de número de fuentes o YTEOL	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO
	MEDIO	BAJO	MEDIO	ALTO
	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
		BAJO	MEDIO	ALTO
RIESGO DE DEMANDA ESPERADA				

Fuente: Navantia (2021)

Figura 15. Matriz de Riesgo de Obsolescencia

		RIESGO DE OBSOLESCENCIA		
PROBABILIDAD	ALTO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
	MEDIO	BAJO	MEDIO	ALTO
	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
		BAJO	MEDIO	ALTO
CRITICIDAD DEL IMPACTO DE LA OPERACIÓN				

Fuente: Navantia (2021)

3.6. ESTRATEGIAS PREVISTAS PARA LA MITIGACIÓN DE OBSOLESCENCIA

Las estrategias de mitigación para el PGOF110, diseñadas para contrarrestar o reducir los efectos negativos de la obsolescencia, se fundamentan en los criterios técnicos del contratista y comprenden (figura 16):

Figura 16. Estrategias de mitigación de la Obsolescencia para el Programa F110

Estrategia de mitigación	Consideraciones
Arquitectura de sistemas abiertos (Open System Architecture, OSA)	Permite que los elementos se puedan reemplazar con facilidad por elementos COTS, sin producir interferencias
Modificación o rediseño	Modificar o rediseñar el elemento de utilización final, sustituyendo el elemento sujeto a obsolescencia por otro de similares características y funcionalidad. Rediseño mínimo (realizado a bordo o sobre tarjetas PCB) o máximo (unidades reemplazables del equipo principal)

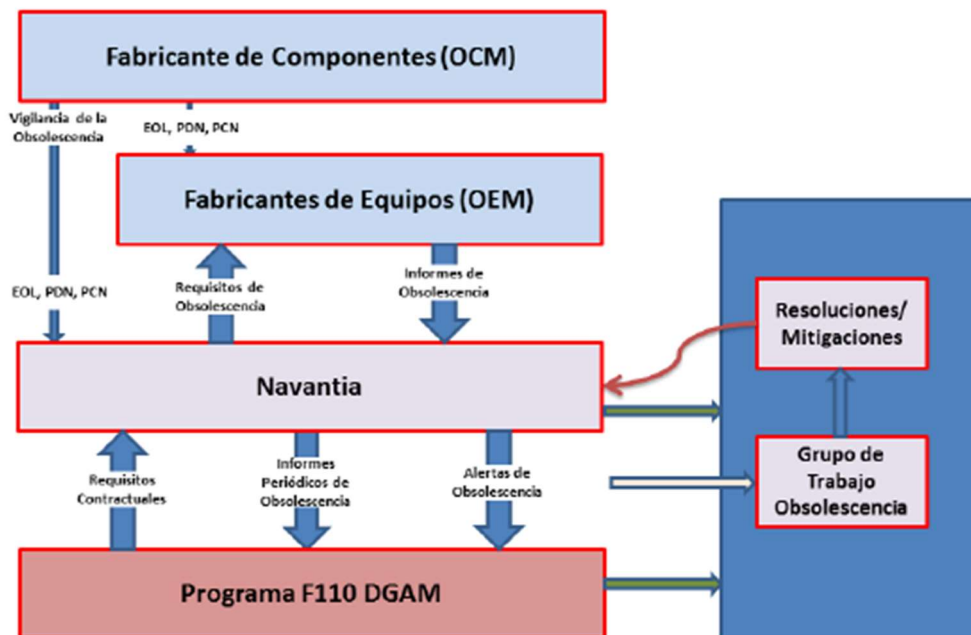
Redefinición de los requisitos bajo una especificación militar	Mediante compra de equipos a través de una fuente eminentemente comercial
Sustitución por elementos comerciales	Por elementos COTS o no fabricados bajo un diseño exclusivo para el equipo
Modernización a través del empleo de repuestos	Se emplean los repuestos existentes en stock para aumentar la fiabilidad e incrementar el tiempo de servicio
Técnicas de diseño	Se deben incluir criterios para revisiones críticas del diseño (CDR, en sus siglas en inglés), especificando la vida útil del elemento dentro de los procesos productivos antes de su desaparición activa del mercado
Cadena de compras (bridge-buy)	facilitar su nuevo diseño o sustitución
Técnicas de separación	Para incrementar el tiempo necesario para diseñar/desarrollar otra solución
Cadena de compras ciclo de vida (life-type buy)	Asegurarse la sustitución del elemento durante todo el ciclo de vida
Requisitos contractuales	Conocidos como continuidad del suministro. Cláusula en ETC mediante la que el suministrador se compromete a proporcionar todos los repuestos necesarios para el funcionamiento y mantenimiento del equipo / material durante un periodo de al menos 15 años desde el momento de la recepción final del pedido. Genera incertidumbre este tipo de acuerdos (desaparición de empresa, costes muy elevados, etc....)
Fuentes de suministro existentes (stocks)	Empleo de elementos en stock en almacenes de Armada
Fuentes de suministro alternativas	Necesario tomar en consideración fabricantes/suministradores alternativos a fin de mantener la cadena de compras
Reemplazo / sustitución por elementos existentes	Obtención de un elemento sustitutivo y existente en el mercado
Fabricante alternativo	Buscar e identificar un fabricante capaz de mantener/ obtener el diseño una vez adquiridos los derechos de fabricación de la fuente de suministro original, que decide la discontinuidad en la fabricación
Fabricación en instalaciones de la Armada	Considerar el empleo de talleres de Armada
Canibalización de elementos existentes	Búsqueda de elementos en equipos fuera de uso o de uso escaso de la Armada para ser reutilizados
Empleo de bases de datos con avisos de actualización	Método reactivo tradicional para realizar una aproximación a la resolución de problemas de obsolescencia. La base de datos debe contener información sobre cada parte del sistema. Se puede considerar como herramienta proactiva si se realiza un análisis de la vida del equipo.
Refresco Tecnológico o Modernización continua	Basado en las estrategias: 1) Preferencia por elementos COTS; 2) Propuestas de cambios (<i>Engineering change proposals</i>); 3) Arquitectura OSA y; 4) Actuaciones PBL (<i>Performance Based Logistics</i>).

Fuente: Navantia (2021)

3.7. PROCESO DE VIGILANCIA/ INFORMACIÓN DE LA OBSOLESCENCIA

La figura 17 ilustra el proceso de supervisión utilizado para comprender, abordar e informar sobre los riesgos de obsolescencia. Se establecerán requisitos para que el OEM proporcione la información necesaria sobre obsolescencia para cada sistema/equipo adquirido a través de una ETC.

Figura 17. Proceso de monitorización/ información de la Obsolescencia para el Programa F110



Fuente: Navantia (2021)

Navantia dispone de una aplicación logística llamada EOLO IACV donde guarda la información suministrada por los fabricantes originales (OEM) sobre obsolescencia en una tabla dedicada a repuestos, pertrechos y materiales. La información abarca:

- clasificación del tipo de obsolescencia
- fecha de conocimiento del problema de obsolescencia
- fecha final de venta del elemento
- fecha final de apoyo del elemento
- fecha del impacto prevista para el problema de obsolescencia.

Esta información posibilitará representar en forma de diagrama el estado de salud con respecto a la obsolescencia (ESO) de un equipo específico:

- verde: indica que el elemento está disponible para ser adquirido
- amarilla: señala que el elemento no está disponible para su compra, pero cuenta con soporte de reparación del OCM (Original Component Manufacturer)
- rojo: indica que el elemento no está disponible para su compra y tampoco cuenta con soporte de reparación del OCM.

Figura 18. Estado de salud de la Obsolescencia de un sistema

LRU	Part Number	01				02				03				04				05				06				07				08							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
10/0 card cage	7400924-1	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow							
12/8 card cage	7352847-1	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
LOC (64)	20511722-1	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
FAST ETHERNET PMC	20511853-1	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
NTDS B MODULES	20511718-1	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
32 MB SBC CPU MODULE	20511159-1	Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
Power Supply	20510641-1	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
IRIG w Oven	20511724-1	Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
LIC (64)	20511721-1	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			
NTDS D MODULES	20511719-1	Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green			
NTDS E MODULES	20511720-1	Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green			
Fan	4606N	Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green				Green			
VME Slot Bypass, 160MM	20511012-2	Green				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow				Yellow			

Fuente: Navantia (2021)

Los diagramas de salud o informes de obsolescencia, y las alertas que precisen de acción inmediatas se presentarán en las reuniones periódicas del COTG. Las notificaciones de obsolescencia de un OEM se revisarán, registrarán en la base de datos, se analizará la solución propuesta, y una vez aprobada la solución se registrará en la aplicación de logística dándose por cerrada.

3.8. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PGO F110

Para la evaluación el desempeño del PGO F110 está previsto el empleo de las siguientes métricas:

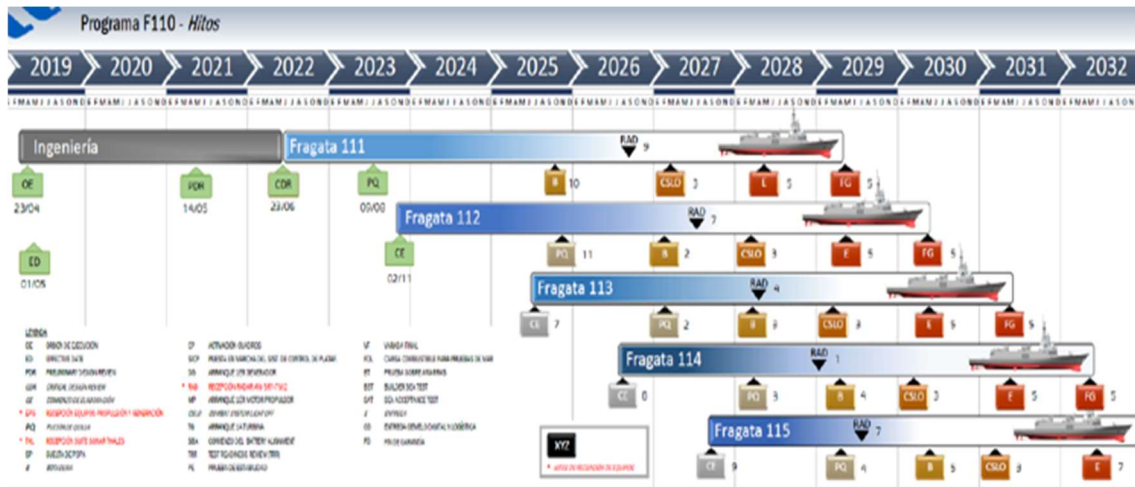
- número de casos de obsolescencia identificados
- porcentaje de casos de obsolescencia identificados respecto al número total de elementos/componentes analizados
- número de casos de obsolescencia cerrados
- número de casos de obsolescencia resueltos
- tiempo medio para cerrar un caso de obsolescencia
- tiempo medio para resolver un caso de obsolescencia
- En caso de que se disponga de datos, el valor estimado del ahorro obtenido al implementar las medidas de mitigación de la obsolescencia propuestas.

3.9. PROBLEMÁTICA PREVIA AL ESTUDIO

El Programa F110, cuyo progreso en la entrega de unidades se muestra en la figura 19, se perfila como el motor impulsor del nuevo modelo de apoyo logístico. Su meta es capitalizar los avances tecnológicos y el desarrollo de funciones logísticas para

garantizar una mayor operatividad de los buques a un coste reducido (Jefatura de Apoyo Logístico, 2018b).

Figura 19. Hitos del Programa F110



Fuente: CAP del Programa F110

El AJAL destaca la importancia de detectar tempranamente las obsolescencias, con objeto de poder resolverlas a tiempo, sin menoscabo de la operatividad de sus unidades, dotando a los programas desde su inicio con estrategias de gestión de obsolescencias que perduren a lo largo de su ciclo de vida (Jefatura de Apoyo Logístico, 2023a).

El ADISOS (Almirante Director de Sostenimiento) ordenó constituir un grupo de trabajo, liderado por él mismo, con representantes tanto de la JAL como de los arsenales de apoyo, con el fin de elaborar e implementar estrategias para la gestión de obsolescencias a corto plazo (Dirección de Sostenimiento de la Armada, 2023). Como resultado de esta colaboración, se espera la promulgación de una Norma Permanente que regule la gestión de obsolescencias.

El PGOF110, promulgado en 2021, marcó un hito en el modo de concebir la obsolescencia, pues como se indicó con anterioridad, es el primer documento en el que se define una estrategia proactiva. Sin embargo, la implementación de la gestión de la obsolescencia presenta una gran complejidad por diversos factores entre los que se encuentran:

- la valoración de los factores de riesgo y el análisis de riesgos de la obsolescencia
- la dificultad en la predicción de la obsolescencia
- el gran número de actores involucrados
- el control sobre la cadena de suministro
- la formación de equipos de gestión de obsolescencia

- la necesidad de herramientas para control y seguimiento
- la innovación tecnológica
- la creciente presencia de elementos COTS
- la revisión y desarrollo de procesos logísticos
- el recurso económico limitado.

Considerando todos estos factores, y dada la relevancia crucial que la gestión de obsolescencias tiene para la Armada, como se ha destacado en secciones anteriores, puede ser necesario profundizar en el análisis de la situación actual. Específicamente, nos proponemos determinar la viabilidad, eficacia y eficiencia del documento PGOF110 para abordar el desafío de gestionar proactivamente la obsolescencia en el Programa F110. Además, buscamos identificar posibles discrepancias entre la Armada y la industria de defensa en cuanto a criterios, metodología, procesos y procedimientos relacionados con la gestión proactiva de la obsolescencia.

