



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

LA GESTIÓN DE LA ADQUISICIÓN CONTINUA DE CAPACIDADES. APLICACIÓN A SISTEMAS DE DEFENSA.

Autor

José Luis Sánchez Sastre

Director

Carlos Sáenz Royo

Centro Universitario de la Defensa. Zaragoza.
2019

Es más fácil caminar cuando lo haces con las personas apropiadas.

A Carmen y Rodrigo.

Resumen

El proyecto se enmarca en el proceso de obtención de recursos materiales, en concreto los que se adquieren para dotar a las Fuerzas Armadas de las capacidades militares aprobadas en el Objetivo de Capacidades Militares.

Los gestores de los programas de la Dirección General de Armamento y Material en el siglo XXI deberán estar preparados para dar solución a escenarios inciertos en los que se incorporarán nuevas tecnologías, pero sobre todo deberán afrontar el ritmo al que se van a producir los cambios derivados de ambos elementos.

El objetivo de este TFM es analizar la necesidad de introducir en la gestión de la adquisición de sistemas de defensa el concepto de adquisición continua de capacidades, entendido tanto como la necesidad de incorporar nuevas tecnologías como la obligación de evolucionar de forma constante los elementos cuyas capacidades se basan en desarrollos software.

Se elabora este trabajo desde un análisis que justifique el origen de la necesidad a la que habrá que enfrentarse con la adquisición continua de capacidades, las principales características de ésta y, finalmente, las implicaciones en el proceso de adquisición.

Se usa un método lógico-deductivo, analizando distintas fuentes mediante la recolección, lectura y análisis de diversa documentación especializada que desarrolle el tema de la adquisición de capacidades de defensa, analizando tanto la legislación principal que regula los procesos de adquisición de sistemas de defensa como las posibles implicaciones y carencias de ésta en relación a este tema. Se han llevado a cabo entrevistas y charlas con personal implicado en distintos aspectos de la adquisición de sistemas de defensa con el objeto de demostrar la necesidad de la adquisición continua de capacidades.

La experiencia adquirida por el autor en los 29 años de servicio en el Ejército del Aire, especialmente el programa Eurofighter, es una fuente más en este trabajo.

Abstract

This project is centred in the process of obtaining material resources, specifically to provide to the Armed Forces the military capabilities within the Military Capabilities Objective.

In the 21st century, DGAM Program Managers must be prepared to work with uncertain scenarios where new technologies will be incorporated, but above all they should tackle the rate at which the changes will occur.

The objective of this TFM is to assess the need to introduce the Continuous Capability Acquisition in the management of the Defence Systems Acquisition, incorporating new technologies and the obligation to constantly evolve those elements whose capabilities are based on software developments.

This work is elaborated to justify the need that should be the Continuous Capability Acquisition, the characteristics and implications in the acquisition process.

The deductive methodology is used, analysing different sources as specialized documentation that develops the issue of the Acquisition of Defence Capabilities, and the main legislation that regulates the Defence System Acquisition process with the possible implications to this topic. Interviews and talks have been carried out with personnel involved in different aspects of the acquisition of defence systems in order to demonstrate the need for the continuous acquisition of skills.

The experience acquired by the author serving in the Air Force for 29 years, mainly in the Eurofighter program, is one additional source in this work.

Índice

Índice de Figuras	III
Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos	V
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Estado de la situación	2
1.2 Objeto del estudio	2
2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESCENARIOS DEL FUTURO.....	4
2.1 Un mundo en permanente cambio	4
2.2 La Tecnología, el verdadero factor del cambio	5
3 LA ACTUALIZACIÓN CONTINUA: LA RESPUESTA A LA INCERTIDUMBRE	7
3.1 Antecedentes	7
3.2 Situación actual y futura	7
3.3 Tendencias internacionales.....	9
3.4 Los principios de la adquisición continua de capacidades	12
4 IMPLICACIONES EN EL PROCESO DE ADQUISICIÓN	18
4.1 El planeamiento por capacidades	18
4.2 Aplicación al proceso de obtención de recursos materiales	19
4.3 Las oficinas de programa	22
5 CONCLUSIONES.....	26
6 BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXO A: MANIFIESTO POR EL DESARROLLO ÁGIL DE SOFTWARE ...	32
ANEXO B: PROGRAMA EUROFIGHTER.....	34
ANEXO C: PROGRAMA FICE	42

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso E2E del Eurofighter.....	10
Figura 2. C2D2 Ciclo de Adquisición.....	11
Figura 3. F-35 actualizaciones del bloque 4.....	11
Figura 4. Visualización del concepto.....	14
Figura 5. Fases y etapas del proceso de obtención.....	19
Figura 6. Propuesta de aplicación de procedimiento de adquisición continua de capacidades.....	23
Figura 7. Stages of the E2E Process.....	35

Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos

AMD	Algorithmic Mision Data (Datos de Misión Algorítmicos)
BTID	Base Tecnológica e Industrial de Defensa
CAL	Concepto de Apoyo Logístico
C2D2	Continuous Capability Development and Delivery
CLAEX	Centro Logístico de Armamento y Experimentación
CM	Ciclo de Modificación
DDN 2012	Directiva de Defensa Nacional 2012
DDP	Directiva de Programa
DDV	Documento de Viabilidad
DGAM	Dirección General de Armamento y Material
DNO	Documento de Necesidad Operativa
ETID	Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa
FAS	Fuerzas Armadas
FICE	FLIR-IRST CAPABILITY ENHANCEMENTS
IOC	Initial Operational Capability (Capacidad Operativa Inicial)
JEMAD	Jefe de Estado Mayor de la Defensa
MD	Mission Data (Datos de Misión)
MIRADO-I	Material (M), infraestructura (I), recursos humanos (R), adiestramiento (A), doctrina (D), organización (O) e interoperabilidad (I)
MLU	Mid-Life Upgrade (Actualización de Media Vida)
MINISDEF	Ministerio de Defensa
NSPA	NATO Support and Procurement Agency
OCM	Objetivo de Capacidad Militar
OP	Oficina de Programa
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
OEM	Objetivo de Estado Mayor
RAN	Requisitos de Alto Nivel
REM	Requisitos de Estado Mayor
SEDEF	Secretario de Estado de Defensa
SUBDEF	Subsecretario de Estado de Defensa
TPS	Toyota Production System (Sistema de Producción Toyota)
UR	Requisitos de Usuario

“El valor y la ciencia garantizan la Victoria”

Monumento a las Víctimas de la Aviación Militar española (1918)

1 INTRODUCCIÓN

La sociedad actual está viviendo una transformación completa que viene de la mano de la tecnología. No existe un ámbito de la actividad humana que no se vea afectado por el factor tecnológico. La medicina, la educación, la banca, el transporte, el ocio, las comunicaciones, etc. La tecnología se ha infiltrado en todos los aspectos de nuestra vida.

Para ilustrar la evolución tecnológica, y la accesibilidad a ésta, basta con rememorar los primeros teléfonos móviles y su evolución. Desde que, en el año 1983, Motorola lanzase el que se considera primer móvil de la historia, el Motorola Dynatac 8000x con un peso de 800 gramos y un coste de 4000 dólares (Ranchal, 2014), hasta la actualidad, en la que los terminales son pequeños ordenadores que se renuevan de forma constante y cuyo software se actualiza casi a diario, se ha producido un cambio total en sus capacidades al ir añadiendo de forma progresiva nuevas tecnologías¹ y pequeños programas que se denominan Apps². Además, su precio y características físicas permiten que sea adquirido fácilmente en cualquier parte del mundo.

La primera revolución industrial marcó el paso de la producción manual a la mecanizada, la segunda trajo la electricidad y la fabricación en masa, la tercera llegó a mediados del siglo XX aportando la electrónica, las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (Perasso, 2016).

En la actualidad se está iniciando una revolución tecnológica que se basa en sistemas construidos sobre la infraestructura de la revolución digital y que modificará la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos, por su escala, alcance y complejidad, la transformación será distinta a cualquier cosa que el género humano haya experimentado antes (Schwab, 2016).

Siegler (2010) se hace eco de que cada dos días la humanidad crea un volumen de información equivalente a la generada desde el amanecer de la civilización hasta 2003, aproximadamente cinco exabytes de datos. Advirtiendo que el mundo no está listo para la revolución tecnológica que ocurrirá pronto.

Es la revolución de la información³.

¹ Ejemplos de ello son la evolución de la tecnología móvil desde la 1G a la 5G, la incorporación de elementos como WiFi, Bluetooth, GPS, cámara, etc.

² App es la abreviatura de la palabra inglesa Application.

³ Se nombrará de forma indistinta como revolución de la información, revolución 4.0 o cuarta revolución industrial.

1.1 Estado de la situación

La modernización de los sistemas de armas no es algo nuevo en las Fuerzas Armadas (FAS). Sin embargo, lo que no se ha interiorizado es que el nuevo escenario tecnológico, junto con la incertidumbre mundial, implicará una necesidad de actualización constante o lo que es lo mismo, una adquisición continua de capacidades.

En el momento actual, existe una conciencia clara de que es necesaria la integración de las nuevas tecnologías en los desarrollos de los sistemas de armas y, de esta manera, se ha desarrollado la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) (DGAM, 2015), en la que se subraya que el contexto global en el que se enmarca la actuación de las FAS se caracteriza por cambios y transformaciones periódicas, lo que obliga a realizar un esfuerzo de actualización constante de las capacidades militares, planteado como una búsqueda de nuevas tecnologías y su posible aplicación en el marco de la Defensa, pero no se desarrolla la actualización.

En el mundo civil, las empresas que apuestan por una Transformación Digital completa implantan y desarrollan las metodologías *Agile*⁴ en el interior de sus departamentos para entregar productos y/o servicios con una mayor calidad, a menor coste y en tiempos más reducidos (Rosselló Villán, 2019).

Agile promueve el desarrollo iterativo e incremental para afrontar proyectos con una alta incertidumbre y una gran variabilidad en los requisitos, incorporando a lo largo del proceso la información del cliente, para producir un producto útil desde la primera entrega (Telefónica Educación digital). También se está haciendo un esfuerzo en el mundo militar. Así el Eurofighter ha establecido un procedimiento denominado “End to End” (E2E) para implementar cambios y modificaciones de forma constante (NETMA, 2017). En el mundo naval, el sistema Aegis⁵ realiza una evolución continua en capacidades para asegurar que está un paso por delante de las amenazas complejas y sofisticadas (McHale, 2016). El F-35 incorporará en su ciclo de vida una verdadera adquisición continua de capacidades mediante entregas regulares de software y hardware siguiendo el concepto Continuous Capability Development and Delivery (C2D2) (Winter, 2018).

1.2 Objeto del estudio

Los cambios tecnológicos implicarán la aparición de nuevas amenazas, pues, según Rueda (2011), los conflictos se encuentran inmersos en una

⁴ A lo largo del texto se usará la palabra inglesa Agile, que es la palabra utilizada para definir las metodologías ágiles.

⁵ El sistema de combate AEGIS, que incluye el radar multifunción SPY-1D, permite detectar amenazas en las difíciles condiciones ambientales características de las aguas costeras, y proporciona la potencia de fuego necesaria para combatirlas (Armada, 2005).

profunda evolución que tiene consecuencias directas sobre la forma en que se llevan a cabo las operaciones militares en las que están envueltas hoy las FAS, siendo muy difícil detectar tendencias y prever acontecimientos, lo que exige un sobreesfuerzo para adaptarse. Históricamente, las FAS han incorporado en los diferentes sistemas de armas las tecnologías derivadas de las revoluciones industriales anteriores para obtener la ventaja en el campo de batalla. La diferencia en la era de revolución 4.0 es que se tendrá que hacer de forma continua.

El objeto de este estudio es definir la necesidad de avanzar en el concepto de adquisición continua de capacidades, de la posible metodología utilizable y de las implicaciones en el proceso de adquisición de sistemas para la defensa.

Se usa el método lógico-deductivo, analizando distintas fuentes mediante la recolección, lectura y análisis de diversa documentación especializada que sobre la adquisición de capacidades de defensa, analizando tanto la legislación principal que regula los procesos de adquisición de sistemas de defensa como las posibles implicaciones y carencias de ésta en relación a este tema. Se han llevado a cabo entrevistas y charlas con personal implicado en distintos aspectos de la adquisición de sistemas de defensa con el objeto de demostrar la necesidad de la adquisición continua de capacidades.

La experiencia adquirida por el autor en los 29 años de servicio en el Ejército del Aire, especialmente el programa Eurofighter, es una fuente más en este trabajo.

“En cada paso que damos en la vida pisamos cien senderos distintos”

Ortega y Gasset

2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESCENARIOS DEL FUTURO

2.1 Un mundo en permanente cambio

Todos los análisis estratégicos actuales empiezan declarando que el escenario mundial se ha vuelto incierto, volátil y peligroso, donde los cambios se producen de forma continua, en el que tanto los actores estatales como no estatales pueden llevar acciones hostiles en el espacio que existe entre la paz y el conflicto, mediante ataques ciberneticos, asesinatos, desinformación, robo de propiedad intelectual, espionaje e intimidación militar (UK Ministry of Defence, 2018).

España no es ajena a esta situación y así, en el Real Decreto 1008/2017, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Nacional 2017, se establece como necesaria la actualización de la Estrategia de Seguridad Nacional para adecuarla al cambiante entorno, para lo cual marca la necesidad de impulsar la dimensión de seguridad en el desarrollo tecnológico en plena revolución tecnológica. España, como país interconectado e interdependiente, se debe adaptar a esta transformación y aprovechar sus oportunidades de progreso, todo ello, de acuerdo a la Directiva de Defensa Nacional 2012 (DDN, 2012), manifestando con claridad la voluntad de prevalecer sobre las amenazas no compartidas y como aliado tan leal como franco de sus socios.

En este punto, es necesario acotar la definición de capacidad para el entorno de este trabajo. Las capacidades se definen como el “*conjunto de sistemas que, operados bajo unos principios y procedimientos doctrinales establecidos, permiten obtener determinados efectos mediante su empleo en operaciones para cumplir con las misiones asignadas*” (Estado Mayor de la Defensa, 2018).

Las capacidades militares se definen en el planeamiento de la defensa, usando los elementos del concepto MIRADO-I⁶. Donde la M es el elemento material compuesto por el conjunto de equipos que contribuyen decisivamente a la consecución de la capacidad (Estado Mayor de la Defensa, 2018). Será la actualización de las capacidades en la parte del elemento material (M) lo que permitirá aportar al resto del conjunto el factor diferenciador para conseguir cumplir con las misiones asignadas y en lo que se centrará este trabajo.

⁶ Elementos del concepto MIRADO-I: material (M), infraestructura (I), recursos humanos (R), adiestramiento (A), doctrina (D), organización (O) e interoperabilidad (I) (Estado Mayor de la Defensa, 2018).

La utilidad de una capacidad militar es un valor cambiante, incluso en un contexto estratégico estable, pues está condicionada por los medios y las tácticas de un potencial adversario, decían Peck y Scherer (1962). Adversarios que cambian continuamente medios y tácticas con el fin de cercenar la eficacia de las capacidades y sistemas propios, por lo que su utilidad tiende a decrecer con el tiempo (Martí Sempere, 2015).

Las capacidades se deberán proyectar con la adaptabilidad suficiente para permitir a las FAS imponerse al adversario en cualquier tipo de conflicto y escenario. Es decir, las capacidades propias serán medidas con la respuesta del enemigo, lo que lleva a concluir que no sólo deberá considerarse la adquisición de capacidades determinadas, habrá que evitar la denominada brecha de capacidades (Martí Sempere, 2015) que implique una situación de inferioridad.

Será obligado buscar las posibles brechas en las capacidades, cuáles son las causas de éstas, valorar el riesgo operacional y las posibles opciones, siempre bajo la comparación con el enemigo y la posible evolución de los escenarios. Eliminar esta brecha tiene gran importancia a nivel militar, pero también afecta a la Base Tecnológica e Industrial de Defensa (BTID) nacional, pues impacta en las posibilidades de exportación, que es una de los pilares para mantener la BTID.

Resulta particularmente difícil determinar las capacidades militares que deben poseer las fuerzas armadas, pues las incertidumbres relacionadas con las amenazas y la efectividad de estas capacidades para contrarrestarlas complican severamente este proceso (Martí Sempere, 2015), por lo que se puede concluir que es necesario establecer los procedimientos que posibiliten que las capacidades embebidas en un sistema de armas mantengan su relevancia a lo largo su vida operativa.

2.2 La Tecnología, el verdadero factor del cambio

Además de la incertidumbre sobre la evolución de los escenarios venideros “nos encontramos inmersos en la mayor transformación científica y técnica de la historia de la humanidad, una transformación sin precedentes por su extensión, por la índole de los cambios y por la rapidez con la que se están produciendo” (Sanjurjo Jul, 2011, página 31). Este “profundo cambio tecnológico que está viviendo nuestra sociedad seguirá teniendo profundas consecuencias en el ámbito de la defensa (consumidor tradicional de alta tecnología) que no puede mantenerse al margen de la revolución digital y se verá impulsado a continuar la profunda revisión y transformación de las fuerzas armadas, para adaptarlas a combatir en el mundo que se nos avecina; básicamente en un mundo digital en el que nadie debe dudar que la ventaja competitiva del combatiente será la tecnología” (Sanjurjo Jul, 2011, página 47).

Los avances en tecnología e innovación se acelerarán alimentados por los incrementos en capacidad de cálculo y avances que aumenten la inteligencia

humana. Aunque no todas las tecnologías avanzan simultáneamente, los avances de una implican avances de una forma amplificada en otras. Esto llevará a combinaciones sorprendentes y aplicaciones nuevas, con impactos positivos y negativos (NATO, 2017).

En el campo militar se deberá asumir que las tecnologías disruptivas serán las game changers⁷ (UK Ministry of Defence, 2016) en los conflictos del siglo XXI. Por lo que las FAS deberán adaptarse a la transformación tecnológica compleja y constante, que va a evolucionar a un ritmo cada vez mayor. Será necesario mantener ese ritmo para que nuestras FAS estén preparadas para los conflictos y escenarios futuros, sino se cometerá el error de estar preparado para los conflictos del ayer.

La tecnología emergente generará oportunidades y amenazas, al proporcionar un enorme potencial para la seguridad y la prosperidad, mientras también implica riesgos, al estar disponible para los adversarios (UK Ministry of Defence, 2016). El principal riesgo viene de la facilidad de acceso a distintas tecnologías provenientes de desarrollos del ámbito civil y que, utilizadas solas o combinadas, pueden amenazar el desempeño de las FAS en una operación. En la actualidad, actores menores, estatales y no estatales, pueden utilizar inmediatamente en el campo de batalla una amplia gama de avances tecnológicos de bajo coste de una forma innovadora, imaginativa y eficaz, como por ejemplo drones, robótica, digitalización en las comunicaciones, e incluso armas de destrucción masiva, junto con sistemas tradicionales evolucionados de bajo coste y, por lo tanto, fácilmente adquiribles. El acceso incontrolado a la tecnología desafía los marcos existentes (NATO, 2017).

La incertidumbre hace que sea vital realizar un esfuerzo constante persiguiendo las oportunidades de innovación y explotar de forma efectiva las ideas y tecnologías nuevas. Hacerlo así es crucial para mantener la ventaja militar, asegurando la relevancia futura y la habilidad para operar junto con los aliados (UK Ministry of Defence, 2018).

La adquisición continua de capacidades será imprescindible para mantener las capacidades con la relevancia necesaria en cada momento que, junto con el adecuado desarrollo de los principios y procedimientos doctrinales, permitirán obtener los efectos requeridos en su empleo en operaciones y, de esta manera, cumplir la misión asignada.

⁷ Un game changer es algo cuyo impacto es de tal magnitud que cambia el resultado.

“No es el más fuerte de las especies el que sobrevive, tampoco es el más inteligente el que sobrevive. Es aquel que es más adaptable al cambio”

Charles Darwin

3 LA ACTUALIZACIÓN CONTINUA: LA RESPUESTA A LA INCERTIDUMBRE

3.1 Antecedentes

Desde finales del siglo XIX, en el campo industrial, se ha llevado a cabo un esfuerzo por mejorar la producción, reduciendo costes y tiempo de producción a la vez que se incrementaba la calidad. De esta forma se introdujo la fabricación en serie tras los trabajos de F.W. Taylor y Henry Ford. Posteriormente, el propio Ford introdujo mejoras al usar la cadena de producción. Sin embargo, no sería hasta después de la Segunda Guerra mundial cuando la empresa Toyota desarrollase un nuevo sistema de gestión, el Toyota Production System (Sistema de Producción Toyota, TPS), que desembocaría en el concepto Lean como una filosofía de trabajo que intenta optimizar la producción eliminando cualquier perdida en el proceso, buscando la mejora continua (Hernández y Vizán, 2013).

En el campo del software, la mejora en los procesos de desarrollo vino de la mano de las metodologías Agile, cuya base es un desarrollo iterativo e incremental que permite realizar proyectos donde existen incertidumbre y variabilidad de los requisitos, Agile surgió del denominado manifiesto Agile (Ver Anexo A).

3.2 Situación actual y futura

Los procesos actuales de adquisición se basan en una aproximación estructurada dividida en etapas según el AAP-20 NATO PROGRAMME MANAGEMENT FRAMEWORK (2015). Así, por ejemplo, la NATO Support and Procurement Agency (NSPA) sigue esa publicación en su línea de desarrollo de gestión del ciclo de vida (NATO Support and Procurement Agency, 2017).

El proceso descrito en esa publicación sólo proporciona como solución para lidiar con los escenarios del siglo XXI lo que denomina despliegue acelerado, que consiste en agilizar el proceso para optimizar la programación de entrega. Siendo válido sólo para casos de urgencia o requerimientos operacionales inmediatos. La Instrucción 67/2011 emplea mecanismos para afrontar las necesidades sobrevenidas de carácter urgente similares a los descritos en el AAP-20. Se puede concluir que en los procesos actuales de adquisición no se contempla la posibilidad de mantener una actualización de capacidades de forma continua y programada, no considerándose suficiente los casos especiales por su urgencia al ser puntuales y no derivados del planeamiento.

Sin embargo, la DDN 2012 defiende que se dé “prioridad a la preservación y grado de disponibilidad de las capacidades de las Fuerzas Armadas”. Esta afirmación tiene el reconocimiento implícito de la necesidad de aplicar la gestión de adquisición continua de capacidades en los sistemas de defensa para mantener la ventaja sobre los adversarios. Esta necesidad se justifica en base a que la habilidad de individuos, actores estatales y no estatales para acceder a la tecnología se ha incrementado significativamente. Mientras que el actual proceso de adquisición puede dificultar el despliegue de nuevas tecnologías, los potenciales adversarios podrían ganar ventaja al ser más ampliamente accesible tecnologías sensibles. El mayor acceso a la tecnología faculta a los individuos a llevar a cabo investigaciones y desarrollos, y a operar en áreas de nuevas tecnologías que están fuera del control de los estados. Mientras los estados están obligados a cumplir las normas, reglas y acuerdos internacionales, algunos actores gubernamentales y no gubernamentales pueden no observarlas (NATO, 2017).

Considerando que el tiempo empleado en el desarrollo de un sistema de armas junto al tiempo de servicio sobrepasa de forma habitual los 40 años en los que estará expuesto a la rápida evolución de la tecnológicas, “la obtención de capacidades militares para efectuar misiones, sin que un adversario potencial pueda comprometer su éxito, requiere procesos de innovación” (Martí Sempere, 2015, página 125), incluyendo en ese proceso un esfuerzo continuado por mantener esas capacidades actualizadas.

Los actuales sistemas de armas se componen de dos tipos de tecnologías, las plataformas navales y terrestres se producen en centros de la era industrial, mientras que las plataformas aéreas y los sistemas se producen en industrias de la era de la información (Sanjurjo Jul, 2011). Serán sistemas de armas cuya capacidad más relevante será la de obtener, procesar y distribuir la información del campo de batalla, y no la capacidad de destrucción de su armamento. Serán mucho más que lo que el tipo de plataforma podría indicar por su aspecto exterior. Su capacidad de combate no residirá en la parte física de ésta que, si bien es necesaria, pasa a tener el papel de portador de las verdaderas capacidades que residen en sus sistemas internos más tecnológicos⁸. El Lt Col Berke (2016), entrevistado por la CBS sobre el F-35, explica que las métricas tradicionales ya no sirven, lo más importante es la información que el sistema recoge, procesa y presenta al operador. La importancia proviene de los 24 millones de líneas de código software no visibles que lo convierten en un ordenador volante (Martin, 2014).

⁸ Las Fragatas F-100 son un ejemplo, con la integración del sistema Aegis, que proporciona a las fragatas españolas el factor diferenciador aportando la capacidad detección y potencia de fuego necesarias.

Es cierto que existe una clara conciencia de la necesidad de mantener una actualización y modernización continua del componente tecnológico, cuya importancia obliga a mantener la ventaja sobre los potenciales adversarios, así como a mantener la paridad tecnológica con nuestros socios y aliados que asegure la interoperabilidad en el ámbito multinacional (Estado Mayor de la Defensa, 2017).

3.3 Tendencias internacionales

A nivel internacional se está realizando un esfuerzo por incrementar la capacidad de combate mediante el uso de nuevas tecnologías, que han permitido desarrollar nuevos sistemas de armas completamente digitales que amenazan la superioridad tradicional de los países occidentales.

Rusia y China siguen trayectorias de desarrollo de tecnologías y capacidades diseñadas para frustrar la abrumadora ventaja que Occidente ha tenido durante décadas. Poniendo a disposición de segundos países sistemas y sensores de misiles tierra-aire de vanguardia (Bronk, 2018).

Sistemas de armas como el Eurofighter en Europa son un ejemplo del esfuerzo de modernización empleando la aproximación por Fases, en el que se incrementan sus capacidades a través de un ciclo que incluye entregas de software constante y actualizaciones de hardware.