Además, consideramos importante evaluar otros aspectos que influyen en la gestión proactiva, para determinar si se están cumpliendo los fundamentos tecnológicos del nuevo modelo de A.L. descritos en la sección 2.2.2., y si existe una integración efectiva de todas las partes involucradas en dos dimensiones: en primer lugar, la integración vertical de todos los procesos, es decir, si existe un flujo de información sobre el proceso logístico del control de la obsolescencia que conecte a todas las autoridades de la cadena; y en segundo lugar, la integración horizontal de todos los participantes en este proceso (contratistas, proveedores, empresas y socios tecnológicos).

Posteriormente, tras analizar el caso, será pertinente evaluar las líneas de acción a corto y medio plazo que podrían implementarse en la Armada para hacer frente al desafío de la obsolescencia en la fase de servicio de los buques, identificando los factores clave para garantizar su éxito y abordando posibles problemáticas que puedan surgir en esta gestión.

4. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este análisis, optamos por emplear el método del caso, el cual propone el uso de múltiples fuentes de datos y la aplicación del principio de triangulación para garantizar la validez interna de la investigación. Como afirma Yin (1989), este enfoque nos permite verificar la coherencia entre los datos recopilados de diversas fuentes, asegurando así que las distintas perspectivas convergieran en los efectos explorados en el fenómeno bajo estudio, siguiendo el principio de triangulación propuesto.

En el presente trabajo, nuestro primer objetivo es evaluar el tratamiento dado a la gestión de las obsolescencias hasta la fecha, determinando para la fase en la que se encuentra el programa, su estado actual. Recordemos que, en la Etapa de Producción, la empresa contratista es la responsable de la gestión de obsolescencias de todos los equipos y sistemas del buque, y que es durante la transición a la fase operativa cuando se producirá la transferencia de la información de la obsolescencia a la Armada.

Para ello, partimos de un primer análisis preliminar derivado de la participación en el grupo de trabajo que denominamos en adelante, GT ALI F110, para el estudio de la documentación técnica PGO Doc. 0080520002L (PGOF110), que trabaja para que tanto Armada como Navantia, se alineen en los principios básicos y fundamentos de la gestión de la obsolescencia para el Programa F110. Es importante tener presente que el PGOF110 ha sido diseñado con el propósito de documentar el enfoque, los procesos y los procedimientos para gestionar los cambios tecnológicos durante la Etapa de Producción, para prevenir problemas de obsolescencia, y que éstos puedan afectar a las capacidades militares en el momento de la entrega. Teniendo esta circunstancia presente, realizamos en el siguiente apartado, un primer acercamiento a todos los aspectos que fueron tratados y motivo de discusión entre las partes.

La reunión del grupo de trabajo, que tuvo lugar en marzo de 2024, y que está previsto que se programe semestralmente hasta la entrega del primer barco de la serie, ha supuesto la primera ocasión en la que Navantia, DGAM y la Armada-JAL han confrontado aspectos propios relativos al plan, tanto aquellos de carácter general como otros de carácter más específico. Como resultado de esta primera puesta en común, la Armada ha realizado una serie de comentarios que deben ser revisados por Navantia.

Las conclusiones derivadas de esta primera reunión, han supuesto un importante paso hacia delante a la hora de clarificar los diferentes puntos de vista de cada una de las partes. Pero, no solamente eso, sino que se ha podido constatar que existen cuestiones esenciales, en las que no existe una alineación entre todas las partes. Además de estas discrepancias, la Armada ha planteado una serie de requisitos que considera imprescindibles para finalizar el desarrollo del Plan, con el objetivo de garantizar una gestión eficiente de la obsolescencia durante la Fase de Servicio.

Después de la reunión inicial y la revisión exhaustiva de documentos académicos y normativas relacionadas con la obsolescencia, nos dirigimos a los miembros del GT ALI F110 para obtener una comprensión más profunda del estado actual de la gestión de obsolescencias y recopilar datos específicos sobre el caso del Programa F110.

La muestra que elegimos para la realización de las entrevistas en profundidad fue los miembros del GT ALI F110; con ellos, hemos analizado todos los factores intervinientes en la gestión proactiva de las obsolescencias. El objetivo que buscamos fue el de identificar todas aquellas líneas de acción necesarias para garantizar, no sólo una eficaz gestión en la Etapa de Diseño, sino también que permitan una correcta transferencia de la información de obsolescencia en la fase operativa.

Los intervinientes por parte de Navantia fueron tres ingenieros que conforman la Dirección del Equipo de Gestión de Obsolescencias del Programa F110, por parte de la Armada dos ingenieros técnicos de ISDEFE (Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España) del departamento de DISOS-SECALI (Sección de Apoyo Logístico Integrado) de la JAL responsables del desarrollo de la normativa de gestión de obsolescencias, y por parte de DGAM, un ingeniero representante de la jefatura del Programa F110.

Se decidió limitar las entrevistas exclusivamente a los expertos del GT ALI F110, quienes están específicamente relacionados con la parte de la cadena de suministro correspondiente al cliente final y al contratista principal, dejando fuera a los responsables de la gestión proactiva de obsolescencias de las empresas, suministradores y fabricantes.

Después de llevar a cabo las entrevistas en profundidad, se identificaron una serie de consideraciones que no habían sido previamente abordadas. Estos nuevos aspectos destacaron la necesidad de obtener una perspectiva más amplia y detallada del tema en cuestión. Como resultado, se decidió complementar este análisis con cuestionarios dirigidos a los miembros del GT ALI F110. Esta decisión fue tomada con el objetivo de capturar una variedad más extensa de opiniones y experiencias dentro de la misma comunidad experta, lo que permitiría una comprensión más completa y representativa de las dinámicas relacionadas con la gestión proactiva de obsolescencias, enriqueciendo así el análisis metodológico y proporcionando una visión más completa. Las encuestas se realizaron a través de una solicitud a los correos electrónicos corporativos de los encuestados para recoger su percepción en un cuestionario realizado con en la herramienta Google Forms.

Es importante destacar la ausencia de participación por parte de los responsables de las empresas, suministradores y fabricantes, ya que podrían haber aportado valiosas ideas y enfoques que habrían enriquecido considerablemente el análisis. Esta exclusión podría haber limitado la comprensión total del problema y la identificación de soluciones adicionales efectivas. En el futuro, sería ventajoso ampliar el alcance de las entrevistas para incluir una gama más diversa de actores. Esto permitiría identificar nuevas

oportunidades para integrar perspectivas y aplicar prácticas colaborativas que promuevan la integración horizontal dentro de la cadena de suministro.

5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS DE LA GESTIÓN DE OBSOLESCENCIAS DEL PROGRAMA F110

5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL GT ALI F110

Durante el análisis preliminar llevado a cabo durante la participación en el grupo de trabajo, se han detectado diversas discrepancias, algunas de ellas bastante significativas, en aspectos clave del plan. Estas diferencias en la interpretación de determinadas cuestiones estratégicas subrayan una falta de consenso y cohesión, tanto en la formulación como en la implementación del plan en sí, lo cual podría poner en riesgo su efectividad y éxito a largo plazo.

A continuación, se detallan todos los aspectos que fueron motivo de discusión en el GT ALI F110. Muchos de ellos están relacionados con la diferente interpretación realizada en los dos documentos considerados clave en cada una de las dos organizaciones. Por un lado, el PGO F110 desarrollado por Navantia para dar respuesta a la obsolescencia en el Programa F110 durante la Etapa de Producción; y por otro, la NNP 01/23 elaborada por la Armada, cuyo propósito es el de establecer unas directrices preliminares que permitan con posterioridad desarrollar e implementar la gestión de obsolescencias en el ámbito del Apoyo Logístico de la Armada.

Como se expuso con anterioridad, ambos documentos difieren en el tiempo un período de dos años, siendo más contemporáneo el documento de la Armada. La falta de alineación temporal entre ambos conduce a una divergencia en determinados criterios y enfoques. Esto puede resultar en confusiones e interpretaciones contradictorias que dificulten la aplicación práctica, lo que, a su vez, pudiera obstaculizar la coherencia y eficiencia en la gestión de obsolescencias.

Los principales puntos de confrontación se recogen en la tabla 1:

Tabla 1: Puntos de confrontación en el GT ALI

PC	ASUNTO	DETALLE
PC1	Aspectos conceptuales y terminología	El término obsolescencia y DMSMS son distinguidos por Navantia según se detalla en el punto 2.1.2. Sin embargo, aunque la Armada reconoce esta diferencia conceptual, su intención es emplear el término obsolescencia para referirse a ambos conceptos
PC2	Aspectos conceptuales y terminología	Navantia y la Armada coinciden en la identificación de cuatro categorías. Navantia menciona la tecnológica, la relacionada con la misión, la económica y la que surge debido a nuevas amenazas. Por otro lado, la Armada clasifica la obsolescencia en tecnológica, relacionada con el sostenimiento cuando sus necesidades aumentan hasta ser inasumibles, normativa y legislativa, y motivada por factores comerciales
PC3	Alcance	Navantia no dispone de los PGO de los equipos responsabilidad de Defensa. Estos equipos corresponden a los listados A, C y E del Anexo III
PC4	Valoración de riesgos	Análisis de los sistemas. Navantia identifica los valores descritos en la sección 2.3.3. Armada presenta evaluación descrita en la sección 2.2.2. La Armada requiere que el proceso de evaluación preliminar de riesgos de obsolescencia realizado por Navantia se amplíe al nivel equipo
PC5	Valoración de riesgos	Análisis de los sistemas. Navantia realiza valoración del impacto en la operación conforme la figura 13. La Armada solicita que ese valor sea cuantificado o correlacionado con el concepto GRES o GRESP.
PC6	Valoración de riesgos	Extracción y filtrado de las listas de materiales. Navantia indica que el proceso de filtrado de las BOM se lleva a cabo siguiendo los criterios definidos en la sección 2.3.4. La Armada solicita detalles adicionales sobre estos criterios utilizados
PC7	Valoración de riesgos	Análisis de riesgos de componentes. Navantia determina la probabilidad de obsolescencia y la posibilidad de que esta se convierta en un problema según figura 12. La Armada, considera que la probabilidad de obsolescencia se evalúa en base a factores diferentes a los contemplados en el PGOF110, tales como la naturaleza del componente, la tecnología, su situación en el mercado y el marco normativo, entre otros
PC8	Valoración de riesgos	Análisis de riesgos de componentes. Navantia evalúa el impacto de un componente sin distinguir si es para la operación del sistema o del

		buque en su conjunto. La Armada considera dos niveles bien diferenciados, el grado de afectación de un componente a la seguridad o a la misión de un sistema o equipo, por un lado y el grado de afectación del componente a la seguridad o a la misión del buque.
PC9	Valoración de riesgos	Estrategias de mitigación. Armada solicita distinguir entre estrategias a implementar en la Etapa de Diseño del buque y aquellas para la Fase de Servicio
PC10	Proceso de gestión	A partir del uso de la Matriz de Riesgo, se elabora una lista preliminar de sistemas del buque con las estrategias a seguir (anexos I y II). Sin embargo, la Armada solicita el desarrollo de una base de datos a partir de las Listas de Materiales (BOM) de los diferentes sistemas y equipos, con los campos necesarios para ser cruzados con la configuración logística y las listas de repuestos

Fuente: Elaboración propia

Tras la exposición de las discrepancias que se manifestaron en el GT ALI F110, se realiza breve análisis de las conclusiones extraídas con respecto a los objetivos específicos planteados:

1. Interpretación de los términos. El modo en que ambas organizaciones interpretan y emplean los términos obsolescencia y DMSMS puede afectar la comunicación y la gestión de los problemas asociados.
2. Gestión de la obsolescencia. Tanto Navantia como la Armada reconocen la importancia de gestionar proactivamente las obsolescencias. Sin embargo, actualmente, adoptan enfoques diferentes debido a las distintas categorizaciones que emplean. Sería enriquecedor explorar cómo estas divergencias podrían influir en las estrategias de mitigación y en los procesos asociados.
3. Valoración de riesgos y análisis de la obsolescencia. Tanto Navantia como la Armada han puesto de manifiesto que no existe alineación en ciertos principios básicos como son la probabilidad de obsolescencia y el impacto. Si consideramos que ambas variables determinan el riesgo de obsolescencia, y que éste a su vez, determina el enfoque (reactivo o proactivo), podemos concluir que el nivel de proactividad en la gestión de la obsolescencia en determinados equipos o sistemas podría tener que reconsiderarse en un futuro.
4. Necesidad de interrelación y coordinación. La solicitud de información ampliatoria por parte de la Armada indica una necesidad de interrelacionar y coordinar los factores y procesos con Navantia para garantizar una comprensión común y una gestión efectiva de los riesgos de obsolescencia. La discrepancia en la priorización de componentes y en las estrategias de mitigación también subrayan la importancia de una comunicación clara y una puesta en común de los criterios y procesos de evaluación.

5. Mejora continua y alineación de procesos. Las discrepancias y solicitudes ofrecen oportunidades para la mejora continua y la alineación de procesos entre la Armada y Navantia, lo que puede desembocar en una gestión eficaz y eficiente.
6. Diferencias en la preferencia de información. Navantia opta por desarrollar una lista preliminar de sistemas del buque con estrategias de mitigación específicas, que si bien, resulta un buen punto de partida, no es lo que precisa la Armada. Ésta, requiere el desarrollo de una base de datos a partir de las BOM, capaz de correlacionarse con la Configuración Logística y con las tablas de repuestos que existen en la herramienta SIL-GALIA.

Tal como indicamos en el apartado de la metodología, la reunión del GT ALI F110 ha representado un avance significativo hacia el logro del objetivo de implementar una gestión proactiva eficiente de obsolescencias en el Programa F110. Sin embargo, la falta de consenso previamente mencionada entre Navantia y la Armada, junto con la falta de información detallada, subraya la necesidad de complementar la información con los mismos expertos. Esto nos permitirá identificar las acciones necesarias para alcanzar el objetivo principal.