La inclusión de modificaciones o cambios en el sistema de armas Eurofighter⁹ está regulado por el denominado Contrato 4 Future Modifications Contract to the Eurofighter 2000 Weapon System¹⁰, estableciendo un procedimiento de ciclo de vida de los cambios denominado End-to-End (E2E), representado en la figura 1 en color verde. Aunque ha sido un esfuerzo exitoso, no ha alcanzado la flexibilidad y el ritmo necesarios de actualización para los escenarios futuros al tener una arquitectura definida con parámetros tecnológicos de los años 80 y seguir la metodología de fases secuenciales establecida en el AAP-20 (Para más información ver anexo B).

⁹ Se excluyen de este contrato el motor y los AGEs que tienen procesos similares.

¹⁰ Contrato de Modificaciones Futuras al Sistema de Armas Eurofighter 2000.

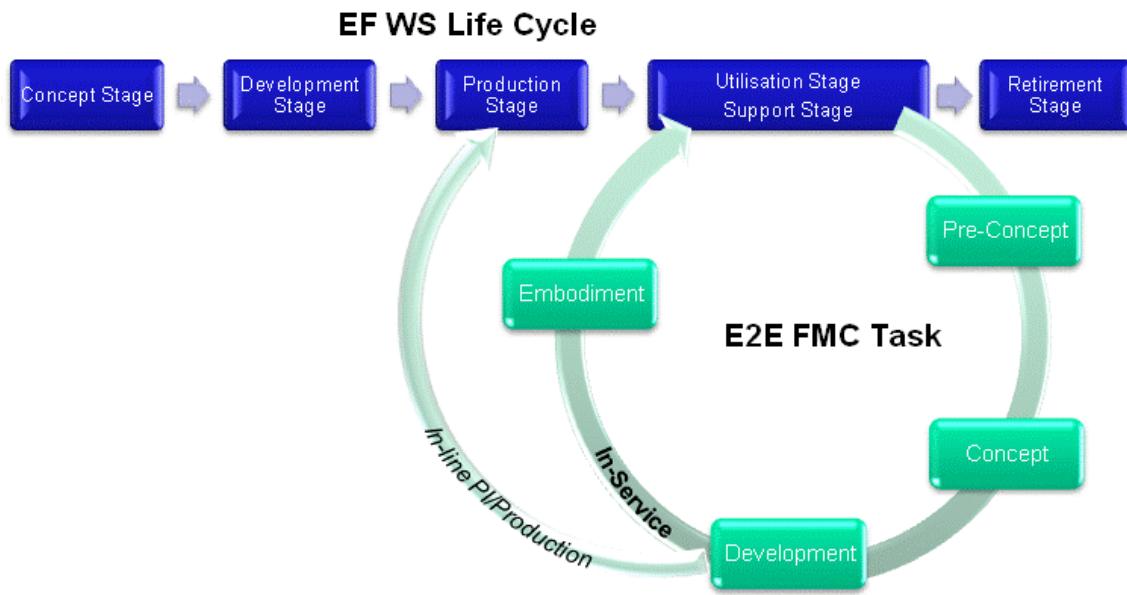


Figura 1. Proceso E2E del Eurofighter. Fuente NETMA. (2017)

Será el F-35 el programa que incluirá un proceso establecido y con fondos destinados exclusivamente a la actualización constante de capacidades. Tras la fase de desarrollo, el programa está tomando una nueva dirección para permitir la modernización y mejoras de una forma más rápida y frecuente, focalizándose en crear un ciclo asequible y ágil (Winter, 2018), que se ha denominado con el clarificador nombre de Continuous Capability Development and Delivery (Desarrollo y entrega continua de capacidades, C2D2).

La figura 2 representa el ciclo de actualización constante C2D2 que, de abajo a arriba, presenta en primer lugar iteraciones de generación de software de seis meses. Afrontando la inserción de tecnologías de forma regular en periodos de dos años y los cambios más profundos derivados de la sustitución de tecnologías que se plantean en el plazo de 8 a 10 años.

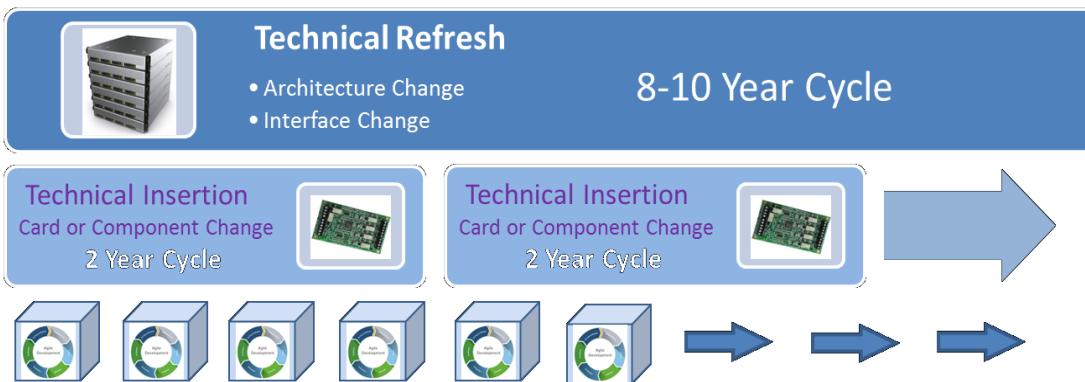


Figura 2. C2D2 Ciclo de Adquisición.

Fuente: Winter, 2018.

Esta aproximación es posible al ser un sistema de armas que incorpora un desarrollo intensivo de software sobre las tecnologías más modernas con el objeto de constituir el centro de la ventaja estratégica en el siglo XXI contra la evolución de las amenazas (Ver figura 3).

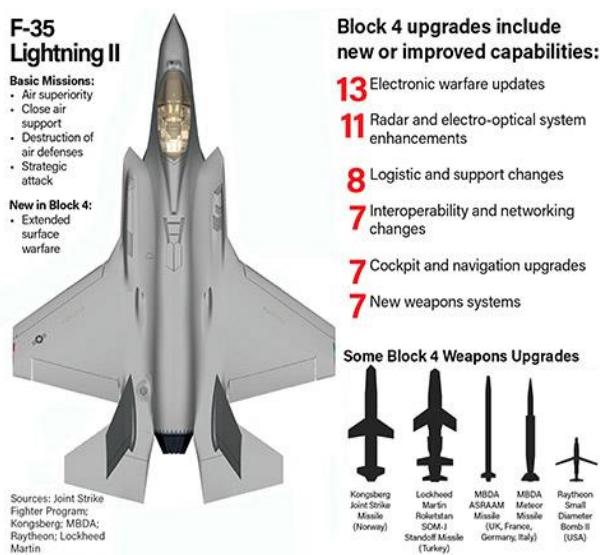


Figura 3. F-35 actualizaciones del bloque 4. Fuente www.airforcemag.com

Deberán implementarse formas de adquisición que permitan la maduración, demostración e integración de tecnología avanzada en los sistemas de armas en un ciclo que encaje con el tiempo de los ciclos de las tecnologías clave subyacentes, desarrollando sistemas basados en componentes de tecnologías maduras y conceptos de integración que permita mejoras modulares

con incrementos de capacidades que se introducirán a intervalos regulares (USA Air Force, 2016).

El diseño de los nuevos sistemas de armas no finalizará con la entrada en servicio, pues para mantenerse como una plataforma relevante en el campo de batalla deberá ser sometida a un proceso cíclico de modernización y mejora, bien porque las capacidades no se hayan adquirido completamente a la entrada en servicio o bien para evolucionar en función de la amenaza, de los requisitos del escenario y del desarrollo tecnológico.

Es claro que la evolución tecnológica no va a parar, ni el acceso a éstas por parte de los diferentes actores que pueden amenazar la seguridad nacional o a las propias FAS en sus despliegues, por lo que es fundamental mantener de forma decidida una ventaja competitiva en los campos que se consideren. Esta será la única manera de mantener una capacidad de disuasión creíble y, si fuese necesario, la superioridad en el enfrentamiento.

Como describía Steinhoff (1971) en su libro *The straits of Messina* ambientado en la Segunda Guerra Mundial la tecnología de defensa requiere material y, por encima de todo, esfuerzo intelectual. No basta con simplemente poseer sistemas de armas. Una nación debe ser capaz de mantenerlos en el más alto estado de disponibilidad por la incorporación de técnicas de gestión tecnológicas; debe ser capaz de desarrollarlos y tomar medidas para su reemplazo. Ese desarrollo deberá incluir el concepto de la adquisición continua de capacidades que permita ser más innovadores y mejores explotando las oportunidades ofrecidas por la tecnología moderna para asegurar que se mantiene la ventaja estratégica militar. (UK Ministry of Defence, 2018)

3.4 Los principios de la adquisición continua de capacidades

El paradigma tecnológico ha cambiado. Los sistemas militares modernos son realmente sistemas digitales portados en plataformas que necesitan ser pensados como un sistema de información móvil. Es bien sabido que las tecnologías digitales evolucionan a velocidades de vértigo y que tienen un efecto disruptivo en la forma de operar (UK Ministry of Defence, 2018).

No se adquiere exclusivamente un tipo de plataforma, sino un sistema digital cuyo corazón operacional son miles de líneas de código, y que son en realidad herramientas informáticas que, como tales, pueden ser actualizadas de forma constante hasta el límite de las posibilidades del hardware, permitiendo, además, solventar deficiencias, errores y carencias descubiertas en el uso operacional y que no pueden ser identificados en el corto periodo de tiempo que duran las pruebas de cualificación o certificación.

La aplicación de estas metodologías no niega seguir el proceso de planeamiento definido en la actualidad. De hecho, los programas, en general, deberán iniciarse en base a esta aproximación más tradicional para el desarrollo de la propia plataforma, la arquitectura base del sistema y el hardware que se

requiera. Para luego evolucionar, en aquellos sistemas y subsistemas que se determine, mediante el empleo de tecnologías ágiles de desarrollo de software.

Los candidatos serán sistemas de armas cuya capacidad de combate radica en los ordenadores que hay en su interior, cuyos sistemas y subsistemas pueden ser actualizados en distintos niveles a lo largo de su ciclo de vida. En concreto, se puede hablar de tres grandes campos el de los Datos de Misión (Mission Data, MD), el del software y, naturalmente, el del hardware.

- ✓ Datos de Misión: son los datos específicos para el desarrollo de una misión concreta. Permiten personalizar la respuesta de los sistemas de combate al escenario y las amenazas que se esperan. Su complejidad puede ir desde una lista de puntos que componen una ruta a MD algorítmicos, que serían pequeños programas que se ejecutan según la necesidad del sistema.
- ✓ Software: es el elemento clave y que define las prestaciones reales de una plataforma. La capacidad de combate y de respuesta a las amenazas se basarán en el software que corre en el interior del Sistema de Armas. Se deberá dividir en dos grupos. Uno que estará compuesto por los elementos de seguridad y un segundo con el software que no afecta a la seguridad y en cuyas líneas de código se encuentra la definición de las capacidades. Si pensamos en todas las capacidades inteligentes del sistema, tales como el procesamiento de sensores o integraciones en red, todo lo que es el sistema de misión, la inteligencia del avión, es fundamental aplicar este tipo de nuevo paradigma de diseño y de obtención de capacidades (Giménez, J., comunicación personal, 15 de mayo de 2019).
- ✓ Hardware: compone el elemento físico sobre el que corre el software, personalizado con los MD. Es el que da la capacidad de cálculo y procesamiento.

Con respecto a los MD, es responsabilidad de los ejércitos y/o armada establecer los procedimientos para su generación, no considerándose en la adquisición continua de capacidades.

El principal componente de la Actualización Continua de Capacidades es el software, pues define las posibilidades de un sistema de armas. Deberá actualizarse de forma cíclica. El software relacionado con la seguridad, y todo aquel que esté sometido a los procesos de certificación y cualificación más complejos se deberá actualizar en períodos de tiempo más largos. Obtener “*las prestaciones y la sofisticación funcional que exige el usuario solo son posibles, hoy en día, mediante la integración de una considerable cantidad de software. Su diseño y desarrollo ha demostrado ser también una actividad compleja, cargada de riesgo e incertidumbre, sobre todo cuando la especificación del sistema es alambicada*

(Martí Sempere, 2015).

La actualización del hardware se hará en función de la necesidad de aumento de capacidad de cálculo, de la actualización o introducción de nuevas capacidades, o refresco tecnológico. Ello se realizará en tres niveles principalmente, el de tarjeta de componente, el de equipo y el del nivel de arquitectura del sistema. Este último será una actualización completa del sistema que deberá incluir la sustitución masiva de tecnologías que afectarán, incluso, a la arquitectura del sistema.

A modo de ilustración, en la figura 4 se representa la forma de mantener la actualización continua de capacidades mediante la simbología de una margarita. El componente principal de mantener el ritmo de actualización serían los diferentes pétalos, que se representan con una parte coloreada indicando la evolución de una capacidad. De la misma manera es fácil imaginar que la sustitución, eliminación o adición de capacidades arrancando y añadiendo nuevos pétalos.