5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS Y ENCUESTAS

La entrevista en profundidad destaca por ser uno de los métodos más poderosos en investigación cualitativa, puesto que permite captar aspectos de la realidad social que otros enfoques metodológicos no logran abordar. Resulta esencial para la metodología cualitativa, la cual se caracteriza por ser un diálogo abierto y flexible entre el entrevistador y el entrevistado, facilitando una interacción significativa sobre temas centrales para el investigador (Vallés, 2002).

Para las entrevistas en profundidad, seleccionamos una muestra de participantes con una tasa de participación del 100%. Los interlocutores de Navantia, la DGAM y la Armada que forman parte del GT ALI F110 para el estudio de la documentación técnica PGO Doc. 0080520002L fueron seleccionados como muestra debido a su experiencia en la materia y por ser los responsables de la gestión proactiva de obsolescencias en cada una de las organizaciones.

El conocimiento adquirido a partir de esta investigación también tiene como objetivo fortalecer la base de conocimientos y metodología disponible para el empleo de la gestión proactiva tanto en la Etapa de Producción, en la que se encuentra el actual programa, como en la Fase de Servicio para el apoyo al ciclo de vida.

Todas las preguntas realizadas fueron abiertas, y estuvieron inicialmente enfocadas para comprender el contexto en que se desarrolló el PGO110, intentando profundizar en el enfoque, los procesos y procedimientos llevados a cabo en su elaboración. A continuación, se puso el foco en descubrir temas nuevos, no contemplados en el GT ALL, que pudiesen dar claves para la mejora del Plan, para la identificación de líneas de acción necesarias, y para explorar futuros escenarios mediante un enfoque prospectivo, considerando tanto las tendencias tecnológicas actuales como sus posibles evoluciones.

Las entrevistas nos han proporcionado una serie de temas que podemos clasificar en cinco grandes categorías, organizándolos según sus afinidades y relaciones.

- evaluación del PGO110: metodología, procesos y procedimientos para la mitigación de la obsolescencia y documentación (PGO y Listas BOM)
- equipo COTG
- recursos y herramientas necesarios para mejorar la eficiencia en la gestión proactiva en la Armada y uso de un lenguaje proactivo en la contratación
- exploración de otros factores que afectan a la gestión de obsolescencias
- propuestas futuras para una implementación eficiente de la gestión de obsolescencias y desarrollo de un modelo de gestión proactiva.

Estos temas, ampliamente discutidos durante el desarrollo de las entrevistas, se materializaron en un cuestionario diseñado específicamente para este propósito. Este cuestionario abarcó los cinco bloques temáticos previamente mencionados, con el objetivo de recopilar datos tanto cuantitativos como cualitativos, así como de medir y analizar diversas variables relevantes para el estudio, con el fin de obtener una visión más completa del fenómeno bajo investigación.

Además, el cuestionario se utilizó para validar las hipótesis planteadas, proporcionando evidencia empírica que respaldara o refutara dichas hipótesis. Incluyó preguntas de escala Likert y preguntas abiertas o de respuesta libre, con el propósito de explorar las opiniones, actitudes y percepciones de los participantes, lo que permitió una comprensión más profunda de sus puntos de vista y experiencias. Finalmente, el cuestionario facilitó la comparación entre diferentes grupos de participantes en relación con las variables de interés del estudio, lo que nos ayudó a identificar posibles diferencias y patrones significativos.

Se utilizó el análisis de los bloques de temas como base para realizar un análisis DAFO. Esto nos permitió identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas

relacionadas con el estudio. El objetivo era comprender mejor el entorno y las posibilidades asociadas al tema investigado, así como desarrollar estrategias adecuadas para enfrentar los desafíos identificados.

El desarrollo del análisis, por lo tanto, contempló los siguientes cinco bloques recogidos en la tabla 2.

Tabla 2: Bloques de temas en análisis

BLOQUES	TEMAS
BLOQUE 1	Análisis del PGOF110. Metodología, Procesos y Procedimientos para la mitigación de la obsolescencia. Documentación (PGO y Listas BOM)
BLOQUE 2	Equipo COTG
BLOQUE 3	Herramientas y elementos necesarios para la eficiencia en la gestión proactiva en la Armada. Lenguaje contratación proactivo.
BLOQUE 4	Análisis de factores internos (amenazas y oportunidades) y externos (debilidades y fortalezas). DAFO.
BLOQUE 5	Propuestas futuras para la implementación eficiente de la gestión de obsolescencias. Modelo de gestión proactiva

Fuente: Elaboración propia

- **BLOQUE 1. Análisis del PGOF110. Metodología, Procesos y Procedimientos para la mitigación de la obsolescencia. Documentación (PGO y Listas BOM).**

Dentro de este bloque, la proactividad, el análisis del factor coste y la documentación (PGO de los equipos / sistemas y listas BOM) emergieron como los temas más debatidos durante las entrevistas en profundidad, debido a las diferencias existentes entre los miembros del grupo participante. Estas discrepancias se originaron posiblemente por la interpretación variada de estos aspectos cruciales en la gestión de obsolescencias. Además, la relevancia de estos tres aspectos en la ejecución de un plan es innegable. La proactividad es fundamental para anticiparse a los problemas de obsolescencia, el análisis del factor coste permite evaluar la viabilidad económica de las acciones propuestas, y la documentación adecuada es esencial para respaldar las decisiones y acciones tomadas en el proceso de gestión. Por lo tanto, debido a su importancia crítica y las discrepancias interpretativas, estos temas se convirtieron en foco de discusión y análisis durante las entrevistas en profundidad.

Nivel de proactividad. Valoración de riesgos de la obsolescencia

Navantia documenta el PGOF110 con objeto de describir los procesos, procedimientos y entregables que se utilizarán en la gestión de obsolescencia en el Programa F110 durante su Etapa de Producción y la descripción de la transición hacia su fase operativa.

Es conveniente reseñar que el PGOF110 fue diseñado, particularmente, para la gestión y mitigación de la obsolescencia de tipo tecnológico.

Es importante destacar que la DGAM debe emplear el PGOF110 para garantizar que el programa de diseño, desarrollo y producción de Navantia no presente problemas de obsolescencia al momento de la entrega. Además, debe asegurarse que las soluciones adoptadas por Navantia para abordar los cambios tecnológicos y de obsolescencia consideren los costes del ciclo de vida al analizar las posibles alternativas. A este último concepto se le conoce como análisis de compensación.

Este proceso comienza realizando una valoración preliminar de riesgos de la obsolescencia, y como resultado se selecciona una estrategia de vigilancia, bien sea reactiva o proactiva.

Producto de esta valoración, y tras la realización del recuento global de todos los sistemas/ subsistemas contenidos en el Programa se obtienen los siguientes resultados:

- 121 sistemas/ subsistemas con gestión proactiva, resultado de evaluar el riesgo de obsolescencia medio/alto
- 154 sistemas/ subsistemas con gestión reactiva, resultado de un riesgo bajo.

Como consecuencia, encontramos que el nivel de proactividad es del 44%. Si vamos al desglose, esta es la situación actual del Programa:

- equipos con gestión proactiva (procedencia listas B y D): 80
- equipos con gestión reactiva (procedencia listas B y D): 154
- equipos con gestión proactiva (procedencia listas A, C y E): 41.

Este nivel de proactividad tan exigente contrasta con los escasos medios disponibles para las tareas de revisión, control y toma de decisiones. Tal y como expresa la Armada, este grado de proactividad debe ser equiparable con las capacidades y recursos disponibles. Evaluaremos más adelante los medios actuales a disposición de la Armada, en donde uno de los factores críticos es el recurso económico. Sobre este aspecto, y en relación con el nivel de ambición establecido en el PGOF110, volveremos a medida que vayamos examinando otros aspectos.

Volvamos nuevamente al factor de proactividad. La NNP de la Armada establece que, para la selección de las obsolescencias, es necesario establecer unos criterios de criticidad basados en factores de riesgo relacionados con la operatividad y seguridad de los buques y unidades, considerando también el coste económico. En relación con este asunto, nos encontramos con el primer resultado del análisis, que es la insuficiencia de

recursos económicos, clave para entender el punto en el que se encuentra la discusión. En las encuestas realizadas al GT ALI, se les ha requerido su valoración personal en relación con el factor económico, resultando en una puntuación de 4,75 sobre 10 para la industria de defensa y de 4,33 sobre 10 para el personal de la Armada.

La Armada, como quedó también patente en el GT ALI F110, todavía se encuentra estudiando este criterio de criticidad. Esta evaluación es necesaria realizarla concienzudamente de cara a la Fase de Servicio. Conviene recordar que, controlar las obsolescencias de un modo reactivo, y más ante el reciente aumento de casos, es una solución costosa y que impacta en la operatividad de los buques, mucho más que lo hacen las acciones proactivas. Esto no debe llevarnos a la idea de decidir una gestión proactiva para todos los equipos y sistemas, puesto que también tiene un coste inasumible de no realizarlo proporcionalmente a nuestras capacidades, ya que requiere de estrategias y herramientas concretas, tal y como se muestra en la tabla 3.

A continuación se discutieron una serie ejemplos de enfoques proactivos frente a reactivos:

Tabla 3: Ejemplos de enfoques de mitigación proactivos frente a reactivos

EJEMPLOS DE ENFOQUES DE MITIGACIÓN PROACTIVOS FRENTE A REACTIVOS	
Enfoques proactivos de mitigación de la obsolescencia	Enfoques reactivos de mitigación de la obsolescencia
Analizar la lista de materiales del sistema (BOM) con una herramienta de análisis predictivo para planificar el desarrollo o selección adecuada de componentes de repuesto	Compras de tipo de vida útil: solicite todos los componentes al final de su vida útil previstos para el ciclo de vida del sistema
Establecer y mantener un COTG	Recopilar componentes/piezas de sistemas canalizados
Establecer y actualizar un PGO	Rediseño a corto plazo
Fluir un lenguaje de contratación para las obsolescencias a través de la cadena de suministro para monitorizar la salud de los componentes y obtener una recomendación de las soluciones más rentables	Modificaciones de diseño a corto plazo
Empleo de soluciones de diseño con arquitectura OSA	Solicitar al fabricante que siga produciendo los componentes / partes
Calificación temprana de fuentes de fabricación alternativas para un reemplazo que cumpla con los criterios de forma, ajuste y función.	Encontrar un sustituto inmediato que cumpla con los criterios de forma, ajuste y función.
Diseñar particionando el sistema para cambios de diseño futuros rentables y a nivel de componentes lógicos.	Incrementar el mantenimiento para extender la vida útil del sistema.
Desarrollo temprano y uso de métricas	Utilizar menos el sistema reduciendo los criterios de rendimiento operativo para extender la vida útil del sistema

Fuente. Chellin y Miller (2023)

Según la NNP de la Armada, se espera que los principales contratistas y suministradores asuman la mayor parte de estas responsabilidades relacionadas con la gestión proactiva de obsolescencias. Sin embargo, nuestra evaluación revela una discrepancia con esta expectativa. En la Etapa de Producción del Programa, y dada la complejidad de anticipar obsolescencias con los recursos existentes, todas las actividades proactivas en este ámbito, se han delegado directamente a los fabricantes y suministradores, sin participación activa del contratista.

Desde la perspectiva del astillero constructor e integrador de sistemas, los recursos económicos asignados para esta tarea son muy limitados. Se centran únicamente en la elaboración del Plan, la comunicación de los requisitos de obsolescencia a los suministradores y la gestión de sus notificaciones al respecto. El contratista señala que, si se busca una mayor ambición en este aspecto, los recursos económicos actuales resultan insuficientes.

En consecuencia, deducimos que la totalidad de esta responsabilidad recae exclusivamente en los fabricantes y suministradores, lo que reduce significativamente la visibilidad de estas actividades tanto para la Armada como para el contratista. La responsabilidad actual del Departamento IACV del astillero Navantia-Ferrol es encargarse de garantizar que el OEM del equipo informa sobre los casos previstos de obsolescencia y proporciona las estrategias oportunas para mitigarlos. Así mismo y conforme se establecía en el proceso de vigilancia/ información, también es responsable de informar debidamente al cliente final.

Todas estas consideraciones, hacen necesario sopesar la evaluación, hasta ahora realizada, y buscar un perfecto equilibrio entre proactividad y reactividad, y para ello lo primero es prioritario concretar exactamente el criterio de criticidad.

Otro aspecto a considerar, tal y como manifiesta el contratista, es el hecho de que el análisis de los sistemas se ha realizado en una etapa muy prematura, y en algunos casos, sin tener verdadero conocimiento de los equipos definitivos seleccionados para la fabricación. Esto, obviamente, limita la rigurosidad del estudio, y refuerza la necesidad de realizar una nueva evaluación de riesgos.

Esta cuestión unida a la necesaria adecuación de la asignación de recursos económicos se presentan como factor cruciales para llevar a cabo eficazmente esta labor, lo que redundaría en la necesidad de reconsiderar el nivel de proactividad establecido en el PGOF110, de modo que se ajuste a las capacidades y recursos actuales de la Armada.

En las sesiones con los miembros del GT ALI se han evidenciado una serie de discrepancias en la definición de los criterios de valoración de riesgos. Además, es relevante subrayar que el análisis de los sistemas se encuentra en una etapa preliminar, lo que indica la necesidad continua de trabajar en la refinación de las matrices de decisión.

En relación con los puntos de confrontación PC4, PC5, PC6, PC7 y PC8 nos centramos en el estudio del factor de criticidad de los sistemas, en el de la extracción y filtrado de las listas de materiales (listas BOM) y en las estrategias de mitigación por ser temas críticos que, no sólo impactan en la elaboración del plan, sino también en su ejecución futura.

- **Factor de criticidad de los sistemas:** Aunque el factor de criticidad no esté expresamente contemplado en el PGOF110, lo equiparamos al concepto de impacto en la operación, el cual sí está definido. Este impacto abarca dos aspectos fundamentales: la seguridad y las misiones del buque.