El corazón de la flor representaría lo que se puede denominar software operativo, con el que se regula el funcionamiento del sistema de armas y que, al necesitar un proceso mayor de certificación y cualificación, su ritmo de cambio es menor. Finalmente, en el tallo se encontrarían los elementos cuya actualización es de una gran envergadura, como serían la propia arquitectura hardware y software del sistema, y los elementos de seguridad. Sería lo que tradicionalmente se ha denominado MLU (Mid-Life Upgrade, Actualización de Media Vida).

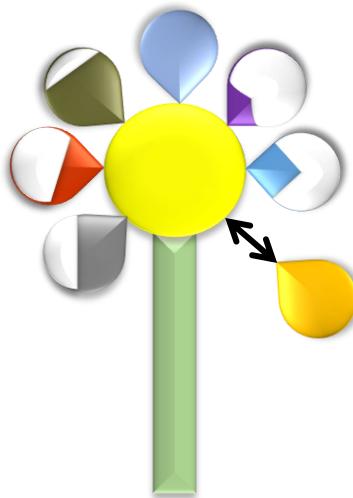


Figura 4. Visualización del concepto. Elaboración propia.

Una vez que se ha definido la necesidad de la actualización continua de capacidades y que su base será las mejoras basadas en desarrollo de software, parece claro que deberá estar basada en las metodologías más modernas. En este punto Agile ha surgido como la metodología líder en la industria de desarrollo software (Modigliani y Chang, 2014). Junto con el empleo de

arquitecturas estandarizadas que permitan reducir la complejidad del proceso de modificación o integración, reducir costes y riesgos, facilitar el proceso de certificación, mejorar la interoperatividad entre plataformas y facilitar la actualización de las capacidades de los sistemas de armas a lo largo de toda su vida útil (Torres, L., comunicación personal, 20 de mayo de 2019).

Las metodologías ágiles, al llevar a cabo sus desarrollos mediante proyectos que evolucionan de forma iterativa e incremental, están optimizadas para la era digital. Alejándose de metodologías secuenciadas en fases, lo que permite poder afrontar con más garantía, proyectos en los que exista una alta incertidumbre y una variabilidad en los requisitos. Un procedimiento iterativo, retroalimentado de forma constante, que entrega al final de cada iteración un incremento de valor con respecto a la entrega anterior, que no será el producto completamente desarrollado, pero sí aportará una parte de la capacidad y permitirá evaluar si lo entregado se adapta o no a las necesidades, proporcionando la posibilidad de realizar una definición progresiva de requisitos.

La adquisición continua de capacidades se basará en la entrega constante de incrementos de capacidad, a intervalos más o menos regulares que incluyan un proceso continuo de redefinición, aprovechando la experiencia en el desarrollo de las anteriores entregas, posibles cambios tecnológicos y la información reportada por las unidades usuarias en la operación con las versiones en uso.

Siguiendo el espíritu del manifiesto por el desarrollo ágil de software, los principios mínimos a seguir serán:

- ✓ La mayor prioridad debe ser la satisfacción de las necesidades operacionales mediante la entrega temprana, continua y cíclica de software funcional, con valor. Aunque el objetivo final será conseguir un sistema de armas que satisfaga todos los requisitos del cliente de la forma más completa posible, el proceso implicará el “embodiment”¹¹ sucesivo de distintos estándares de capacidad que irán cumpliendo de forma progresiva los requisitos establecidos.
- ✓ Será necesario que todos los “stakeholders”¹² involucrados en el desarrollo trabajen juntos de forma constante y cotidiana. El objetivo será establecer un flujo de información constante (feedback) que reduzca la incertidumbre y dé la certeza de que el sistema dará satisfacción a los requerimientos de los operadores. Uno de los principales problemas en el desarrollo de

¹¹ Embodiment es una palabra de difícil traducción y que implica todas las acciones necesarias para introducir una modificación, capacidad, orden técnica, etc. en el sistema de armas.

¹² Stakeholder es el término usado en la gestión de proyectos para definir a todas las partes involucradas o afectadas por éste. Suele traducirse por partes interesadas, pero entiende el autor que esta traducción no cubre todas las posibilidades, por lo que se ha preferido mantener el término anglosajón.

capacidades es la falta de visión operacional, por lo que dejar fuera a los usuarios reales en el proceso puede llevar a una incoherencia de capacidades. Si los usuarios reales son involucrados, entonces el feedback desde la perspectiva operacional es inmediato y hay una fuerte sintonía sinérgica entre concepto y empleo (Wilkinson, 2014). En cada ciclo será necesario entender y tomar en cuenta las consideraciones y restricciones de todos los “stakeholders” evaluando las distintas alternativas, para ello es necesario que formen un equipo colaborativo, basado en la confianza, evitando la relación cliente-proveedor, en cada ciclo será obligado tener una mentalidad “win-win” por todas las partes, para evitar que se convierta en un “lose-lose” (Boehm y Hansen, 2000). Además, fruto de esta interacción con el fabricante desde la primera entrega, el combatiente recibirá información de primera mano de las capacidades y funcionamiento de sistema, lo que le permitirá optimizar sus tácticas y procedimientos desde el momento cero.

- ✓ Deberá aceptarse la modificación de los requisitos a lo largo de todo el proceso tanto en el fondo como en las prioridades asignadas. Esto se podrá producir incluso en etapas tardías del desarrollo, siempre buscando proporcionar la ventaja operacional. La complejidad del desarrollo de software, cuando se piden grandes prestaciones e interacciones con otros sistemas, hace que el resultado final no sea predecible, los sistemas de hoy tienen en su interior miles de líneas de código de software de una gran complejidad, por lo que se puede anticipar que no será posible alcanzar el cien por cien de las capacidades en el primer momento. Pero también ofrece la gran oportunidad de la adaptación. La tradicional idea de unas especificaciones de requisitos completas, consistentes, trazables no son una buena idea para ciertos componentes del producto (Wilkinson, 2014).
- ✓ Será necesario establecer un equipo estable de desarrollo, con el entorno y el apoyo necesario. Uno de los beneficios es la conservación del Know-How, al permitir, no sólo crear equipos de talento, también mantener un desarrollo sostenible, capaz de mantener un ritmo de avance constante de forma indefinida.

La adquisición continua de capacidades es, en definitiva, un proceso de desarrollo cuya principal característica es la de ser un proceso iterativo con la flexibilidad suficiente para poder incorporar las aportaciones de cada uno de los “stakeholders”, desde la industria a las mismas unidades usuarias, que reportarán comentarios de las capacidades de la versión implementada y las nuevas necesidades operacionales.

Una vez determinados los requerimientos, con el suficiente margen de maniobra, se deberá decidir qué actividades deberán realizarse en cada ciclo. Para ello es necesario analizar, con técnicas de análisis de riesgos, las necesidades operacionales, el estado de madurez de las tecnologías y la base

de conocimiento, los requisitos de software y del propio sistema, etc.; estableciendo las diferentes alternativas de desarrollo y elegir en que puntos deberá focalizarse el esfuerzo.

Este análisis deberá proporcionar el nivel de cada capacidad que deberá exigirse al final de cada iteración, se puede decir que es el tanto por ciento que se espera conseguir de cada uno de los requisitos seleccionados. Desarrollando el plan en el que se plasmará qué se va a hacer en el siguiente paso, qué nivel de esfuerzo se va a emplear y qué nivel de desarrollo se espera de cada requerimiento seleccionado.

La metodología Agile no obliga a los programas a definir su alcance, requerimientos y diseño de forma completa desde el inicio, pues asume que estos cambiarán en el tiempo. Incluso así, el programa debe mantener una visión general, una visión a largo plazo y el foco en la entrega de los próximos seis meses (Modigliani y Chang, 2014).

La adquisición continua de capacidades debe acomodar la necesidad, la agilidad y la innovación. Aunque esta aproximación preserva mucho de las mejores prácticas del proceso de adquisición estándar (Wilkinson, 2014).

“Locura es hacer lo mismo una y otra vez esperando obtener resultados diferentes”

Albert Einstein

4 IMPLICACIONES EN EL PROCESO DE ADQUISICIÓN

Mientras el ritmo de desarrollo de la tecnología digital se acelera, el desarrollo de la parte heavy metal¹³ de los sistemas se mantiene en gran medida inalterado. Un único ciclo de vida en la adquisición, con hitos y puntos de decisión fijos en el tiempo para todos los aspectos del sistema, es incapaz de acomodar tecnologías de evolución rápida y lenta al mismo tiempo. La aproximación de ingeniería tradicional por sí misma es incapaz de lidiar con estos sistemas híbridos (Wilkinson, 2014). La lentitud inicial en el desarrollo del heavy metal, junto con un ritmo lento de actualización y/o modernización posterior hace que no puedan aplicarse los mismos procesos al campo de unas tecnologías cuya característica principal es la capacidad de evolución.

Las FAS deberán asumir que “*el cambio ha pasado a ser el terreno de juego y la innovación el instrumento para alcanzar el éxito. Impulsado por la innovación, el cambio se convierte en la medida del éxito o del fracaso de una organización: su mayor o menor capacidad para tomar conciencia del mismo, para dimensionarlo correctamente, para buscarlo de forma proactiva, para obtener ventaja, para identificar las oportunidades que se presentan*” (Rueda, 2011, página 78). Los programas de adquisición deberán dotarse de flexibilidad para dirigir la actualización o inserción de las tecnologías en cada etapa del ciclo de vida de los sistemas militares.

Es necesario cambiar la aproximación de la adquisición tradicional, orientada a sistemas cuya actualización se produce a un ritmo lento, buscando nuevos conceptos y procedimientos para permitir incluir las implicaciones de las tecnologías emergentes en el proceso de obtención de adquisición de sistemas de defensa. Será necesario, realizar una aproximación amplia y sistemática con el objetivo de introducir el concepto de adquisición continua de capacidades en este proceso.

4.1 El planeamiento por capacidades

El MINISDEF trató de dar una respuesta a los efectos asociados a la incertidumbre y los entornos cambiantes en los que la defensa se moverá en el futuro mediante la derogada Orden Ministerial 37/2005, sustituyendo un proceso de planeamiento militar heredado de la época del escenario estático de la guerra

¹³ Heavy metal hace referencia a todos los componentes de un sistema de armas que provienen de la era industrial.

fría por un planeamiento basado en capacidades con el objeto de dar respuesta a los inciertos escenarios que se esperaban. Con la experiencia de tres ciclos de planeamiento y los cambios normativos producidos desde su publicación, se desarrolló la Orden Ministerial 60/2015 en la que se regula el proceso del planeamiento de la defensa que permite la definición, obtención y sostenimiento de una fuerza conjunta eficaz, sostenible en el tiempo y capaz de enfrentarse a los retos de un escenario estratégico incierto y en continua evolución.

El planeamiento de la defensa es un proceso unitario y concurrente, que al mismo tiempo debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a los cambios que puedan producirse y que se desarrolla con la intervención del Jefe de Estado Mayor de la Defensa (JEMAD), el Secretario de Estado de Defensa (SEDEF) y el Subsecretario de Estado de Defensa (SUBDEF). Responsables, respectivamente, del planeamiento militar, de recursos financieros y materiales, y de recursos humanos.

El resultado del Planeamiento de la Defensa se plasma en el Objetivo de Capacidad Militar (OCM), que incluye las capacidades militares necesarias a medio plazo priorizadas y asociadas a la programación de recursos.

4.2 Aplicación al proceso de obtención de recursos materiales

El proceso de obtención de las necesidades se regula en la Instrucción 67/2011 y se define como clave para el cumplimiento de los objetivos de la Política de Defensa que está íntimamente relacionado con el proceso de planeamiento de recursos. Este proceso se guía en la publicación de la OTAN AAP-20 NATO y se divide en cuatro fases que se conforman de once etapas. Figura 5.



Figura 5. Fases y etapas del proceso de obtención. Fuente: González, 2018.

Se define como una secuencia de actividades, que se inicia con la percepción de una necesidad de capacidad militar que no existe aún, la cual alimenta una actividad de investigación, seguida de una formulación de

conceptos de capacidad y arquitecturas, que son verificados por los análisis y demostraciones apropiadas, lo que activa un contrato de adquisición sobre industria, normalmente a través de una competición y selección del postor más barato que cumpla (Wilkinson, 2014).

Como se ha mencionado este tipo de procesos no es adecuado para el desarrollo de sistemas que incorporen la necesidad de la adquisición continua de capacidades. Al fijar la solución de una forma precisa en las fases tempranas impide la posibilidad de adaptarse de forma rápida y económicamente eficiente a los cambios.

El rápido cambio en el escenario operacional hace que no se pueda afrontar el desarrollo de sistemas de armas en una adquisición lineal y tiempos de desarrollos usando aproximaciones tradicionales. El desarrollo de capacidades requiere procesos adaptables, asequibles y ágiles con una colaboración entre ciencia, tecnología, adquisición, requerimientos y los profesionales de industria. Fallar en la adopción de aproximaciones a la adquisición ágiles no es una opción. La aproximación tradicional garantiza que los ciclos del adversario dejarán atrás nuestro desarrollo, con el resultado de no tener a tiempo capacidades de combate críticas y fuerzas tecnológicamente superiores al adversario (USA Air Force, 2016).

Es necesario ajustarse a ciclos de renovación tecnológica que se miden en meses, es un problema de pura ingeniería y la única respuesta a este laberinto es establecer un proceso estricto de ingeniería de sistemas desde el primer día de diseño y mantenerlo a lo largo del ciclo de vida. Tenemos que concienciarnos de que el diseño de los sistemas de la era de la información no termina con la entrega. El diseño se convierte en un proceso que se prolongará durante toda la vida del sistema (Sanjurjo Jul, 2011).

La Instrucción 67/2011¹⁴ determina que es en la fase conceptual cuando se define la necesidad y su vinculación con los objetivos de la política a la que corresponde con el objeto de proporcionar las alternativas de solución a la necesidad presentada en el OCM, abarcando el impacto en los factores MIRADO-I. Para ello esta fase se divide en dos etapas, definición de necesidad operativa y viabilidad operativa.

La etapa de definición de necesidad operativa se inicia cuando una necesidad es incluida en algún documento del ciclo de planeamiento de defensa sancionado por el JEMAD. En esta etapa se desarrolla y concreta la necesidad operativa y se establecen los plazos para satisfacerla, incluyendo, de forma tentativa, el momento previsto para obtener la Capacidad Operativa Inicial (IOC,

¹⁴ Hay ciertas diferencias en el proceso definido en la instrucción, dependiendo de si la necesidad proviene del ciclo de planeamiento de la Defensa o de otro objetivo del Departamento, pero a efectos de este trabajo, el trabajo se centrará en la primera al ser la que responde a las necesidades de capacidades.

Initial Operational Capability) y la Capacidad Operativa Final. Todo ello se recoge en el Documento de Necesidad Operativa (DNO).

La etapa de viabilidad operativa se inicia tras la validación del DNO por el JEMAD y en ella se evaluarán las posibles opciones técnico-operativas que puedan dar satisfacción a la necesidad y se identificarán las más factibles, reflejando el resultado en el Objetivo de Estado Mayor (OEM).

Una vez completado el hito documental de OEM se inicia la fase de definición y decisión, que se subdivide en cuatro etapas: etapa de definición de requisitos, etapa de la alternativa de obtención, etapa de establecimiento del programa y etapa de preparación de la ejecución.

La etapa de definición de requisitos definirá la solución operativa¹⁵ más adecuada, tomando como referencia las opciones propuestas en el OEM. Se realizarán los estudios necesarios para valorar su viabilidad tecnológica, reducir los riesgos asociados y concretar los requisitos. El hito documental que cierra la etapa de definición de requisitos es el documento denominado Requisitos de Estado Mayor (REM).

Será necesario que en los distintos hitos documentales mencionados se vaya evaluando, y reflejando en todos ellos, la necesidad de mantener una adquisición continua de capacidades en los sistemas y/o subsistemas que se consideren, de manera que se plasme la necesidad en el REM.

Este reflejo es importante pues el proceso de adquisición de defensa se desarrolla sobre requerimientos. La idea de requerimientos de arriba abajo que guía la adquisición de sistemas ha llegado a ser tan familiar y estar tan arraigada que se admite sin comentarios (Wilkinson, 2014). Sin embargo, admitiendo que debido a la incertidumbre no se pueden adivinar las necesidades futuras, será obligado que los REM se escriban con la flexibilidad suficiente para que los requisitos puedan ser evolucionados a lo largo del ciclo de vida del sistema de armas, dotando de esta manera a la futura oficina de programa (OP) con la herramienta para poder establecer la adquisición continua de capacidades.

Será necesario evitar que la fase de definición de requisitos finalice con una sucesión de páginas que force a un diseño de sistema y de software de forma estricta y cuyo cumplimiento no permita modificaciones, ni mejoras posteriores, más allá de la dirección marcada por éstos en esta primera fase.

Es en este punto donde se pone fin al dominio de la necesidad, que se desarrolla bajo la autoridad del JEMAD, y se inician las etapas del dominio de la obtención donde la responsabilidad la tendrá el SEDEF. Comienza, de esta manera, la etapa de la alternativa de obtención dentro de la fase de definición y

¹⁵ Se entiende por solución operativa el conjunto de requisitos formulados en términos operativos o funcionales, técnicos, logísticos y físicos que deben cumplir los recursos materiales a obtener.

decisión, y en ella se seleccionará la alternativa de obtención de la solución operativa definida en los REM, donde tendrá en consideración las directrices aplicables de la política de armamento y material para que el sistema de armas cumpla ambos.

Dentro de las directrices aplicables en la política de armamento y material destaca el impulso de la industria nacional de defensa. También es un factor a tener en cuenta el impulso y compromiso que el MINISDEF tiene con la investigación tecnológica. Se considera clave que, siguiendo estos ejemplos, se empañen las conciencias de los involucrados en el proceso con la necesidad de mantener una adquisición continua de capacidades.

El documento que marca el hito documental en esta fase es el Documento De Viabilidad (DDV), dando paso a la etapa de establecimiento del programa, constituyéndose la OP y elaborando la Directiva de Programa (DDP).

4.3 Las oficinas de programa

La OP será responsable de desarrollar las tareas administrativas, de dirección técnica y control detallado de los trabajos ejecutados, incluyendo la generación de la documentación necesaria tanto para que el contratista acometa correctamente su ejecución, como para que los órganos directivos desarrollen las funciones de seguimiento, control y dirección (González, 2018). Es el órgano clave para realizar la gestión del proceso de adquisición continua de capacidades.

Es la Instrucción 72/2012 la que regula el proceso de obtención del armamento y material, y la gestión de sus programas, desarrollando las fases de ejecución y servicio. Pero también regula los procesos asociados al sostenimiento, con el objeto de que sean integrados en la planificación y programación de los recursos materiales y sean presupuestados. La adquisición continua de capacidades debe iniciarse en las fases de ejecución y servicio. En la fase de ejecución formará parte del proceso normal de desarrollo, aunque el ciclo de desarrollo de los sistemas susceptibles de esa actualización deberá tener un ciclo propio de desarrollo. Sin embargo, será en la fase de servicio donde la adquisición continua de capacidades deberá tomar su protagonismo, para ello debería encuadrarse en los procesos de obtención de recursos asociados al sostenimiento.

En la figura 6 se muestra una presentación gráfica de cómo debería incrustarse en el proceso de obtención de recursos materiales, mostrándose que una vez que se ha iniciado la etapa de producción se debería iniciar un desarrollo constante de las capacidades definidas, produciéndose entregas de software de forma iterativa y constante (presentado como un pendrive), cada cierto tiempo será necesario actualizar el software operativo (representado con un CD). Bien debido a esta evolución, bien por obsolescencias o por la necesidad de implementar tecnologías emergentes habrá que realizar cambios de diferente entidad en el hardware, que bien puede ser sustitución de tarjetas o, incluso, algún componente.

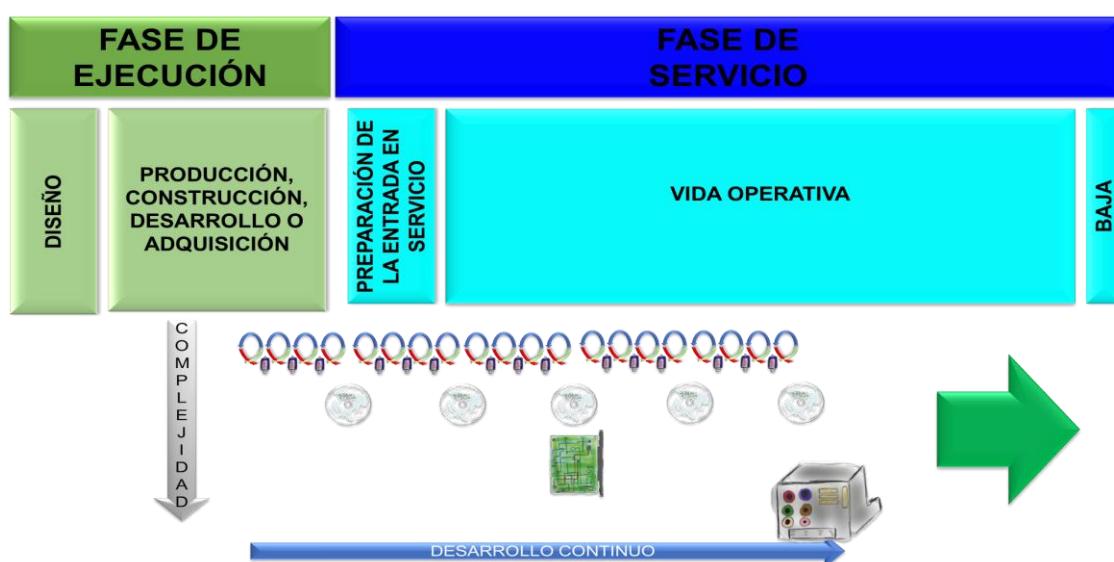


Figura 6. Propuesta de aplicación de procedimiento de adquisición continua de capacidades.

Fuente: elaboración propia.

En lo que se refiere a modernización, la Instrucción 72/2012 declara que, si durante la vida operativa del sistema o equipo es necesario abordar su modernización, se iniciará un nuevo proceso de obtención, desde su fase conceptual, que dará lugar a un programa de modernización. Es, en definitiva, la creación de un programa nuevo desde el punto cero, lo que niega la posibilidad de la adquisición continua de capacidades. Pero, por otro lado, también permite que la OP se mantenga a lo largo de toda la vida del sistema o equipo si la dimensión o la relevancia del programa así lo exigen. Siempre que esté establecido en la DDP, lo que deberá tener su reflejo en el Concepto de Apoyo Logístico (CAL), que será elaborado por el jefe del programa en coordinación con el EMAD, los Ejércitos, la Armada o la Unidad Militar de Emergencias.

La continuidad de los programas susceptibles de una actualización continua de capacidades en la DGAM permitiría beneficiarse de una mayor estabilidad financiera, aplicar la política de BTID de la dirección y, en caso necesario, la coordinación con PLATIN para la inserción de tecnologías

disruptivas cuando éstas alcancen el estado de madurez necesario. En definitiva, dado que, en la fase de operación, el reto es alinear las actividades de investigación con otras fases del proceso (Wilkinson, 2014), es fundamental aprovechar la experiencia adquirida por la OP en la fase de ejecución, así como su posición privilegiada dentro de la Subdirección de Gestión de Programas, que permite mantener una relación con todos los “stakeholders” en beneficio del programa. Por lo que debería considerarse mantener las OP en la DGAM para la gestión de la adquisición continua de capacidades.

El personal es el recurso más importante que tiene una organización, invertir en él deberá ser el primer paso para conseguir implantar Agile (Regan, Lapham, Wrubel, Beck y Bandor, 2014). Será necesario que el personal de las OPs aprenda a aplicar estas metodologías en el complejo mundo de la contratación de defensa. Las industrias que se dedican al desarrollo de software están usando esas técnicas y la falta de formación en los gestores de las OPs haría que este proceso se realice en un segundo plano, sin poder obtener los posibles beneficios, ni influenciar en la evolución de las diferentes iteraciones.

Así, esa formación en metodologías Agile permitirían:

- ✓ Identificar qué proyectos y subproyectos son susceptibles de ser desarrollados mediante Agile, decidiendo qué metodología es la mejor en cada caso.
- ✓ Gestionar los requisitos en cada una de las iteraciones para conseguir la máxima agilidad y proporcionar al usuario final el máximo valor en cada entrega.
- ✓ Aplicar técnicas de gestión de riesgos a la selección de requisitos para cada ciclo.
- ✓ Determinar cuál es el marco temporal óptimo para las iteraciones en función de un análisis de las restricciones, riesgos, necesidades operacionales y la capacidad de “embodiment” del usuario.
- ✓ Ejercer una gestión de programas cuyos pilares sean la confianza y la colaboración entre todos los “stakeholders”, rompiendo con la relación cliente-contratista basada en el contrato firmado. Entendiendo que la comunicación es fundamental para el éxito.

Las OP deberán convertirse en organizaciones más ágiles, capaces de una adaptación continua y a tiempo, sin la carga de los procesos y estructuras de difícil gestión (UK Ministry of Defence, 2018). Se necesita una transformación en los procesos de adquisición, modificando la aproximación a la gestión de programas, sus procesos y la formación del personal de las OPs, modificando los roles y procesos para adaptarlos a estas nuevas metodologías.

También será necesario establecer un modelo de contratación diferente, que dé estabilidad económica a proyectos que se desarrollan con entregas

pequeñas y frecuentes. La estructura de contratación sobre la que se desarrollan los programas en la actualidad no muestra la flexibilidad necesaria para la aplicación de metodología Agile, pues en ellas se priorizan los requisitos funcionales sobre los contractuales.

“Jera hecha no corre prisa”

Sabiduría zamorana

5 CONCLUSIONES

España no es ajena a un escenario mundial que se ha vuelto incierto, volátil, peligroso y está en continuo cambio, por lo que será obligado adaptarse a esta transformación para poder prevalecer sobre las posibles amenazas.