La Armada utiliza dos conceptos cuantitativos para este criterio, denominados GRES y GRESP. El primero se refiere al grado de esencialidad de un equipo o sistema para el buque, mientras que el segundo representa la importancia de una pieza en relación con el equipo. Por lo tanto, la Armada considera dos niveles, como se discutió en el GT. Como resultado del análisis, hemos determinado que adoptar dos niveles de filtrado de criticidad sería más idóneo.

El primero se realizaría a nivel de componente (GRESP), donde se filtrarían los componentes que afectan a la seguridad o a las misiones del buque (solo GRESP 7 y 8). El segundo nivel se aplicaría a nivel de equipo o sistema (GRES), donde se realizaría un nuevo filtrado para seleccionar aquellos que solo tienen GRES 4 y 5, es decir, aquellos que ponen en riesgo la seguridad del buque o afectan a su capacidad en más de una misión.

Esta evaluación doble es necesaria, ya que, como establece la NNP, aunque un equipo requiera una gestión proactiva, solo algunos componentes necesitarán una monitorización proactiva.

Tabla 4: Grados de esencialidad (GRES y GRESP)

GRES	2	Produce degradación de la capacidad del buque en cualquier misión
GRES	3	Perdida capacidad del buque en una de sus misiones
GRES	4	Perdida capacidad del buque en más de una misión
GRES	5	Riesgo en la seguridad de la dotación/buque
GRESP	6	Su fallo no deja inoperativo el equipo
GRESP	7	Su fallo deja inoperativo el equipo
GRESP	8	Su fallo afecta a la seguridad del equipo

Fuente: Jefatura de Apoyo Logístico, 2018a

En síntesis, hemos concluido que la alineación del criterio impacto en la operación, derivado del PGOF110, con el concepto GRES o GRESP, según la doctrina de la Armada, constituye el primer paso crucial en la valoración de riesgos. No obstante, es fundamental subrayar que la estrategia final a adoptar estará significativamente influenciada por las propuestas presentadas por los OEM's

- **Extracción y filtrado de las listas de materiales.** Como miembros del Grupo de Trabajo (GT), coincidimos en que la etapa subsiguiente crucial implica la definición del proceso de extracción y filtrado de la lista de materiales. Dicho procedimiento engloba la obtención de los listados BOM de cada uno de los sistemas, iniciando desde el nivel de componentes o módulos principales, y avanzando hasta alcanzar el nivel de LRU una vez que se haya completado el diseño detallado del sistema.

Como se abordará en la sección de documentación (PGO y listados BOM), este proceso muestra un avance aceptable para los equipos bajo la responsabilidad de Navantia (Anexos I y II), mientras que para los equipos bajo la responsabilidad de adquisición de la Armada (Anexo III), el progreso en la documentación de obsolescencia es muy limitado.

Dado que estos equipos han sido históricamente de especial relevancia en el buque (guerra electrónica, direcciones de tiro, radares, etc.) y tienen pocos componentes COTS, es crucial que esta labor tenga una prioridad más alta que los equipos de plataforma (listas B y D). El retraso en la entrega de documentación de las listas A, C y E podría atribuirse a la incapacidad de los proveedores para proporcionar los BOM. Si este problema no se resuelve rápidamente, podría afectar negativamente la gestión proactiva en la Etapa de Diseño.

Como resultado del análisis previo, se destaca la importancia de identificar con los criterios GRES/GRESP todos los repuestos y pertrechos del buque que influyan en

su operatividad y seguridad, lo cual se considera uno de los elementos clave del ALI, junto con el Plan de Mantenimiento, la Configuración y la Documentación técnica relevante.

- **Estrategias de mitigación:** Como se estableció en el PC 9, la Armada ha solicitado distinguir entre las estrategias a implementar durante la etapa de diseño del buque y aquellas destinadas a la fase de servicio, así como diferenciar entre las estrategias proactivas y reactivas. El término mitigación se refiere a las acciones para reducir el impacto o la probabilidad de problemas de obsolescencia, mientras que resolución se refiere a las medidas para abordar problemas de obsolescencia una vez que surgen.

Esta distinción aún no ha sido resuelta, y la Armada ha pedido la separación de estas medidas para tener una definición clara de cada una de ellas. En el apartado de propuestas, se sugiere una nueva clasificación que podría ser incorporada no solo al PGOF110, sino también a la doctrina de la Armada.

En relación con los casos ocurridos de obsolescencia y con las medidas adoptadas cabe destacar que Navantia ha informado de la recepción de ocho notificaciones de obsolescencia procedentes del sistema de navegación SENDA (F110-SENDAPROD). Todas ellas se encuentran cerradas. En un 66,6% de los casos se ha optado por la estrategia de mitigación de compra para el ciclo de vida (LTB), en un 16,6% se ha optado por el remplazo por elementos existentes y en un 16,6% por la cadena de compras (*bridge-buy*).

Análisis del factor coste

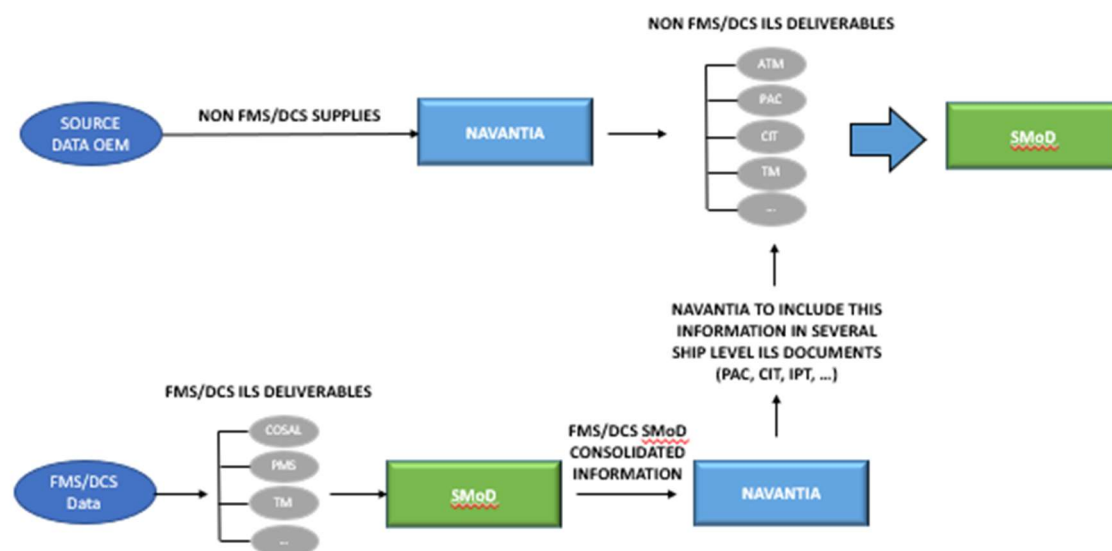
Conforme a la doctrina y lo discutido al inicio del trabajo, es esencial considerar tres elementos de riesgo: impacto, coste y probabilidad, clasificados cada uno en tres niveles de gravedad: bajo, medio y alto. Esta consideración resulta crucial, puesto que, en el análisis preliminar de riesgos efectuado para establecer el enfoque proactivo o reactivo, el factor coste no ha sido tomado en cuenta; solo se han considerado dos factores, la probabilidad de obsolescencia y el impacto.

Navantia señala que no se han realizado estimaciones del ciclo de vida completo de los equipos, lo que respalda la hipótesis sobre la necesidad de llevar a cabo un nuevo análisis de riesgos posterior y, en consecuencia, adoptar un nuevo nivel de proactividad que contemple los tres factores mencionados.

Documentación y entregables del Programa F110

Profundizando en cómo se gestiona la transferencia de la documentación, el siguiente diagrama de flujo muestra el camino seguido en función del origen del sistema / equipo.

Figura 20. Diagrama de Flujo de la documentación y entregables del Programa F110



Fuente. Presentación CAP Organigrama & Documentation Flowchart

En aquellos suministros considerados NON FMS/DCS, es decir que no provienen de adquisición FMS¹⁰ o DCS¹¹, la documentación (PGO y listas BOM) que proviene del fabricante, llega a Navantia, la cual registra e informa al SMOd (Ministerio de Defensa) a través de la DGAM. En relación con esta documentación, cabe reseñar que el nivel de entrega es aceptable computando el 68% del total previsto. Esta documentación es la que conocemos como listas B y D (Anexos I y II).

En aquellos suministros considerados FMS/DCS, el proceso es diferente, y lleva un paso intermedio antes de llegar a Navantia, que es a través de la DGAM. Por lo tanto, Defensa / DGAM tiene la responsabilidad sobre esta documentación. La documentación recibida es del 0%. El desglose de la situación se muestra a continuación:

De los 41 suministros asociados a estos listados (A, C y E del Anexo III):

- no existen elementos actualmente en lista A
- la lista C, cuenta con 2 suministros, en donde se están desarrollando planes específicos de gestión de obsolescencia para la futura versión de su equipamiento (pendiente)

10 Sistema de adquisición mediante el cual el gobierno americano (USG) contrata equipos militares, adiestramiento y otros servicios en nombre de gobiernos extranjeros.

11 (Direct Commercial Sales): compra a empresa americana (ejemplo Lockheed Martin)

- en el listado E, de los 39 suministros:
 - 2 equipos aún no se han contratado (5,1%)
 - 26 están en proceso de desarrollo con un plan de gestión de obsolescencia asociado (66%)
 - 11 son equipos con un grado de madurez consolidado en el mercado, y se desconoce si existe algún plan de gestión de obsolescencia asociado (33,3 %).

El resumen global de la documentación recibida en relación con los PGO y los listados BOM es del 44,6% (54/121). Esto compromete el desarrollo de la gestión proactiva, como se comentó anteriormente, y es conveniente actuar con celeridad para la resolución de esta problemática, de forma que la información llegue a Navantia, y así se cubra el espectro completo de equipos y sistemas del buque. Los elementos de los listados A, C y E son especialmente críticos por su elevado componente tecnológico y por ser en su gran mayoría equipos estratégicos.

El diagrama de flujo refleja la complejidad del proceso. En la práctica actual, el Programa adquiere equipos y repuestos a través de la COA LHM, gestionada por la DGAM, utilizando el sistema FMS.

A pesar de la planificación para abrir nuevas COAS o modificar las existentes con la F100, debido a la comunalidad de equipos, mediante una COA tipo CLSSA/RIRO, todavía se está determinando el alcance y la profundidad necesarios para el sostenimiento, no solo del COSAL, sino también del COSMAL, una vez que se transfiera la responsabilidad de sostenimiento a la Armada.

- **BLOQUE 2. Equipos COTG.**

Basándonos en lo discutido en la sección 2.1.4., se han planteado preguntas en las encuestas sobre la composición cuantitativa y cualitativa que debe tener un COTG, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Encuesta sobre composición de los COTG

ELEMENTO	VALORACIÓN PERSONAL MILITAR (%)	VALORACIÓN INDUSTRIA DEFENSA (%)
¿Le resulta indispensable disponer de un Equipo de Gestión de Obsolescencias multidisciplinar en los campos de ingeniería, compras, diseño de equipos e integración, aseguramiento de la calidad y jefatura técnica?	92,5	95
¿El personal que se encuentra dedicado al desarrollo del PGOF110, en la Etapa de Producción del Programa es el óptimo?	70	77,5
¿El personal que se encontrará dedicado al desarrollo del PGOF110, en la Fase de Servicio del Programa será el óptimo?	70	NS/NC
¿Le resulta indispensable que haya colaboración entre los representantes de los proyectos militares y de la Industria de la Defensa, que busque compartir soluciones y estrategias para abordar los desafíos relacionados con los componentes?	90	100
¿Cómo valoraría la constitución de una comisión/grupo de trabajo con representantes de Armada y de la Industria de defensa, para el control y seguimiento del PGOF110? (1)(2)	92,5	100
¿Considera que la formación de una comisión/grupo de trabajo ayudaría a optimizar los recursos, reducir los costes, de cara a determinar el estado de salud de los sistemas y agilizar los procesos de resolución de problemas?	92,5	100
¿Cómo considera el recurso económico previsto para gestionar la obsolescencia del Programa F110 es el adecuado teniendo en cuenta el nivel de ambición que se busca? (3)	52,5	47,5

Fuente: Elaboración propia

- (1) Navantia propone que el equipo óptimo debería estar integrado por individuos pertenecientes tanto a la Armada como a la industria de la defensa. Específicamente, se subraya la importancia de la inclusión de personal militar con vasta experiencia en los sistemas pertinentes, así como de expertos de la industria especializados en el ámbito respectivo. Se destaca la relevancia de mantener un equipo unificado para todos los programas, con el fin de fomentar el intercambio de conocimientos entre ellos.
- (2) Navantia resalta la necesidad crítica de instaurar una oficina de gestión de obsolescencia durante la transición hacia la fase operativa. Dicha entidad será responsable de mantener una comunicación fluida tanto con Navantia IACV como con los fabricantes originales de equipos (OEM), con el propósito de detectar y comunicar los casos de obsolescencia, además de definir las estrategias requeridas para abordarlos de manera eficaz.
- (3) Navantia enfatiza que la ejecución eficaz de estrategias proactivas para enfrentar la obsolescencia demanda una asignación adecuada de recursos, tanto en términos humanos como financieros. Es crucial que dichos recursos estén disponibles no solo durante la etapa de diseño y desarrollo, sino a lo largo de todo el ciclo de vida del

sistema. De lo contrario, podrían surgir limitaciones significativas en la capacidad para anticipar y mitigar los efectos de la obsolescencia en los equipos y sistemas militares.