En estos escenarios tendrá una gran repercusión la transformación científica y técnica en la que estamos inmersos, tanto por la extensión y ritmo de los cambios como por la facilidad de acceso a las nuevas tecnologías.

Se deberá afrontar esta transformación y aprovechar sus oportunidades de progreso, proyectando las capacidades militares con la adaptabilidad suficiente para permitir a las FAS imponerse al adversario en cualquier tipo de conflicto y escenario. Sabiendo que una capacidad militar es un valor cambiante y que será el enfrentamiento el que dé la verdadera medida de ésta. Las FAS deberán adaptarse a esta situación para mantener la ventaja militar, asegurando la relevancia futura y la interoperabilidad con los aliados mediante la adquisición continua de capacidades.

El permanente cambio en el escenario presenta una gran dificultad para determinar las capacidades militares con las que las FAS deberán dotarse para esto. Sin embargo, los procesos actuales de adquisición se basan en una aproximación estructurada dividida en etapas, que no contempla la posibilidad de mantener una actualización de capacidades de forma continua y programada. Por ello, deberá incluir en el proceso un esfuerzo continuado por mantener actualizadas las capacidades, evitando que un adversario potencial pueda comprometer la superioridad en el enfrentamiento.

Los sistemas de armas se compondrán de dos tipos de tecnologías, las provenientes de la era industrial y las de la incipiente era de la información, su capacidad de combate más relevante será la de obtener, procesar y distribuir la información del campo de batalla. No se debería seguir un único ciclo de vida en la adquisición, con hitos y puntos de decisión fijos en el tiempo para todos los aspectos del sistema pues no hay posibilidad de acompañar las necesidades de actualización de los dos tipos de tecnología, al ser sus ritmos de evolución completamente diferentes.

Será necesario que los programas de adquisición se doten de flexibilidad para dirigir la actualización e inserción de las nuevas tecnologías en cada etapa del ciclo de vida de los sistemas militares, incorporando metodologías que permitan llevar a cabo proyectos de desarrollos software de forma iterativa e incremental como son las denominadas Agile.

Estas metodologías no obligan a definir los requerimientos de forma completa desde el inicio, evitando la tradicional idea de seguir especificaciones

de requisitos completas, consistentes y trazables, pues asume que estos cambiarán en el tiempo, lo que dota al proceso de la flexibilidad suficiente para adaptarse a las incertidumbres.

El proceso de obtención de recursos materiales se regula en la Instrucción 67/2011, en la que se establece una aproximación tradicional de cuatro fases divididas en once etapas que no se considera adecuada para la adquisición continua de capacidades al fijar la solución de una forma precisa en las fases tempranas, lo que impide la posibilidad de adaptarse de forma rápida y económicamente eficiente a los cambios. Por ello, debería establecerse un proceso adaptable y ágil que se prolongue durante toda la vida del sistema.

Para ello deberá reflejarse en los hitos documentales del proceso de obtención de recursos materiales la necesidad de mantener una adquisición continua de capacidades en los sistemas y/o subsistemas, para que finalmente se reflejen en el documento de Requisitos de Estado Mayor con la flexibilidad suficiente para que puedan evolucionar a lo largo del ciclo de vida del sistema de armas, lo que proporcionará a las oficinas de programas la herramienta necesaria para poder establecer la adquisición continua de capacidades.

Será recomendable que los programas susceptibles de una actualización continua de capacidades se mantengan centralizados en la DGAM en la fase de servicio, aprovechando la experiencia adquirida en la fase de ejecución, así como su posición privilegiada dentro de la Subdirección de Gestión de Programas, que permite mantener una relación con todos los “stakeholders” en beneficio del programa y, al mismo tiempo, aplicar las políticas de la DGAM.

Debería establecerse un modelo de contratación económicamente estable y que proporcione la flexibilidad requerida en la adquisición continua de capacidades, evitando priorizar los requisitos contractuales y pasando a dar la importancia a unos requisitos funcionales cuya característica será su adaptabilidad.

La adquisición continua de capacidades se deberá basar en la entrega constante de incrementos de la capacidad, tomando como prioridad satisfacer las necesidades operacionales. Para ello deberá involucrarse a todos los “stakeholders” favoreciendo un flujo de información entre estos y aceptarse la modificación de los requisitos a lo largo de todo el proceso tanto en el fondo como en las prioridades asignadas.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Boehm, B. y Hansen, W. J. (2000). *Spiral development: Experience, principles, and refinements* (No. CMU/SEI-2000-SR-008). Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Software Engineering Inst.
- Bronk, J. (2018). *Next Generation Combat Aircraft. Threat Outlook and Potential Solutions*. Royal United Services Institute for Defence and Security Studies.
- Dirección General de Armamento y Material (2015). *Estrategia Industrial de Defensa EID – 2015*. Catálogo general de publicaciones oficiales.
- Dirección General de Armamento y Material (2015). *Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID – 2015*. Catálogo general de publicaciones oficiales.
- Estado Mayor de la Defensa (2017). *Concepto de Empleo de las Fuerzas Armadas (CEFAS)* (2017). Ministerio de Defensa.
- Estado Mayor de la Defensa (2018). *PDC-00 Glosario de terminología de uso conjunto*. Ministerio de Defensa.
- Estado Mayor de la Defensa (2018). *PDC-01(A) Doctrina para el empleo de las Fuerzas Armadas*. Ministerio de Defensa.
- Fundación Aeroespacio (2004). *Impacto del programa Eurofighter en la industria española*.
- González del Campo, J.M. (2018). Tema 7: Proceso de obtención de recursos. Unidad didáctica 7.1. El proceso de obtención de recursos de armamento y material. *Apuntes del Máster Universitario en Dirección de Adquisiciones de Sistemas para la Defensa*. Centro Universidades de la Defensas de Zaragoza.
- González del Campo, J.M. (2018). Tema 7: Proceso de obtención de recursos. Unidad didáctica 7.4 Fases de ejecución y servicio. *Apuntes del Máster Universitario en Dirección de Adquisiciones de Sistemas para la Defensa*. Centro Universidades de la Defensas de Zaragoza.
- Hernández, J., y Vizán, A. (2013). Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. *Madrid: Fundación EOI*.
- Sanjurjo Jul, J. M. (2011). La innovación y la tecnología como factor estratégico diferenciador en el siglo XXI. *Cuadernos de estrategia*, (154), 23-66.
- Mengual Villadangos, A. (2017). *Propuesta de mejora de la gestión de programas internacionales en el ministerio de defensa español*. Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado de Investigación sobre la paz, la seguridad y la defensa.
- Modigliani, P. y Chang, S. (2014). Defense Agile Acquisition Guide: Tailoring DoD IT Acquisition Program Structures and Processes to Rapidly Deliver Capabilities. *The MITRE Corporation*.

NATO Support and Procurement Agency (2017). *NSPA Strategic Direction 2018-2022*.

NATO (2015). *NATO standard AAP-20 NATO Programme Management Framework (NATO Life Cycle Model)*.

NETMA (2017). *CONTRACT N-4 - Future Modifications Contract to the Eurofighter 2000 Weapon System*.

Regan, C., Lapham, M. A., Wrubel, E., Beck, S., y Bandor, M. (2014). *Agile Methods in Air Force Sustainment: Status and Outlook* (No. CMU/SEI-2014-TN-009). Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh PA Software Engineering Inst.

Rueda, M. P. (2011). La innovación y su implicación en el planeamiento de defensa. *Cuadernos de estrategia*, (154), 67-104.

Martí Sempere, C. M. (2015). *Sobre la eficiencia en defensa*. Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado.

Steinhoff, J. (1971). *The straits of Messina: diary of a fighter commander*. Deutsch.

NATO (2017). Strategic Foresight Analysis. 2017 Report. NATO.

USA Air Force (2016). Air Superiority 2030 Flight Plan.

UK Ministry of Defence. (2016). *Advantage through innovation: The Defence Innovation Initiative prospectus*.

UK Ministry of Defence (2018). *Mobilising, Modernising & Transforming Defence. A report on the Modernising Defence Programme*.

Wilkinson, M. (2014). Continuous Capability Evolution—A Practical Approach to the Acquisition of Modern Defence Capabilities.

Winter, M. (2018). *F-35 program review*.

RECURSOS LEGALES

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.

Instrucción 72/2012, de 2 de octubre, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se regula el proceso de obtención del armamento y material y la gestión de sus programas.

Instrucción General (2004): 70-12. Ciclo de vida del software de los sistemas de armas del Ejército del Aire.

Presidencia de gobierno (2012). Directiva de defensa nacional 2012. Por una defensa necesaria, por una defensa responsable.

Orden Ministerial 60/2015, de 3 de diciembre, por la que se regula el proceso de Planeamiento de la Defensa.

Real Decreto 1008/2017, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Estrategia de Seguridad Nacional 2017.

RECURSOS DE INTERNET

Armada española. (2015). Fragatas Clase 'Álvaro de Bazán' (F-100). *Armada*.

Disponible en

<http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspannola/buquesuperficie/prefLang-es/04Fragatas-F100-F80>

Ejército del Aire. (2019). Centro Logístico de Armamento y Experimentación (CLAEX). *Ejército del Aire*. Disponible en

<http://www.ejercitodelaire.mde.es/EA/ejercitodelaire/es/organizacion/unidades/unidad/Centro-Logistico-de-Armamento-y-Experimentacion-CLAEX/>

McHale, J. (2016). The Aegis Combat System's continuous modernization.

Military Embedded Systems. Disponible en <http://militaryembedded.com/articles/the-aegis-combat-systems-continuous-modernization/>

Martin, D. (2014). Is the F-35 worth it? *60 minutes*. Disponible en
<https://www.cbsnews.com/news/f-35-60-minutes-david-martin/>

Perasso, V. (2016). Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). *BBC*. Disponible en <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>

Ranchal, J. (2014). Inicios, evolución y futuro del teléfono móvil. *Muy canal*. Disponible en <https://www.muycanal.com/2014/01/31/futuro-del-telefono-movil>

Rosselló Villán, V. (2019). Las metodologías ágiles más utilizadas y sus ventajas dentro de la empresa. *Iebs*. Disponible en
<https://www.iebschool.com/blog/que-son-metodologias-agiles-agile-scrum/>

Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. *World economic forum*. Disponible en
<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>

Siegler, MG. (2010) Eric Schmidt: Every 2 Days We Create As Much Information As We Did Up To 2003. *Techcrunch*. Disponible en
https://techcrunch.com/2010/08/04/schmidt-data/?guccounter=1&guce_referrer_us=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmVzLw&guce_referrer_cs=Zml08qArbGEB9N2_ATN2ZQ

Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software. Disponible en
<https://agilemanifesto.org/iso/es/manifesto>

LA GESTIÓN DE LA ADQUISICIÓN CONTINUA DE CAPACIDADES. APLICACIÓN A SISTEMAS DE DEFENSA.

Telefónica Educación Digital. (2018). *Curso Metodologías Ágiles*. Plataforma Miriadax. <https://miriadax.net/home>

ANEXO A: MANIFIESTO POR EL DESARROLLO ÁGIL DE SOFTWARE

Estamos descubriendo formas mejores de desarrollar software tanto por nuestra propia experiencia como ayudando a terceros. A través de este trabajo hemos aprendido a valorar:

Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas

Software funcionando sobre documentación extensiva

Colaboración con el cliente sobre negociación contractual

Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan

Esto es, aunque valoramos los elementos de la derecha, valoramos más los de la izquierda.

Principios del Manifiesto Ágil

Seguimos estos principios:

Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.

Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.

Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.

Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.

Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.

El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.

El software funcionando es la medida principal de progreso.

Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.

La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.

La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.

Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos auto-organizados.

A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.

Kent Beck
Mike Beedle
Arie van Bennekum
Alistair Cockburn
Ward Cunningham
Martin Fowler

James Grenning
Jim Highsmith
Andrew Hunt
Ron Jeffries
Jon Kern
Brian Marick

Robert C. Martin
Steve Mellor
Ken Schwaber
Jeff Sutherland
Dave Thomas

El manifiesto surge de la reunión que se celebró del 11 al 13 de febrero de 2001 en el albergue de la estación de esquí de Snowbird en las montañas Wasatch de Utah, diecisiete personas se encontraron para hablar, esquiar, relajarse y tratar de encontrar puntos de encuentro – y, por su puesto, comer. Lo que salió fue el manifiesto de desarrollo de software Agile. Se juntaron representantes de las técnicas más avanzadas en programación solidarizados con la necesidad de encontrar una alternativa a los pesados procesos de desarrollo de software basados en documentación.

Fuente <https://agilemanifesto.org/iso/es/manifesto.html>

ANEXO B: PROGRAMA EUROFIGHTER

HISTORIA

El programa Eurofighter se inició formalmente en el año 1983, cuando se establecen los requerimientos operativos. Siguiendo posteriormente la siguiente cronología:

1985	acuerdo de Turín para acometer la Fase de Definición del EFA
1986	firma del MOU 1 (MOU General) y MOU 2 (Definición)
1988	firma del MOU 3 (MOU de desarrollo)
1994	primer vuelo de prototipo
1996	primer vuelo del DA6
2003	entrega del primer avión Tranche 1 a España
2008	entrega del primer avión de Tranche 2
2015	entrega del primer avión de Tranche 3A

El incremento de los costes que se ha ido produciendo en cada generación de aeronaves obligó a iniciar procesos de adquisición internacional, siendo una de las causas de ese incremento los costes de I+D (Fundación Aeroespacio, 2004).

Este programa ha constituido el mayor proyecto de colaboración realizado hasta la fecha entre países de la OTAN, para el diseño, desarrollo, producción y apoyo de un sistema de armas, tanto por su importancia económica, como por el volumen industrial y contenido tecnológico (Mengual Villadangos, 2017).

Aunque la participación en programas internacionales incrementa el precio del producto acorde a la fórmula La fórmula empírica:

$$I = \sqrt{N \cdot X}$$

Donde:

I: refleja el impacto en coste o tiempo del proyecto específico.

N: es el número de países participantes en el proyecto.

X: refleja el coste o el tiempo de desarrollo del proyecto realizado por un único país

(Mengual Villadangos, 2017).

El programa también debería permitir mejorar el nivel tecnológico e industrial del sector aeronáutico, potenciar el desarrollo de la industria aeronáutica europea, disponer del conocimiento y control de la tecnología empleada, disminuyendo la dependencia de Estados Unidos, fomentar la

creación de empleo y conseguir el máximo retorno económico (Fundación Aeroespacio, 2004).

LA APROXIMACIÓN INTERNACIONAL

El Contrato 4 denominado Contract No.4 - Future Modifications Contract to the Eurofighter 2000 Weapon System Contract No. NETMA/C5/15000/11/NR es uno de los resultados del esfuerzo para proporcionar una mejor relación calidad-precio para mejorar la efectividad e introducción de mejoras de forma continua en el EF 2000.

Este contrato regula el marco de trabajo para implementar los cambios al sistema de armas, como parte de proceso E2E y define que los tipos de tareas que se pueden utilizar: Study Task, System Definition Task, Design, Development, Demostration and Qualification (D3Q).

El alcance que definido en este contrato es identificar las actividades, las etapas del ciclo de vida y los procesos asociado a cambios y modificaciones del sistema de armas, excluido el motor y sus elementos asociados.

El concepto E2E se basa en los principios de gestión de ciclo de vida descritos en las publicaciones AAP-20 y AAP-48.¹⁶ Dividiendo este en etapas que permiten realizar el trabajo en pasos pequeños, entendibles y a tiempo. Las etapas se dividen en fases.

El uso de las fases ayuda a ajustar los requerimientos, abordando la incertidumbres y riesgos asociados al coste, la programación y las prestaciones.

Las modificaciones pueden ir desde pequeños cambios en un único elemento o complejas actualizaciones que afecten a varios subsistemas y elementos del sistema de armas.

Proceso E2E

Los cambios y modificaciones son alteraciones a una funcionalidad y/o característica física del diseño estándar sistema de armas. El proceso E2E se compone de cinco etapas. Ver figura 7.



Figura 7. Stages of the E2E Process.

¹⁶ La publicación AAP 48 define los procesos para completar las etapas con las actividades y tareas necesarias.

Este proceso está incluido dentro del ciclo de vida del Eurofighter, como se muestra en la figura 1.

Las fases en las que se dividen las etapas se desarrollan siguiendo una ruta contractual establecida. En la siguiente tabla puede verse las etapas (Stage), sus fases (Phase) y el tipo de contrato asociado (Contractual route):

E2E Process Stage	Phase	Contractual route
Pre-Concept Stage	Pre-Concept Phase	Contract No.1
Concept Stage	Study Phase	Study Task under Contract No.4
	System Definition Phase	System Definition Task under Contract No.4
Design, Development, Demonstration and Qualification (D3Q) Stage	D3Q Phase	D3Q Task (full / limited) under Contract No.4
Embodiment Stage	Implementation and Embodiment Preparation Phase	Embodiment Preparation Task under Contract No.4 Procurement of Mod Kits and spare parts production under Contract No.2
	Physical Embodiment Phase	National arrangements
Utilisation and Support Stage	Utilisation and Support Phase	Contracts No.1, No.2, No.3.

Es, en definitiva, un proceso basado en el concepto tradicional de fases reglado por una relación de contratista-cliente que usa como elemento de contratación los contratos.

LA APROXIMACIÓN NACIONAL

España ha optado por trasladar el concepto empleado en el EF-18 al Eurofighter, a través del Centro Logístico de Armamento y Experimentación (CLAEX). Principalmente en la tranche 1, una vez que el desarrollo internacional se ha centrado en las tranches 2 y 3.

La misión del CLAEX está dividida en tres tareas principales, que engloban al resto de actividades diarias:

- ✓ Experimentación, homologación y recepción de aeronaves, equipos y armamento aéreos.
- ✓ Investigación, integración, mantenimiento, catalogación, almacenamiento y distribución del armamento y munición del Ejército del Aire.
- ✓ Diseño, mantenimiento, modificación, desarrollo, validación y verificación del software embarcado de los sistemas de armas en dotación en el Ejército del Aire.

(Ejército del Aire, 2019).

El CLAEX ha modificado por primera vez tanto equipos como software de aviónica, incorporando además nuevos requisitos operacionales y mitigando obsolescencias, mediante el Ciclo de Modificación (CM) 02E, Incremento 2 (Ejército del Aire, 2019).

La I.G. 70-12 Ciclo de vida del software de los sistemas de armas del Ejército del Aire establece los procedimientos a seguir para la definición, elaboración, aprobación y control de los cambios software de los sistemas de información que forman parte de los sistemas de armas integrados que dotan al Ejército del Aire, así como el procedimiento para la gestión del Ciclo de Vida de dicho software.

El ciclo de vida de software de los sistemas de armas del Ejército del Aire se compone de tres fases bien diferenciadas:

- ✓ Fase de definición. Tiene por objeto estudiar, analizar y valorar las implicaciones que pueden suponer las modificaciones previstas a incorporar, con el fin de facilitar la toma de decisión por parte del Mando.
- ✓ Fase de desarrollo. Es una fase eminentemente técnica en la que se realizan todas aquellas actividades que aseguran la obtención de un producto final que, partiendo de la definición del programa, satisface las necesidades planteadas y se ajuste a los requisitos exigidos.
- ✓ Fase de implantación. Los cambios desarrollados en la fase de desarrollo y su incorporación al sistema de armas en los plazos establecidos.

El proceso así definido es una aproximación por fases, sin embargo, el gran éxito del CLAEX, entiende el autor se ha basado en la sinergia creada por el equipo de trabajo multidisciplinar industria-Ejército del Aire en el cual existe una comunicación cercana y efectiva en todos los niveles.

Entrevista al Capitán Luis Torres. Jefe del Escuadrón de Ingeniería de Ensayos en Vuelo.

El desarrollo de software para el F.18 del CLAEX es considerado como un éxito. ¿Puedes explicar los motivos para esta afirmación?

Con la llegada del F-18 a España, el Ejército del Aire, a través del CLAEX, decidió adquirir la capacidad de modificación del software del F-18. Tras ya más de treinta años de servicio de la aeronave en España, esta decisión ha mostrado ser un éxito estratégico debido a los siguientes factores:

- ✓ Permitió al Ministerio de Defensa español ser independiente y autónomo con respecto a las modificaciones efectuadas por EE.UU. Esto permitió que España no necesitara adquirir modificaciones requeridas por la Armada Americana, pero carentes de interés para España y, a su vez, permitió la integración de sistemas y equipos necesarios para el Ejército del Aire. En concreto pueden destacarse la integración de armamento europeo en un caza de origen americano (misiles IRIS-T, Taurus, etc) y la instalación en la aeronave de equipos desarrollados por empresas nacionales (Indra, Tecnobit, etc), bien por problemas de obsolescencia o bien al objeto de potenciar las capacidades de la industria nacional.
- ✓ Así mismo, el “know how” desarrollado por el CLAEX en materia de modificación software para el F-18 pudo ser transferido a otras plataformas del Ejército del Aire cuando así fue requerido. En concreto, se destacan las modificaciones software que en la actualidad se están desarrollando para Eurofighter y que ya están en servicio en parte de la flota.
- ✓ Finalmente, y pese a no poderse precisar cantidades exactas, según las cifras del Ministerio de Defensa, el modelo de desarrollo software nacional para F-18 ha demostrado ser, a largo plazo, notablemente más económico que la adhesión plena a los desarrollos americanos, lo cual ha permitido optimizar las partidas presupuestarias.

¿Cuáles son las lecciones aprendidas?

Tras más de 8 procesos de modificación importantes realizados en el CLAEX para F-18 y 1 para Eurofighter, se destacan las siguientes lecciones aprendidas en relación a los ciclos de desarrollo:

- ✓ Filosofía de diseño incremental: En la actualidad todas las modificaciones que van a ser implementadas en el nuevo estándar no se desarrollan de manera simultánea. En lugar de ello, los requisitos se dividen en una serie de “incrementos” que permiten ir evaluando el desarrollo y recibir realimentación gradual de las modificaciones efectuadas. Esta filosofía permite reducir el riesgo de manera notable y “escalonar” la carga de trabajo tanto de los desarrolladores como de los equipos de evaluación.

- ✓ Realimentación durante el desarrollo: En la actualidad el CLAEX dispone de una serie de Bancos de Desarrollo, tanto para F-18 como para Eurofighter. Estos entornos permiten evaluar el desarrollo, obteniéndose resultados muy similares a los que se obtendrían en una aeronave real. La experiencia ha demostrado que la participación de los equipos de evaluación en las pruebas en banco ha permitido detectar programaciones erróneas como consecuencia de requisitos mal entendidos, modificación de requisitos por encontrarse mejores soluciones al requisito propuesto, etc.

Puedes definir el ciclo de software que se usa.

El ciclo de desarrollo software que utiliza el Ejército del Aire queda recogido por la Instrucción General 70-12, de título “CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE DE LOS SISTEMAS DE ARMAS DEL EJÉRCITO DEL AIRE”, firmada su primera versión por el Jefe del Estado Mayor del Aire con fecha 19/02/93 y estando actualmente en vigor la 1^a revisión con fecha de 2004.

Esta Instrucción General define tres fases bien diferenciadas para el desarrollo software:

- ✓ Fase de definición: durante esta fase se proponen tanto los Requisitos de Alto Nivel (RAN) que requieren ser implementados en el nuevo estándar (Ejemplo de RAN: Integración del misil Taurus, Integración de la capacidad ROVER, etc.) como los Requisitos de Usuario (UR) que cualquier miembro del Ejército del Aire puede proponer (Ejemplo de UR: Modificación de la simbología de la pantalla de Waypoints a otra considerada más intuitiva, etc.). Los requisitos propuestos son analizados, filtrados y priorizados en las Juntas Técnicas de Cambios. Finalmente, se procede a la aprobación del listado de RAN y UR que comprenderán el estándar software a desarrollar.
- ✓ Fase de desarrollo: tal y como ha sido expuesto en la respuesta a la pregunta anterior, el desarrollo se realiza de manera incremental, permitiendo disponer de realimentación al personal de desarrollo y reduciendo el riesgo del programa.

Dentro de la fase de desarrollo debe incluirse la fase de Certificación del producto, para la cual deben generarse cuantas evidencias considere necesarias el organismo de certificación (en el caso de aeronaves militares, el INTA).

Fase de implantación: en esta fase, el nuevo estándar software es puesto a disposición de las Unidades Operativas quienes, siguiendo directrices del Mando Logístico, serán las encargadas de modificar las aeronaves al nuevo estándar y modificar, si procede, sus procedimientos y tácticas para maximizar las capacidades de la aeronave con el nuevo software.

¿Existen diferencias con el ciclo que usáis para el C.16¹⁷?

Debido a que la IG 70-12 está dirigida a todos los sistemas de armas del Ejército del Aire, los ciclos utilizados para C.15 y C.16 son idénticos.

¿Qué ventajas tendría basar el desarrollo de los sistemas de armas con arquitecturas abiertas y flexibles?

La idea que tengo es que el desarrollo de hardware en la actualidad se basa en modificaciones completas de software. Una estructura abierta permitiría estandarizar lo que se ha realizado con el FICE, es decir, modificar de forma rápida el software de los sensores y/o sistemas de forma continua, adaptándose a las necesidades operacionales.

En la actualidad las aeronaves permanecen cada vez un mayor tiempo en servicio, siendo normal que se superen las 3 o 4 décadas de utilización. Para permitir estos tiempos de servicio, los sistemas de armas actuales se diseñan desde su concepción contemplando que tanto su hardware como software va a tener que ser modificado en múltiples ocasiones durante su vida útil.

En la actualidad, filosofías como la “aviónica integrada modular” permiten estandarizar los protocolos de comunicación entre los diversos equipos de la aeronave (buses de comunicación a utilizar), definir las funciones que cada subsistema debe realizar, contemplar los diferentes escenarios de degradación ante fallos, definir los lenguajes de programación a utilizar e incluso estandarizar las dimensiones y conectores de algunos equipos. Esta estandarización debe ser verificada igualmente por el armamento de las aeronaves, a fin de facilitar su integración.