- **BLOQUE 3. Herramientas y elementos necesarios para la eficiencia en la gestión proactiva en la Armada. Lenguaje contratación proactivo.**

Como se destacó en la sección 2.1.9, mantener un seguimiento y control de la obsolescencia resulta crucial para asegurar una evaluación continua, tomar decisiones fundamentadas y optimizar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles.

Basándonos en los principios rectores del diseño tecnológico del A.L. 4.0, como la interoperabilidad, virtualización y automatización, entre otros, hemos evaluado las herramientas y elementos necesarios para una gestión eficiente de la obsolescencia en la Armada (tabla 6). Esta evaluación se enfoca exclusivamente en el personal de la Armada por poseer este personal el que conoce con más detalle las herramientas, la organización y el funcionamiento de los sistemas, así como una comprensión profunda de los procesos de contratación, lo que los convierte en los más capacitados para abordar esta problemática específica.

Tabla 6: Herramientas necesarias para una gestión proactiva

Herramientas/ Elementos	Importancia (%)	Grado de implementación (%)
Influencia en el diseño. Diseño de los sistemas con atención a la obsolescencia y a la planificación anticipada. Aplicación de técnicas y proceso de ingeniería de sistemas en la Fase de Ejecución del Programa	70	57,5
Plena integración de un Equipo de Gestión de Obsolescencias. (Estructura funcional y orgánica)	72,5	47,5
Desarrollo de un correcto Plan de Gestión de Obsolescencias (metodología, procedimientos y procesos)	72,5	50
Implementación herramientas de seguimiento y control de la obsolescencia (sitios web, aplicaciones en línea, etc...)	65	40
Existencia de una base de datos a partir de las listas BOM	75	40
Implementación de acuerdos marco y de cláusulas contractuales de forma que se contemple la gestión de la obsolescencia, y el mantenimiento y repuestos de una manera conjunta (lenguaje contractual proactivo)	77,5	55
Integración del dato obsolescencia en la aplicación GALIASIL	80	23,3
Implementación de un proceso de trabajo para la gestión de la obsolescencia en la Fase de Servicio	75	27,5

Fuente: Elaboración propia

La Armada señala que aún se deben realizar dos acciones adicionales en relación con las herramientas empleadas para la gestión de la obsolescencia: la integración de la gestión en la herramienta SIL-GALIA y la implementación de un proceso de trabajo que regule esta materia.

En el contexto del enfoque proactivo en la contratación, el personal de Navantia destaca la importancia de integrar disposiciones en los contratos que aborden la vigilancia, informes y reducción de la obsolescencia/DMSMS. Estas disposiciones deben comprender la capacidad de prever la obsolescencia de componentes y piezas, y solicitar al socio de la industria sugerir una o más soluciones para su posterior evaluación por parte de la Armada. Esta herramienta permitirá abordar la obsolescencia de manera proactiva, al proporcionar un mecanismo para que la industria planifique la mitigación anticipada del sistema. La falta de incorporación de estas disposiciones en los contratos podría transmitir a la industria una falta de prioridad en este aspecto, lo que resultaría en un esfuerzo mínimo o nulo para abordar proactivamente la obsolescencia.

En relación con los elementos necesarios para una gestión eficiente se encuentran en un primer nivel: integración del dato obsolescencia en la aplicación SIL-GALIA (80%), la inclusión del lenguaje contractual proactivo (77,5%), la implantación de un proceso de trabajo (75%) y la existencia de una base de datos (75%).

- **BLOQUE 4. Análisis de factores externos e internos. Análisis DAFO.**

Los factores que hemos propuesto para el análisis DAFO (Weihrich, 1982), se fundamentan en un proceso exhaustivo de investigación y análisis. Algunos de estos factores surgieron de discusiones detalladas llevadas a cabo durante entrevistas en profundidad con los miembros del GT ALI 110. Otros factores fueron identificados a partir del marco teórico, el cual se basa en las tendencias observadas en el mercado y la industria. Además, estos factores están respaldados por investigaciones y estudios previos realizados en el ámbito de los sistemas militares, específicamente en sistemas caracterizados por su enfoque en el sostenimiento y su alta complejidad tecnológica.

Mediante el análisis externo, se identifican las oportunidades, que son situaciones favorables actuales o futuras en el entorno de la organización que, si se aprovechan adecuadamente, pueden generar beneficios para la misma; así como las amenazas, que son situaciones desfavorables presentes o futuras que la organización enfrenta y debe abordar para evitar o minimizar los posibles daños a su funcionamiento o supervivencia.

Por otro lado, el análisis interno permite identificar las fortalezas, que son características positivas de la organización, derivadas de sus recursos, procesos, etc., que la capacitan para responder eficazmente a las oportunidades o amenazas del entorno; y las debilidades, que son características negativas que limitan la capacidad de la organización para aprovechar oportunidades o enfrentar adecuadamente las amenazas externas.

Esta combinación de enfoques nos permite identificar y evaluar aquellos aspectos internos y externos que pueden influir en la gestión proactiva de obsolescencias en el contexto del proyecto F110 por su importancia y potencial influencia en las operaciones y estrategias de la organización.

A continuación, se muestra el listado de los factores internos y externos (tabla 7):

Tabla 7: Análisis factores internos y externos

ELEMENTO	OPORTUNIDAD/AMENAZA
FACTORES EXTERNOS	
El conocimiento y control sobre la cadena de suministro	Oportunidad
El entorno sectorial. Las barreras de entrada	Amenaza
Integración horizontal entre los actores implicados	Oportunidad
Integración vertical de los procesos	Amenaza
Las leyes y regulaciones medioambientales	Amenaza
Entorno financiero/ presupuestario	Oportunidad
Mayor empleo de los componentes COTS	Oportunidad
Evolución tecnológica y tendencias del mercado	Amenaza
Infraestructura disponible	Oportunidad
FACTORES INTERNOS	
Desarrollo de un adecuado PGO	Fortaleza
Infraestructura de apoyo a las funciones logísticas (herramienta SIL-GALIA)	Fortaleza
Integración dato obsolescencia en la herramienta SIL-GALIA	Debilidad
Evaluación del rendimiento del Plan de Gestión	Debilidad
Implementación de acuerdos marco para el sostenimiento integral de equipos	Fortaleza
Falta de documentación de PGO de equipos y sistemas críticos (lista A, C y E)	Debilidad
Recurso económico destinado a la gestión de obsolescencias	Debilidad
Implementación de proceso de trabajo a nivel Armada	Debilidad
Falta de BBDD completas a partir de los listados BOM	Debilidad
Falta herramientas análisis predictivo (sitios web, aplicaciones en línea, etc.)	Debilidad
Recurso de personal escaso para realizar las tareas de seguimiento y control de la obsolescencia	Debilidad

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8 mostramos un resumen del análisis DAFO desarrollado, asignando a cada elemento un peso o valor ponderado, dentro de la escala 0 (no relevante), 1, 2, 3, 4, 5

(muy relevante). El valor ponderado lo obtenemos a partir de las entrevistas personales abiertas con los miembros del GT ALI F110.

Tabla 8: Análisis DAFO

ANÁLISIS EXTERNO	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ O1. El entorno financiero y presupuestario actual, caracterizado por un aumento del gasto en Defensa, representa una oportunidad significativa para el desarrollo y la modernización de las capacidades militares (3) ➤ O2. La experiencia en la construcción de las Fragatas F100 ha proporcionado una mayor competencia especializada sobre la cadena de suministro de repuestos, pertrechos y materiales por parte de los fabricantes, suministradores, integradores, contratistas principales y clientes finales (4) ➤ O3. La integración horizontal entre los actores implicados (cliente-Armada, contratista e integrador de sistemas-Navantia, fabricantes y suministradores-empresas) representa una oportunidad estratégica para optimizar la colaboración y la coordinación en todos los niveles de la cadena de suministro (4) ➤ O4. El mayor uso de elementos COTS en programas militares proporciona una serie de beneficios en términos de costes, disponibilidad, tecnología, integración y flexibilidad (4) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A1. La integración vertical de los procesos de gestión de obsolescencias entre todos los actores de la cadena de suministro que pudiera limitar la capacidad de adaptación de la cadena de suministro a cambios repentinos o imprevistos en el entorno (4) ➤ A2. la introducción de nuevas normativas medioambientales podría generar incertidumbre en la cadena de suministro, dificultando la planificación a largo plazo y la gestión efectiva de obsolescencias (3) ➤ A3. la evolución tecnológica y las tendencias del mercado requiere de una vigilancia constante y una estrategia de adaptación ágil para mitigar sus efectos negativos (4) ➤ A4. Las barreras de entrada en el entorno sectorial tecnológico militar suponen altos costes de inversión en tecnología y desarrollo, así como restricción en el acceso a recursos y conocimientos especializados (2)
ANÁLISIS INTERNO	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ➤ F1. Desarrollo de un adecuado Plan de Gestión de Obsolescencias (3) ➤ F2. Buena infraestructura de apoyo a las funciones logísticas (herramienta SIL-GALIA) (5) ➤ F3. Implementación de acuerdos marco para el sostenimiento integral de equipos (2) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ D1. Falta integración dato obsolescencia en la herramienta SIL-GALIA (5) ➤ D2. Evaluación del rendimiento del Plan de Gestión (4) ➤ D3. Falta de documentación de PGO de equipos y sistemas críticos (lista A, C y E) (4) ➤ D4. Recurso económico destinado a la gestión de obsolescencias (5) ➤ D5. Implementación de proceso de trabajo a nivel Armada que regule la gestión de obsolescencias (3) ➤ D6. Falta de BBDD completas a partir de los listados BOM (4) ➤ D7. Falta herramientas análisis predictivo (sitios web, aplicaciones en línea, etc.) (3) ➤ D8. Recurso de personal escaso para realizar las tareas de seguimiento y control de la obsolescencia (5)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, llevamos a cabo un análisis comparativo de las oportunidades y amenazas, así como de las fortalezas y debilidades, con el propósito de deducir las medidas estratégicas a adoptar. Este enfoque, fundamentado en la comparación, se

alineada con la metodología propuesta por (Sarbah y Otu-Nyarko, 2014), con el objetivo de determinar la mejor estrategia a seguir.

- fortalezas y oportunidades: estrategia OFENSIVA
- debilidades y amenazas: estrategia DEFENSIVA
- fortalezas y amenazas: estrategia de SUPERVIVENCIA
- debilidades y oportunidades: estrategia de REORIENTACIÓN.

De esta forma obtenemos los resultados comparados y ponderados que muestra en la tabla 9, definiendo como mejor estrategia aquella de mayor suma total.

Tabla 9: Análisis DAFO. Estrategias

	F	D	FORTALEZAS			DEBILIDADES						
O	Ofensiva	Reorientación										
A	Supervivencia	Defensiva	F1	F2	F3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
OPORTUNIDADES	O1	15+10=25 OFENSIVA	15+33=48 REORIENTACIÓN									
	O2											
	O3											
	O4											
AMENAZAS	A1	13+10=23 SUPERVIVENCIA	13+33=46 DEFENSIVA									
	A2											
	A3											
	A4											
	A5											

Fuente: Elaboración propia

Como se infiere de los resultados obtenidos, se sugiere la adopción de una estrategia de reorientación, es decir, es necesario crear un plan de refuerzo para cambiar la línea que se está siguiendo, con el objetivo de superar las debilidades internas al aprovechar las oportunidades externas. Basándonos en estos hallazgos, hemos identificado varias acciones clave que son fundamentales para la reorientación. La priorización de estas acciones se basa en su impacto potencial, urgencia, disponibilidad de recursos y factibilidad. A continuación, se presenta la lista de acciones priorizadas.

1. Estudiar la posibilidad de reorientar el modelo de gestión de obsolescencias elaborado en el PGOF110:

Dado que el nivel de proactividad establecido en el PGOF110 para los sistemas (44%) podría resultar demasiado ambicioso, considerando las limitaciones en los recursos materiales, humanos y financieros disponibles para la ejecución del plan, se plantea la posibilidad de modificar el modelo de gestión. Esta línea de acción surge también debido a que es la primera vez que se implementa la gestión proactiva y que la Armada y Navantia tienen una dependencia absoluta de los fabricantes/OEM. Además, carecen

de herramientas para el control y seguimiento, lo que resulta en una incapacidad para efectuar estas tareas de un modo eficaz. Por lo tanto, se sugieren dos alternativas:

- la primera opción consiste en mantener el nivel actual de proactividad y elegir un conjunto de equipos considerados estratégicos debido a su elevado riesgo de obsolescencia, determinado mediante un análisis exhaustivo que evalúa la probabilidad, el impacto y el coste asociado. Estos equipos críticos necesitarían un control y seguimiento eficaz por parte de la Armada, lo que conllevaría el desarrollo y la utilización de herramientas especializadas
- en cuanto a la segunda opción, se mantendría el mismo modelo de gestión con dos niveles, pero se realizaría un nuevo análisis de riesgos para reducir el nivel de proactividad del PGOF110. Esto permitiría reasignar recursos para atender las tareas de control y seguimiento de manera más eficiente, similar a la gestión estratégica de los sistemas seleccionados en la primera alternativa.

2. Integración del dato obsolescencia en la aplicación SIL-GALIA:

- evolución de la función logística de control de obsolescencias en el SIL-GALIA para equiparla con otras funciones logísticas, como aprovisionamiento y mantenimiento
- integración de información de una base de datos especializada en obsolescencia en la aplicación logística para facilitar una gestión más eficiente y automatizada
- implementación de un nuevo factor, el Estado de Salud de la Obsolescencia (ESO), para evaluar la condición de los equipos y sistemas, mejorando el seguimiento y facilitando la toma de decisiones proactivas.

3. Revisión y seguimiento de la documentación pendiente de entrega (PGO's sistemas/ equipos y Listados BOM):

- revisión de la documentación faltante e identificación de los equipos y sistemas críticos para tomar medidas de completar la información
- comunicación y coordinación con los responsables de la documentación mediante reuniones periódicas
- priorización de elementos críticos, especialmente de los listados A, C y E, asignando recursos adicionales y atención especial a los elementos críticos
- implementación de medidas de seguimiento y control
- actualización del PGOF110, y alineación conceptual y de metodología del plan por parte de Armada y Navantia.

4. Asignación de recursos económicos para la gestión de obsolescencias y empleo de lenguaje proactivo de contratación:

- realización de estimaciones del coste de obsolescencia en los procesos de licitación
- inversión en adiestramiento de los COTG
- planificación del DMSMS
- adquisición de herramientas de análisis predictivo
- empleo de lenguaje proactivo de contratación.

5. Optimización de recursos de personal para tareas de seguimiento y control de obsolescencias:

- empleo de equipos combinados de personal de la Armada y de la industria de defensa en los COTG en la fase de ejecución
- desarrollo de planes de instrucción para los COTG
- mayor implicación de los OEM (Original Equipment Manufacturer) en los grupos de trabajo.

6. Implementación de procesos de trabajo para la gestión de obsolescencias a nivel Armada:

- promoción de procesos de trabajo a nivel Armada para regular la gestión de obsolescencias y optimizar la colaboración y coordinación entre los actores implicados
- identificación de los elementos COTS
- desarrollo completo de la base de datos de gestión de obsolescencias de los elementos COTS.

7. Estandarización de procesos y análisis de riesgos entre Navantia y Armada:

- estandarización del proceso de valoración de los factores de riesgos
- estandarización del análisis de riesgos de sistemas y componentes (matrices de decisión de riesgo de obsolescencia con los elementos probabilidad, impacto y coste)
- estandarización de la priorización de componentes y decisiones de mitigación
- estandarización de un proceso de resolución de la obsolescencia
- estandarización de un proceso de decisión de la solución de obsolescencia
- realización del proceso de valoración de riesgos a nivel equipo
- estudio de los enfoques de resolución y estrategias de mitigación.

8. Adquisición de herramientas de análisis predictivo:

- aprovechamiento del entorno financiero favorable para adquirir herramientas de análisis predictivo y mejorar la capacidad de prever y mitigar los efectos de la obsolescencia.

9. Mejora de la evaluación del rendimiento del Plan de Gestión:

- desarrollo de indicadores de rendimiento específicos y robustos para el Plan de Gestión, utilizando la experiencia en la construcción de Fragatas F100.

- **BLOQUE 5. Propuestas futuras para la implementación eficiente de la gestión de obsolescencias.**

Después de realizar el análisis DAFO, comunicamos los resultados a los integrantes del GT ALI F110 con el propósito de identificar propuestas específicas, estrechamente vinculadas a los elementos identificados, que puedan ser ejecutadas en consonancia con la estrategia de reorientación delineada.

A continuación, presentamos una serie de propuestas que fueron sugeridas por distintos miembros del GT ALI F110, y su vinculación con las líneas de acción anteriormente identificadas:

A. Implementación un nuevo modelo de gestión proactiva de la obsolescencia con tres niveles.

Como se discutió anteriormente, la evaluación de riesgos del PGOF110 se ha llevado a cabo utilizando criterios que no han sido consolidados ni consensuados con la Armada. Dado que esta evaluación podría requerir ajustes en caso de que cambien los factores que determinan el riesgo de obsolescencia (probabilidad, coste, impacto), es posible que se produzcan variaciones en el nivel de proactividad.

Solicitamos la valoración de la siguiente propuesta al GT ALI F110 en una escala del 0-10, con una valoración muy alta (93,75%).

Tal y como quedo reflejado en el punto 2.1.2., algunos autores sostienen que abordar la obsolescencia de los sistemas de un modo eficiente, implica la implementación de tres niveles de gestión (reactiva, proactiva, estratégica). La propuesta sería la de establecer tres niveles de esfuerzo / enfoques bien diferenciados:

- nivel/enfoque reactivo: se aplicará cuando la evaluación de riesgos indique un nivel bajo. Esta opción implica no tomar medidas hasta que surja un problema de

obsolescencia, momento en el que se implementará una solución efectiva y apropiada

- nivel/enfoque proactivo: se aplicará cuando la evaluación de riesgos indique un nivel medio. Se seleccionará un método adecuado, adaptado a la gravedad del riesgo, para mitigar el impacto de la obsolescencia. Con medidas pasivas y un nivel de esfuerzo medio en relación con las actividades de gestión de la obsolescencia, y en donde los fabricantes son los únicos responsables de monitorizar la obsolescencia
- nivel/enfoque estratégico: se aplicará cuando la evaluación de riesgos indique un valor alto o muy alto, en donde la Armada y el contratista, junto con los fabricantes y suministradores realizarían conjuntamente las actividades de gestión de forma activa. Esto implicaría ser mucho más restrictivos, a la hora de establecer el nivel de proactividad. Se focalizarían los esfuerzos y significaría emplear datos de obsolescencia, datos logísticos, previsión de tecnología y tendencias comerciales (previsión de demanda) para permitir una planificación estratégica, una optimización del ciclo de vida, y el desarrollo de casos de negocio a largo plazo para el sostenimiento del sistema. La planificación del rediseño sería el enfoque más común, aunque no el único.

B. Implementación del Estado de Salud de las Obsolescencias por Equipos (ESO).

Tal y como hemos explicado con anterioridad, para aquellos sistemas que hayan sido seleccionados para una gestión proactiva de la obsolescencia, al OEM se le requerirá la elaboración de su PGO. La información de obsolescencia recibida de los OEM's es almacenada en la aplicación logística de Navantia (EOLO IACV). En esta aplicación, los datos de obsolescencia se almacenan en una tabla general de repuestos, pertrechos y materiales. Entre la información recibida del OEM's se destacan tres datos:

- la fecha final de venta del elemento
- la fecha final de apoyo del elemento
- fecha de impacto prevista para el problema de obsolescencia.

Como pudimos observar en la figura 18, estos datos fueron codificados utilizando colores (verde, amarillo, rojo):

- verde: el elemento puede ser adquirido
- amarillo: el elemento no puede ser adquirido, pero dispone de apoyo de reparación
- rojo: El elemento no se puede comprar ni está apoyado por el OCM.

Solicitamos la valoración de la siguiente propuesta al GT ALI F110 en una escala del 0-10, con una valoración muy alta (95%).

Similar a este concepto, proponemos: el desarrollo de un nuevo concepto que sería el del ESO por sistemas/equipos, y que sería el resultado de combinar las codificaciones (verde, amarilla y roja), con las siguientes métricas:

$$x = \frac{\text{número componentes en amarillo GRES 4 - 5 y GRESP - 7 - 8}}{\text{número de componentes totales de la BOM}} \times 100$$

$$y = \frac{\text{relación componentes en rojo GRES 4 - 5 y GRESP - 7 - 8}}{\text{número de componentes totales de la BOM}} \times 100$$

Con la combinación de estas métricas, obtendríamos una nueva métrica que sería el ESO de un sistema/ equipo:

Tabla 10: Métricas Estado de Salud Obsolescencias por Equipos/Sistemas

ESTADO DE SALUD DEL EQUIPO	MÉTRICA
VERDE: BUENO	$x < 0.15$ ó $y < 0.05$
AMARILLO: MEDIO	$0.15 < x < 0.30$ ó $0.05 < y < 0.10$
ROJO: MALO	$0.30 < x < 0.45$ ó $y > 0.10$

Fuente: Elaboración propia

La implementación de la herramienta ESO en la aplicación SIL-GALIA obtiene una valoración del 95%. La herramienta ESO llevaría aparejada un sistema de alarmas/notificaciones de modo que remitiese notificaciones sobre el cambio de codificación, no sólo notificaciones a nivel componente si no a nivel de equipos. Este sistema de mando y control, permitirá conocer a simple vista el estado de salud de obsolescencias de los equipos de una forma rápida, y las notificaciones de obsolescencia de aquellos equipos considerados críticos.

C. Integración del dato obsolescencia en la herramienta SIL-GALIA.

Tal y como se mostraba en la figura 10, el Control de Obsolescencias se encuadra dentro de la función logística ICV. Además, la Armada, para la gestión de obsolescencias, solicita el desarrollo de una base de datos a partir de las Listas de Materiales (BOM) de los diferentes sistemas y equipos, con los campos necesarios para ser cruzados con la configuración logística y las listas de repuestos.

Solicitamos la valoración de la siguiente propuesta al GT ALI F110 en una escala del 0-10, con una valoración muy alta (98,75%).

Dado el papel preponderante que cobra para la Armada el control de la obsolescencia, y que a lo largo del trabajo hemos ido exponiendo, se propone la implementación de la obsolescencia como una función logística independiente dentro del sistema SIL-GALIA, al mismo nivel que el resto (mantenimiento, aprovisionamiento). Se proponen los siguientes elementos/ subapartados para la gestión:

- control y seguimiento (Herramienta ESO y notificaciones de obsolescencia)
- configuración y aprovisionamiento (listados BOM y BBDD para sostenimiento y accesibilidad a APL´s y AEL´s)
- documentación técnica (manuales técnicos).

D. Enfoques de resolución y estrategias de mitigación

En relación con las estrategias de mitigación, la Armada ha recomendado su reordenación para clasificarlas entre reactivas y proactivas.

La siguiente propuesta se encuentra relacionada con la línea de acción 5), con ella pretendemos estandarizar cuales deben ser las estrategias de mitigación posibles para el caso de gestión proactiva, y cuales deben ser los enfoques de resolución en el caso de gestión reactiva. Esta propuesta la presentamos en virtud de lo expuesto en el punto 2.1.2. Proponemos que la clasificación de la tabla 13 sea extensiva no sólo al PGOF110, sino a la doctrina de Armada. No se realiza valoración de la propuesta.

Tabla 11: Enfoques de Resolución y Estrategias de Mitigación

ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN	Cadena de suministro	Life-time buy	
		Requisitos contractuales o continuidad del suministro (acuerdos marco sostenimiento integral)	
	Diseño para la obsolescencia	Empleo de componentes de fuentes múltiples	
		Modularidad	
		Transparencia	
		Empleo de tecnología/componentes/materiales con menor probabilidad de obsolescencia	
		Técnicas de diseño	
		OSA (arquitectura de sistemas abiertos)	
	Planeamiento	Monitorización	Bases de datos
			Suministradores
		Pronóstico	Tendencias del mercado

			Ciclo de vida
		Plan gestión de obsolescencias	Evaluación del riesgo
		Hoja de ruta tecnológica (Technology Roadmapping)	
		Refresco tecnológico o modernización continua	
		Empleo de bases de datos con avisos actualización y análisis de vida del equipo	
		Redefinición de requisitos bajo una especificación militar	
ENFOQUES DE RESOLUCIÓN (RESOLUTION APPROACHES)	Mismo componente	Cadena de compras (bridge buy)	
		Fuentes de suministro existentes (stocks)	
		Fuentes de suministro alternativas	
		Fabricante alternativo	
		Canibalización	
		Cadena de compras ciclo de vida (life of type buy)	
		Empleo bases datos con avisos de actualización	
		Fabricación en instalaciones de la armada	
	Reemplazo FFF	Modernización a través del empleo de repuestos	
		COTS	
		Reemplazo / sustitución por elementos existentes	
	Emulación		
	Rediseño	Menor	
		Mayor	

Fuente: Elaboración Propia

6. CONCLUSIONES

La obsolescencia de componentes se ha posicionado como un factor crítico en la gestión de equipos y sistemas electrónicos, emergiendo como el principal desafío técnico que afecta a su disponibilidad operativa y mantenimiento. La capacidad de preverla con precisión presenta una dificultad notable, por lo que es imperativo avanzar en la implementación de herramientas apropiadas para mejorar la eficiencia en su gestión. De lo contrario, se corre el riesgo de comprometer su visibilidad, al depender exclusivamente de los fabricantes de equipos originales (OEM) y proveedores para su control y seguimiento.

La Jefatura de Apoyo Logístico prioriza la transición hacia una logística predictiva, prescriptiva y automatizada para respaldar el ciclo de vida. La gestión de obsolescencias del Programa F110 ejemplifica este enfoque, siendo el primer programa en adoptar una estrategia proactiva. Con la entrega de la primera fragata F110 programada para 2028 y la última para 2032, enfrentamos el desafío de evitar obsolescencias al momento de

la entrega, lo que requiere anticipación para garantizar que las fragatas estén tecnológicamente actualizadas al entrar en servicio.

Ante la trascendental importancia de esta gestión y las expectativas suscitadas en su entorno, se plantea la necesidad imperativa de una investigación para indagar en la situación presente del proceso, identificar posibles inconvenientes y delimitar los factores que potencialmente vayan a incidir en la consecución de los objetivos propuestos. Con el fin de obtener información de fuentes primarias, nos integramos en el GT ALI F110, focalizado en la gestión de obsolescencias, donde se tuvo la oportunidad de interactuar con los principales actores involucrados de Navantia, DGAM y Armada.

En un primer análisis, se constataron discrepancias de relevancia entre los distintos protagonistas en aspectos de índole conceptual y analítica. Procediendo con el estudio, se llevaron a cabo entrevistas en profundidad con los miembros del GT, complementadas con encuestas, para profundizar en la comprensión y análisis de la problemática identificada.

Con base en los resultados obtenidos y considerando tanto los elementos internos como externos, se ha realizado un análisis DAFO para proponer una estrategia y líneas de acción que permitan una implementación eficiente de la gestión de obsolescencias a lo largo del ciclo de vida del programa. Además, se ha buscado evaluar la adecuación de la evaluación preliminar del PGOF110 y determinar la viabilidad y factibilidad del nivel de ambición propuesto por Navantia, teniendo en cuenta los recursos humanos, técnicos y financieros disponibles para la Armada.

Considerando que la Armada está en proceso de desarrollar un marco de trabajo y una normativa permanente para regular la gestión de obsolescencias durante la fase de servicio de los buques, todas las conclusiones y propuestas presentadas tienen como objetivo contribuir a la elaboración de esta normativa.

Respecto a las limitaciones que nos hemos encontrado para la realización del estudio, exponemos como principales las tres siguientes:

La evaluación del rendimiento del Plan se ha visto obstaculizada por la falta de datos suficientes para extraer conclusiones claras. Sin embargo, todos los participantes coinciden en que el estudio ha resultado beneficioso para impulsar la gestión de obsolescencias y representa un valioso punto de referencia para futuras evaluaciones.

La decisión de limitar las entrevistas al grupo de trabajo ALI F110 excluyó a expertos de empresas, proveedores y fabricantes, lo que pudo haber enriquecido significativamente

el análisis con perspectivas adicionales y enfoques innovadores, no obstante, el estudio ha propiciado una primera aproximación al problema.

La comparación entre el PGOF110 y el del Programa de Fragatas Noruegas se ha visto influenciada por problemas de confidencialidad y restricciones legales. Aunque no se cuenta con datos precisos, las entrevistas sugieren una posible asignación de recursos mayor para el programa noruego.

En lo relativo a otras líneas futuras de investigación destacamos:

La posibilidad de abordar la obsolescencia tecnológica a través de la I+D+i, a través del desarrollo de técnicas de pronóstico más proactivas que incluyan el aprendizaje automático. Sería ventajoso desarrollar herramientas especializadas en análisis predictivo de obsolescencia en sistemas militares, aprovechando la información del Programa F110 y colaborando entre instituciones académicas y entidades de defensa.

En relación con el gemelo digital, una línea de investigación futura podría explorar el uso del parámetro experimental ESO para gestionar proactivamente las obsolescencias en fragatas F110, mediante la integración de datos de los OEM, se permitiría una monitorización detallada en tiempo real de la obsolescencia.

Como perspectiva futura, se sugiere explorar la ampliación de campos en SIGMAWEB para registrar compras motivadas por obsolescencia. Esto permitiría mantener un registro histórico, comprender el desafío y evaluar la proactividad necesaria. Posteriormente, con datos fiables, se propone el uso de inteligencia artificial para anticipar obsolescencia en repuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- Chellin, M. y Miller, E. (2023): Proactive Obsolescence Management Methods for C5ISR Systems: Insights from Practitioners. Defense Acquisition University Press, Defense ARJ, April 2023, Vol. 30 No.1: 24-44
- Dirección de Sostenimiento de la Armada. (2023): Norma no Permanente de Sostenimiento 01/2023 sobre la gestión de obsolescencias.
- Estado Mayor de la Armada. (2017): Concepto del Apoyo Logístico (CONLOG).
- Hartshorn, W.T. (sf.): Obsolescence Management Process as a Best Practice; Obsolete Parts Leverage Team Road Show.
- Jefatura de Apoyo Logístico. (2018a): Instrucción Permanente de abastecimiento y transporte 01/2018 sobre la propuesta inicial de apoyo (PIDA).
- Jefatura de Apoyo Logístico. (2018b). Instrucción Permanente de Logística 01/2018 por la que se desarrolla el Concepto del Apoyo Logístico.
- Jefatura de Apoyo Logístico. (2023a): Visión del Arsenal Inteligente.
- Jefatura de Apoyo Logístico. (2023b): Norma Permanente de Logística 03/2023 sobre el Apoyo Logístico Integrado en la Armada.
- Martínez, J.G. y Hueneme, P. (1998): DOD ORR Teaming Group Process, Working Group Meeting, Annapolis, Maryland.
- McDermott, J., Shearer, J. y Tomczykowski, W. (1999): Resolution Cost Factors for Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages, ARINC, 2551 Riva Road, Annapolis, Maryland 21401.
- Meyer, A., Pretorius, L. y Pretorius, J.H.C. (2003): A management approach to component obsolescence in the military electronic support environment. Faculty of Engineering. Rand Afrikaans University (RAU), South Africa.
- Navantia. (2021): Plan de Gestión de Obsolescencias de la F110. N° Documento F110-0080520002L. Revisión C. Navantia, S.A., S.M.E. (Grupo SEPI) C/ Taxonera s/n. 15403 Ferrol. España.
- Northrop Grumman. (2001): Defensive Systems Division, Best Practice: Components Obsolescence Management. Northrop Grumman, Defensive Systems Division - Rolling Meadows, IL Revision.
- Pecht, M. y Das, D. (2000): Electronic part life cycle. IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, vol. 23, no. 1, pp. 190-192.
- Romero, F. J. (2007): Cost estimating process improvement within a manufacturing environment. MSc Thesis, Cranfield University, UK.

- Romero, F.J., Roy, R. y Shehab, E. (2009): Obsolescence management for long-life contracts: state of the art and future trends, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2009, Volume 49, Issue 9-12, pp1235-1250
- Rust, R.M., Elshennawy, A. y Rabelo, L. (2022): A literature review on mitigation strategies for electrical component obsolescence in military-based systems. Stellenbosch University.
- Sandborn, P. (2013). Design for Obsolescence Risk Management. Publicado por Elsevier B.V. 2nd International Through-life Engineering Services Conference. *Procedia CIRP* 11 (2013) 15-22. Disponible en: www.sciencedirect.com.
- Sandborn, P., Mauro, F. y Knox, R. (2005): A Data Mining Based Approach to Electronic Part Obsolescence Forecasting. *Proceedings of the 2005 DMSMS Conference*, 11-15 April, Nashville, TN.
- Sandborn, P. y Myers, J. (2008): Designing engineering systems for sustainability. In: Misra KB, editor. *Handbook of performability engineering*. London: Springer. p. 81–103.
- Sandborn, P., Prabhakar, V. y Ahmad, O. (2011). Forecasting electronic part procurement lifetimes to enable the management of DMSMS obsolescence, *Microelectronic Reliability*, vol. 51, no. 2, pp. 392-399.
- Sarbah, A. y Otu-Nyarko, D. (2014): An Overview of the Design School of Strategic Management (Strategy Formulation as a Process of Conception). *Open Journal of Business and Management*, 2014, 2, 231-249 Published Online July 2014 in *SciRes*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/ojbm.2014.23029> [Consulta: 2 de agosto de 2014].
- Secretaría de Estado de Defensa. (2011). Instrucción 67/2011, de 15 de septiembre, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se regula el Proceso de Obtención de Recursos Materiales.
- Secretaría de Estado de Defensa. (2012). Instrucción 72/2012 por la que se promulga el proceso de obtención del armamento y material y la gestión de programas.
- Singh, P., Sandborn, P., Lorenson, D. y Geiser, T. (2002). Determining Optimum Redesign Plans for Avionics Based on Electronic Part Obsolescence Forecasts. In *World Aviation Congress and Exposition*. doi:10.4271/2002-01-3012.
- The British Ministry of Defence Standards Department. (sf.). BS 7000-5 – Guide to Managing Obsolescence”; British Ministry of Defence, Latest issue.
- The Ministry of Defence, Directorate of Standardization. (1998). Defence Standard 00-60 (Part 3) / Issue 2: Integrated Logistic Support Part 3 - Guidance for Application Software Support”; Defence Procurement Agency, An Executive Agency of Kentigern House 65 Brown Street, Glasgow G2 8EX31.

- Tomczykowski, W., Fritz, A. y Scalia, R. (2000): Program Managers Handbook: Common Practices to Mitigate the Risk of Obsolescence. Revision D. Prepared for Defense Microelectronics Activity (DMEA). 4234 54th Street, Bldg. 620 McClellan AFB, California 95652-1521 under Contract GS-35F-4825G Task Order DMEA90-99-F-A013.
- U.S. Army Material Command. (1999): Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages. AMC-P 5-23. Alexandria, Virginia.
- U.S. Defense Standardization Program Office. (2024): SD-22 Diminishing manufacturing sources and material shortages: A guidebook of best practices for implementing a robust DMSMS management program. Disponible en: <https://quicksearch.dla.mil/qsSearch.aspx>
- Vallés, M. (2002). Entrevistas cualitativas. Cuadernos metodológicos. Madrid. CIS.
- Wehrich, H. (1982). The TOWS Matrix—A Tool for Situational Analysis. Long Range Planning, 15(2), 54-66.
- Yin, R.K. (2018). Case Study Research and Applications: Design and Methods. 6th ed. Thousand Oaks, California. Ed. Sage.

**ANEXO I. LISTADO DE EQUIPOS PROGRAMA F110 CON ESTRATEGIA
VIGILANCIA PROACTIVA (LISTADOS B y D)**

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA/ INSTALACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
PDAB (Plataforma Digital a Bordo)	1	1
Control y LOP Turbinas de Gas	1	2,3,4
Engranajes reductores	1	2,3,4
Hélices y Líneas de Ejes	2	2,3,4
Generación Eléctrica	4	3,4,5
Sistema de Paradas de Emergencia	1	5
Sistema de Fuerza de 115V 60 Hz	TBD	3,4,6
Sistema de Fuerza de 230V 60 Hz	1	3,4,6
Sistema Distribución de Fuerza 400 Hz	1	3,4,6
Red de Distribución de 24 VDC	1	3,4,6
Sistema de Fuerza 440V 60Hz	1	3,4,6
Sistema de Fuerza 690V 60Hz	1	3,4,6
Sistema de Presentación Datos tácticos	4	3,4,7
Sistema de Mando y Control AEGIS (IAFCL)	1	3,4,7
Sistema de Ciberdefensa	1	3,4,7
Redes de Mando y Control y Multiservicio	1	3,4,7
Sistemas Link	1	3,4,7
Sistemas de Mando y Control	1	3,4,7
Sistema GNSS	1	3,4,7
Sistema de Puente Integrado	1	3,4,7
Sistema Distribución Datos Navegación (DIANA)	1	3,4,7
Sistema Integrado de Control de Comunicaciones (SICC)	1	3,4,7
Sistema de Teléfonos Automáticos	1	3,4,7
Sistema de Teléfonos Autoexcitados	1	4,7
Sistema de Hilo Radiante	1	3,4,7
Redes de Órdenes Generales	1	3,4,7
Sistema de Vigilancia de Espacios Seguros	1	3,4,7
Sistema de Detección y Alarma de Incendios	1	3,4,7
Sistema de Detección de Gases	1	3,4,7
Sistema de Detección de Contaminación Química	1	3,4,7
Sistema de Detección Radiológica	1	3,4,7
Sistema de Mantenimiento Basado en la Condición (SMBC)	1	3,4,7
Sistema de Indicación de Niveles de Tanques y Calados	1	3,4,7
Sistema Integrado de Control de la Plataforma (SICP)	1	3,4,7
Sistema de Servicios Integrados (SSI)	1	3,4,7
Sistema CCTV	1	3,4,7
Sistema de Comunicaciones Radio	1	3,4,7
Sistema Teléfono Submarino	1	3,4,7
Sistema MHS	1	3,4,7
Sistema Radar de Navegación	2	3,4,7
Radar Banda X (RBX)	1	3,4,7
Sistema IFF	1	3,4,7
Sistema Radar Multifunción	1	3,4,7

Sistema IRST	1	3,4,7
Sistema Sonar de Casco	1	3,4,7
Sistema Sonar Profundidad Variable	1	3,4,7
Sistema ARR-90	1	3,4,7
Sistema Batitermográfico	1	1,8
Sistema de Guerra Electrónica Radar	1	3,4,7
Sistema de Guerra Electrónica Comunicaciones	1	3,4,7
Sistema Inhibidor de Drones	1	3,4,7
Sistema de Avisos Láser	1	3,4,7
Sistema de Lanzamiento de Señuelos	1	3,4,7
Desmagnetización	1	3,4,7
Sistema de Control de Fuego Cañón (DORNA RE-O)	1	3,4,7
Sistema Control de Fuego Misiles	1	3,4,7
Sistema de Apuntamiento Rápido QPD	2	3,4,7
Luces de Ayuda Aterrizaje	1	3,4,7
Sistema Meteorológico	1	1,8
Planta de Vacío	2	2,4
Planta de Ósmosis Inversa	2	2,4
Planta de Ósmosis Inversa-Segunda Etapa	2	2,3,4
Unidad de Servicio JP-5	1	2,3,4
Unidad de Trasiego JP-5	1	2,3,4
Estaciones de Espuma AFFF	2	2,4
Control de Servomotores	1	2,4
Sistema de Aletas Estabilizadoras	2	2,4
Bow Thruster	1	2,3,4
Ascensor de Provisiones/Municiones	1	2,3,4
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	1	2,3,4
Separador de Sentinas	1	2,3,4
Incinerador	1	2,3,4
Pulper, Hidroextractor y Separador Grasas	1	2,3,4
Cañón Principal	1	3,9
Sistema de Cañón Secundario	2	3,9
Ametralladoras	4	3,9
Ascensor de Municiones	1	2,3,4
Sistema Lanzador Vertical	1	3,9
Sistema Armas Harpoon	2	3,9
Dispositivos Acústicos de Largo Alcance (LRAD)	2	3,9

OBSERVACIONES:

1. Contiene elementos COTS
2. Contiene componentes EEE sujetos a obsolescencia con CV de más de 5 años
3. Contiene SW que va a sufrir obsolescencia
4. Contiene componentes que pueden requerir esfuerzo rediseño
5. Contiene componentes EEE sujetos a obsolescencias (3-8 años)
6. Contiene componentes EEE sujetos a obsolescencias (5-10 años)
7. Contiene componentes EEE sujetos a obsolescencias (3-5 años)
8. La resolución de casos de obsolescencia puede implicar cambios en HW, SW y FW
9. Contiene componentes EEE sujetos a obsolescencias (3-10 años)

**ANEXO II. LISTADO DE EQUIPOS PROGRAMA F110 CON ESTRATEGIA
VIGILANCIA REACTIVA (LISTADOS B Y D)**

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA/ INSTALACIÓN	CANTIDAD	NOTAS
Estructura	1	1
Domo del Sónar	1	1, 2
Cierres estructurales	287	1,3
Accesos a tanques	VARIOS	1
Puerta del Hangar	1	1,3
Puerta de Popa del Espacio Multimisión	1	1,3
Puertas de los Nichos de las RHIBS	2	1,3
Puertas de costado para estaciones de evacuación	2	1,3
Cierres especiales de las estaciones de maniobra de proa y popa	24	1
Palos, mástiles y plataformas de servicio	VARIOS	1
Turbinas de gas	1	1,5,8
Sistema de Propulsión Eléctrico	2	6
Aire combustión turbina de gas	10	1
Circulación agua salada para propulsión	1	1
Gases Exhaustación Turbina Gas e incinerador	1	1
Combustible de Servicio para Propulsión	1	1
Servicio de aceite Lubricación reductor	1	1
Servicio de aceite de Lubricación Turbina de Gas	1	1
Llenado, trasiego y purificación de aceite lubricación (limpio)	1	1
Servicio eléctrico del helicóptero	1	3
Red de accidentes	1	3
Alumbrado general	1	3
Alumbrado emergencia y alumbrado transicional	1	3
Alumbrado exterior y de gala	1	3
Combustible motor generador	4	1
Aceite lubricación generador	4	1
Agua salada de refrigeración generador	4	1
Agua dulce refrigeración generador	4	1
Aire combustión DDGG	4	1
Gases exhaustación DDGG	4	1
Compás magnético	1	7
Taxímetro	6	7
Navegación y señales	1	3
Sistema TACAN	1	8
Sistema Sondador	1	7
Sistema Corredera Doppler	1	7
Sistema Corredera Electromagnética	1	7
Sistema de Navegación Inercial	1	7
Piloto Automático	1	7
Sistema WECDIS	1	7
Sistema Registrador Datos Navegación	1	7
Sistema de Alarmas de Navegación del Puente (BNWAS)	1	7
Sistema AIS	1	7

Sistema recepción de sonido externo	1	7
Sistema de comunicaciones de cubierta de vuelo	1	7
Sistema de Telefonía Móvil	1	7
Redes Tácticas Comunicaciones Interiores	1	7
Sistema de Entretenimiento TV	1	9
Sistema de Alarma de Hombre al Agua	1	9
Sistema de Llamada al Hospital	1	9
Sistema SATCOM	1	8
Sistema INMARSAT	1	10
Sistema IRIDIUM	1	10
Sistema GMDSS	1	10
Sirena	1	10
Sistema SAS (Sistema Acústico de Sonoboyas)	1	11
Sistema AMS (Sistema Gestión Acústico)	1	11
Sistema LAMPS	1	8,12
Vehículo Aéreo No Tripulado	1	1,7
Sistema Contramedidas de Torpedos (NIXIE AN/SQL-25E)	1	12
Aireaciones, sondas y reboses	1	1
Pre calentadores	TBD	13
Unidades de Calefacción	TBD	13
Ventiladores Axiales	TBD	13
Ventiladores Centrífugos	TBD	13
Ventiladores Suministro, Aire Cámaras Máquinas Principales y Auxiliares	6	13
Ventiladores Extracción, Aire Cámaras Máquinas Principales y Auxiliares	6	13
Enfriadores Aire/Agua Salada Cámaras Máquinas Principales y Auxiliares	6	13
Fan Coils	VARIOS	13
Unit Coolers	VARIOS	13
Gravity Coolers	VARIOS	13
Plantas Agua Refrigerada	3	4,13
Unidades de Filtrado NBQ	11	13
Planta Frigorífica	4	3,13
Unidad de Evaporador Local de Basuras	1	13
Bombas de CI	5	13
Bombas Auxiliares de CI	2	13
Componentes sistema Rociado	TBD	1
Sistema de Descontaminación por agua (WASHDOWN)	TBD	1
Agua salada auxiliar	1	1
Eyectores de achique	10	1
Planta Tratamiento Lastre	1	4
Bombas de Lastre	1	13
Módulo Refrigeración Agua Destilada Baja temperatura	1	13
Módulo Refrigeración Agua Destilada Alta temperatura	1	13
Unidad Esterilizadora Agua Potable	1	13
Bombas Agua Potable Fría	2	13
Grupo Hidróforo de Agua Técnica	1	4

Calentador Eléctrico Agua Potable	1	4
Equipo de Filtrado y Clorado	1	4
Módulo Purificadora DFM	2	4
Bomba Trasiego DFM	2	13
Bomba Agotamiento DFM	1	13
Bomba Trasiego Auxiliar DFM	1	13
Bombas Agotamiento JP-5	1	13
Estación de Llenado y Vaciado de JP-5	1	1
Compresor de Aire Respirable (AP)	2	13
Panel Relleno Botellas Aire Respirable	2	1
Compresores Aire de Alta Presión	2	4,13
Compresores Aire de Baja Presión	2	4,13
Motocompresor de Aire Media Presión	1	1
Batería de Botellas de Aire de Arranque de Turbina y DDGG	2	1
Botellas de Aire de Arranque DDGG	2	1
Estaciones Reductoras	TBD	1
Botellas de Aire de Baja Presión	2	1
Botellas de Aire de Alta Presión	2	1
Cañones de Espuma/CI	2	1
Carreteles de Espuma	TBD	1
Módulos Bombas de Agua Nebulizada Alta Presión	1	4,13
Batería Botellas de Nitrógeno Sistema Agua Nebulizada	1	1
Batería de Botellas Agua Sistema Agua Nebulizada	1	1
Extintores portátiles	TBD	1
Servomotores	2	4,13
Timones	2	1
Cáncamo Deslizante	2	4,13
Cabrestante para aprovisionamiento en la mar	5	4,13
Montaplatos	1	4,13
Sistemas de Movimiento/carga del Espacio Multimisión	1	4,13
Molinetes	2	4,13
Anclas y Cadenas del Ancla	2	7
Cabrestantes de Amarre	2	4,13
Pescantes para RHIB	2	4,13
Balsas Salvavidas	12	7
Embarcaciones semirrígidas RHIB	2	7
Sistema Captación y Traslado del helicóptero al Hangar	1	8
Sistema para Traslado del Helicóptero al Espacio Multimisión	1	8
Monorraíl del Hangar	1	8
Compresor de Aire de Buceo	1	8
Bomba de Trasiego de Aguas Aceitosas	2	13
Bomba de Trasiego de Aguas Contaminadas	2	13
Bomba de Trasiego de Aguas Grises	2	13
Bomba de Descarga Aguas Grises	4	13
Tanque de Aguas Grises Zona Hospital	1	13
Triturador-Compactador	1	1
Escalas de Práctico y de Buceadores	1	1
Planchada	1	1

Escala Real	1	4,13
Puertas no Estructurales	VARIOS	1
Portillos y Ventanas	VARIOS	1
Limpia Ventanas del Puente	VARIOS	4,13
Sistemas de Corrientes Impresas	1	4,13
Locales de Aseo y Aparatos Sanitarios	VARIOS	7
Equipo de Gimnasio	VARIOS	7
Equipo y Mobiliario de Locales de Preparación de Comidas	VARIOS	7
Equipo y Mobiliario de Espacios Médicos	VARIOS	7
Estaciones de Descontaminación	2	1
Lavandería	14	7
Trozos de Seguridad Interior	7	7
Talleres	VARIOS	7
Tubos Lanzatorpedos	2	12
Sistema de Manejo y Estiba de Torpedos	2	14

NOTAS:

1. Equipo puramente mecánico. No se prevén problemas obsolescencia
2. Suministrador único
3. Componentes EEE con problemas obsolescencia (5-10 años)
4. Componentes con problemas de obsolescencia superior a 10 años
5. Disponible por su amplia base industrial y de apoyo
6. Componentes EEE con problemas obsolescencia superior a 5 años
7. Componente COTS con baja probabilidad de obsolescencia o fácilmente sustituibles
8. Equipos MOTS sin dificultad de sustitución en caso de obsolescencia
9. Componentes COTS con corto ciclo de vida, pero sin problemas para sustitución
10. Equipos COTS sin dificultad para sustitución en caso de obsolescencia
11. Obsolescencia en SW
12. Equipo MOTS americano con amplia implantación en buques Armada y otras Armadas
13. Equipo electromecánico, no se prevén importantes problemas de obsolescencia o problemas para sustitución
14. Equipo de tipo mecánico neumático, no se prevén problemas obsolescencia

ANEXO III. LISTADO DE EQUIPOS PROGRAMA (LISTADOS A, C Y E)

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA/ INSTALACIÓN	CANTIDAD
Estructura	LISTA A/C/E
Equipamiento LINK 11	LISTA A/C/E
Equipamiento LINK 16	LISTA A/C/E
Equipamiento Multilink	LISTA A/C/E
Equipamiento LINK-22	LISTA A/C/E
Red de datos Tácticos Joint Range Extension (JRE)	LISTA A/C/E
Red de datos tácticos Standard Interface for Multiple Platform Link Evaluation (SIMPLE)	LISTA A/C/E
EQUIPO DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GPS)	LISTA A/C/E
SISTEMA DE NAVEGACIÓN INERCIAL	LISTA A/C/E
Sistema de alineación para navegación inercial de aeronaves	LISTA A/C/E
SISTEMA WECDIS	LISTA A/C/E
AIS. Sistema de Identificación Automática de Buques	LISTA A/C/E
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS DE NAVEGACIÓN (SDDN)	LISTA A/C/E
Sistema de comunicaciones por satélite (MILITAR)	LISTA A/C/E
Teléfono Submarino nº1	LISTA A/C/E
Equipos cripto del IFF	LISTA A/C/E
Equipos cripto del LAMPS	LISTA A/C/E
Equipos cripto (datos)	LISTA A/C/E
Equipos cripto (voz)	LISTA A/C/E
Equipos diversos de Cifra	LISTA A/C/E
Radar de exploración de superficie nº1	LISTA A/C/E
Repetidores de radar	LISTA A/C/E
Radar de navegación nº1	LISTA A/C/E
Radar de navegación nº2	LISTA A/C/E
SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN (IFF)	LISTA A/C/E
SISTEMA DE VIGILANCIA ELECTROÓPTICO (IRST)	LISTA A/C/E
Sonar de exploración multimodo de casco	LISTA A/C/E
Sonar de exploración multimodo remolcado	LISTA A/C/E
Batitermógrafos	LISTA A/C/E
LAMPS. Equipo embarcado	LISTA A/C/E
Contramiedas electrónicas activas	LISTA A/C/E
Contramiedas electrónicas activas de comunicaciones	LISTA A/C/E
SISTEMA CONTRAMEDIDAS SUBMARINAS NIXIE	LISTA A/C/E
SISTEMA LANZACHAFF	LISTA A/C/E
Dirección de tiro de misiles	LISTA A/C/E
Dirección de tiro de misiles HARPOON	LISTA A/C/E
Dirección de tiro de misiles de ataque a tierra	LISTA A/C/E
CAÑÓN DE 25 MM Nº1	LISTA A/C/E

CAÑÓN DE 25 MM N°2	LISTA A/C/E
Lanzadores HARPOON (En canasta)	LISTA A/C/E
Lanzadores verticales de misiles	LISTA A/C/E
Buques de superficie. Tubos lanzatorpedos	LISTA A/C/E

ANEXO IV. LISTAS DE MATERIAL POR RAZÓN DEL COMPRADOR

- **LISTA A:** Relación de equipos y componentes que el Ministerio de Defensa adquiere en el extranjero para su entrega a la Empresa en la Unidad de Producción que se determine e incorporación al Programa. La valoración de los equipos y componentes de esta Lista no estará incluida en el presupuesto de la Orden de Ejecución. La Empresa cargará los costes directos asociados: recepción, almacenamiento, conservación, instalación, etc., que se incluirá en el presupuesto de la Orden de Ejecución.
- **LISTA B:** Relación de equipos y componentes que la Empresa adquiere a fabricantes extranjeros. La gestión y negociaciones necesarias son responsabilidad de la Empresa.
- **LISTA C:** Relación de equipos y componentes que el Ministerio de Defensa adquiere en España para su entrega a la Empresa en la Unidad de Producción que se determine e incorporación al Programa. La valoración de los equipos y componentes de esta Lista no estará incluida en el presupuesto de la Orden de Ejecución. La Empresa cargará los costes directos asociados: recepción, almacenamiento, conservación, instalación, etc., que se incluirá en el presupuesto de la Orden de Ejecución.
- **LISTA D:** Relación de equipos y componentes que la Empresa adquiera en España o se fabrique en otra Unidad de Producción de la Empresa. La gestión y negociaciones necesarias son responsabilidad de la Empresa.
- **LISTA E:** Relación de equipos y componentes cuyo detalle vendrá incluido en la Orden de Ejecución y cuya obtención el Ministerio de Defensa gestiona y negocia con el correspondiente suministrador o fabricante, siendo la Empresa quien adquiere. El importe correspondiente se incluirá dentro del epígrafe de gastos repercutibles, razón por la cual quedarán excluidos de la aplicación de cualquier recargo, así como de la aplicación de margen industrial. Los gastos asociados, si se incurriesen, se incluirán como partida independiente en el presupuesto de la Orden de Ejecución como otros costes directos. La revisión de precios de los equipos y componentes de esta Lista E se fijará si procede, en cada Orden de Ejecución. Los importes correspondientes figurarán explícitamente en el calendario de pagos de la Orden de Ejecución. En materia de responsabilidades del Ministerio de Defensa y la Empresa, los equipos y componentes de esta Lista E se considerarán a todos los efectos como los equipos y componentes de las Listas A y C, salvo en lo que se refiera al pago.