Por lo tanto, arquitecturas estandarizadas como la anteriormente descrita permiten reducir la complejidad del proceso de modificación o integración, reducir costes y riesgos, facilitar el proceso de certificación, mejorar la interoperatividad entre plataformas y, en definitiva, facilitar la actualización de las capacidades de los sistemas de armas a lo largo de toda su vida útil.

¿Crees que se podrían usar tecnologías Agile en esos sistemas de armas? No sé si estás familiarizado con estas metodologías. Si no lo estás, cambiaría la pregunta a ¿Qué ciclo de desarrollo software crees que sería adecuado? Para comparar con el actual.

No estoy familiarizado con las “tecnologías Agile”, respondo a la pregunta “¿Qué ciclo de desarrollo software crees que sería adecuado?”

En opinión del que suscribe, tanto el sistema de armas F-18 como Eurofighter son aeronaves diseñadas de manera modular y para las cuales la experiencia ha demostrado que el ciclo actual de desarrollo software utilizado por el Ejército del Aire es adecuado. No considero que fuera necesario una modificación al ciclo teórico utilizado actualmente ya que permite la puesta en servicio de los

¹⁷C.15 es la denominación del F-18 en el Ejército del Aire y C.16 se refiere al Eurofighter.

requisitos propuestos en plazos razonables (idealmente entre 2 y 3 años desde la definición de requisitos hasta tener el producto certificado y operando en las Unidades).

En la actualidad, los posibles retrasos que pudieran ocurrir en relación a las modificaciones de las flotas de F-18 y Eurofighter, podrían achacarse más a recursos materiales y personales insuficientes y a productos a integrar no suficientemente maduros, más que al concepto teórico del ciclo de integración utilizado.

Finalmente se destaca también que, tras la modificación al Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa, la certificación de los productos desarrollados por el CLAEX pasa a ser responsabilidad del INTA en lugar de serlo del Ejército del Aire como venía realizándose. El hecho de que la responsabilidad recaiga en el INTA, al ser un organismo externo, puede suponer retrasos no previstos en el proceso de Certificación, lo cual acabe demorando la puesta en servicio del producto final. Se propone que el INTA pudiera tener especialistas en certificación integrados en los equipos de desarrollo que estén informados en tiempo real del estado de progreso de los desarrollos efectuados, reduciéndose con ello el riesgo de posibles retrasos posteriores.

ANEXO C: PROGRAMA FICE

FICE es el acrónimo de FLIR-IRST CAPABILITY ENHANCEMENTS

El FLIR-IRST es un desarrollo específico para el avión de combate Eurofighter Typhoon, dicho desarrollo ha sido llevado a cabo por un consorcio internacional en la que participaron industrias de España, Italia y Reino Unido.

En el 2013, tras la fase inicial del desarrollo se inició una fase de actualización con el objeto de mejorar las prestaciones del sistema. Este programa se denominó FIP (FLIR Improvement Program) y fue liderado ha sido liderado por las compañías LEONARDO y TECNOBIT.

Las circunstancias propias de cada compañía han ido evolucionando desde el año 2013 y LEONARDO optó por realizar un desarrollo propio asumiendo en el mismo las funciones que previamente eran realizadas por TECNOBIT.

Ante esta situación y tras evaluarse todas las opciones, se optó por realizar un desarrollo nacional que permitiese seguir desarrollando esta tecnología clave. De esta forma se lanzó el programa FICE.

Un sistema IRST (Infra Red Search and Tracking) es un sistema de vigilancia y apuntamiento pasivo, basado en la emisión infrarroja de los blancos. El sistema es capaz de automáticamente detectar, clasificar y seguir simultáneamente blancos aéreos.

Para conseguir que el sistema provea un valor operativo en las diferentes misiones a realizar, los algoritmos y su implementación dentro del sistema deberán:

- ✓ Funcionar de forma automática, evitando al operador carga de trabajo innecesaria.
- ✓ Proveer con fiabilidad la detección y seguimiento de los blancos a las distancias requeridas para la operación.
- ✓ Tener un nivel de falsas alarmas muy reducido, de forma que tanto el sistema de combate como el operador confíen en las salidas del sistema.

El punto de mayor dificultad es precisamente el de evitar las falsas alarmas, pues al ser un elemento pasivo, en el que no se tienen distancias de forma directa, diferenciar la fuente de calor de un sistema aéreo que sobrevuela otras fuentes de firma infrarroja similares es el gran reto.

El programa se lanzó como un programa iterativo en el que se desarrollasen las capacidades de forma progresiva. Las entregas de versiones de software se plantearon para que fuesen anuales, pues el esfuerzo de cualificación necesita de elementos clave que son muy solicitados.

El programa se dividió en cinco (5) años con unos hitos y entregas fijos. Sin embargo, la realidad ha obligado a modificar esta programación de manera casi constante, bien sea por las dificultades técnica, por la falta de disponibilidad de elementos cualificación. Sin embargo, ese inconveniente ha permitido comprobar que se puede desarrollar un programa de éxito si se aplican los principios de las metodologías Agiles, principalmente confianza y colaboración. Se han realizado cambios a la versión en proceso de integración en un margen de días.

A continuación, se reproduce la entrevista a Jorge Giménez.

Entrevista a Jorge Giménez. Director de Sistemas. Tecnobit.

Buenos días Jorge, hoy estamos aquí para hablar del programa FICE como un programa de actualización continua. Pero antes de empezar, ¿podrías dar una breve descripción del programa?

El programa, básicamente, lo que intenta es tener en un desarrollo nacional toda la capacidad IRST del equipo, que anteriormente estaba distribuida entre los tres partners del consorcio del equipo y lo que hemos hecho es un programa para desarrollar toda la capacidad en España, y en particular en Tecnobit.

¿Cómo se consigue esta capacidad?

Tecnobit cuando empezó en el programa del IRST para EF-2000, no tenía ninguna experiencia previa en infrarrojos, ni en procesamiento de imágenes. Eso fue en el año 92 y durante el de desarrollo de Eurofighter, en este programa hemos ido adquiriendo esa capacidad cada vez mayor de entender el funcionamiento de infrarrojos, de procesamiento, del hardware de aviónica y eso es lo que nos ha permitido, en un momento determinado, lanzar nuestro propio desarrollo interno, que luego apoyado con los programas de DGAM ha permitido llegar hasta el proyecto del FICE.

Y ahora, con el objeto de situarnos en contexto, ¿podrías hablar de Tecnobit especialmente dentro del campo de la tecnología aplicada a sistemas de defensa?

Básicamente Tecnobit desde que se inició su andadura en el año 84 se dedica a productos de defensa. Tenemos dos o tres líneas de negocio, como son la parte de comunicaciones tácticas, la parte de optrónica, la parte de aviónica y la parte de simulación. Pero todo orientado al mundo de la defensa y al servicio a las Fuerzas Armadas.

¿El programa FICE ha repercutido en el Know How de la empresa? ¿Ha existido una "transferencia de tecnología a otros programas desarrollados en Tecnobit?

Durante todo el desarrollo de Eurofighter hemos ido adquiriendo esa capacidad de lo que se denomina IRST, que es la búsqueda y seguimiento de blancos en Infrarrojos. Eso no empezó con el FICE, si no que empezó mucho antes, con el programa de desarrollo en el que se ha ido avanzando poco a poco. Efectivamente, el conocimiento que acumulamos en Eurofighter lo hemos podido aplicar en la nueva Fragata F-110, para la que estamos diseñando el IRST. Con lo cual, vemos que es un nicho tecnológico en el que cada vez vamos abriendo más nuestro campo a diferentes aplicaciones.

El programa FICE es un programa, que podría considerarse de actualización continua. ¿Por qué?

Sí, porque el programa FICE se lanzó con algunas limitaciones. Limitaciones no en el sentido de económico, sino en que tenemos un equipo hardware, que es el que está certificado en el avión, que tenemos calificado y en el que sólo podemos actualizar el software. Actualizar la funcionalidad del equipo sin tocar interfaces, sin tocar el hardware.

Entonces desde ese mismo momento, tuvimos que pensar cómo incluir las nuevas capacidades en el sistema, adaptándonos al equipo existente, sin modificar interfaces. Hacer una nueva versión de software que tenga el cien por cien de las capacidades en la primera entrega no es la mejor opción, sino que lo óptimo es ir evolucionando y cambiando lo que hay paso a paso, porque es lo que menos riesgo introduce y donde se va viendo ganancias incrementalmente durante la evolución de programa.

El programa es un desarrollo que utiliza lo que podríamos denominar Inteligencia Artificial. Es en concreto una tecnología software que se ha desarrollado en los últimos años. Sin embargo, trabaja sobre un HW anterior a la posibilidad de desarrollo basado en IA. ¿Cómo crees que debería desarrollarse la base HW, y su desarrollo, cuando se plantea en un programa de evolución continua desde el principio?

Hay que tener en cuenta una cosa y es que, de alguna forma, la manera de diseñar y conceptualizar equipos o sistemas para defensa ha cambiado en los últimos años por la capacidad de cálculo que ahora tienen los nuevos procesadores y los nuevos dispositivos. Eso ha dado un giro brutal a los próximos diseños.

Antes de esta evolución, lo que limitaba el diseño era el hardware, era lo que tú podías hacer con el hardware existente. Ahora el hardware ya no es el límite, el límite es el software que tú puedes integrar en ese hardware. Entonces, ¿cómo vemos que sería un programa iniciado completamente en el que pensemos que es de evolución continua de la funcionalidad? Tienes que partir de un hardware inicial, que te permita toda la flexibilidad del mundo para luego poder incluir actualizaciones de software lo más rápido posible. ¿Y cómo se consigue eso? Se consigue con un buen estudio de las prestaciones que necesitas, para que desde un primer momento el hardware te permita las prestaciones y utilizando tecnologías que sean abiertas, que sean estándares.

¿COTS?

No COTS en el sentido que tengas que comprar el dispositivo a un fabricante, sino que los interfaces definidos tanto internamente como externamente permitan utilizar ese dispositivo de un fabricante o uno que lo diseñe a medida para esa función.

El hecho que los interfaces no sean propietarios, evita que te esclavices a un fabricante en particular, y permite que puedas elegir si lo diseñas o si lo compras. Por ejemplo, eso lo hemos hecho en la F-110. Aunque sea un poco fuera de lo que estamos hablando, es un procesador con un número elevado de tarjetas de procesamiento y ahí tomamos una decisión, que toda la arquitectura era COTS, basada en arquitectura abierta, en la que nosotros desarrollamos a medida un Hw de tarjeta de procesamiento, que repetíamos 40 veces en el equipo con diferentes funcionalidades. Por otro lado, dos o tres tarjetas, que eran más simples, las compramos a un fabricante externo ya que no se justificaba el desarrollo a medida por la relación coste/beneficio. De forma que tenemos la flexibilidad del mundo a medida, pero dentro del mundo COTS, que es lo que da la eficiencia en cuanto a costes.

Pues en ese sentido, el diseño de hardware debe introducir toda la capacidad de cálculo disponible en ese momento para la funcionalidad prevista y que dicho hardware te permita luego evolucionar el software con flexibilidad. Porque el software avanza rápidamente, las tecnologías, como la inteligencia artificial no son algo nuevo. Ese tipo de algoritmos y este tipo de procesamiento se inventaron hace 30 o 40 años, pero no había hardware disponible para poder operarlo en el entorno de un avión o un barco, era imposible.

Solamente ha sido cuando los fabricantes de componentes han dado la suficiente capacidad de cálculo, que se ha podido aplicar a nuestros productos. Y efectivo en el sentido de que se puede tener una idea de que eso puede funcionar, pero hasta que no lo pruebas y realmente lo pones en tu aplicación en tus requisitos particulares de aplicación, no sabes cómo van a comportarse. Por ejemplo, las redes neuronales han ido evolucionando una vez que se han aplicado a nuevas tecnologías, como por ejemplo, el procesamiento de imágenes. El procesamiento de imagen es muy particular ya que tiene unas necesidades de cálculo tremendas y las redes neuronales que finalmente utilizamos son muy especializadas para el procesamiento de imagen. Estas redes evidentemente no se pueden desarrollar hasta que no lo se aplica realmente y se tienen en cuenta todos los requisitos, tanto operativos como de tiempo, consumo y espacio

Así es como lo vemos, un hardware estándar que te permita modificar y evolucionar la aplicación, que sea abierto en el sentido que puedas utilizarlo en el futuro o cambiarlo, y herramientas software o de lógica programable que te permitan luego ir modificando rápidamente.

Por otro lado, la aplicación de nuevos métodos de programación da una ventaja brutal a la hora de tener rápidamente resultados. Actualmente, el estado de la

tecnología actual para desarrollo aplicamos el ciclo tradicional de cómo hacer el diseño del SW, la metodología de diseño, desarrollo, codificación y pruebas. Existe una nueva tendencia que se basa en el diseño de modelos y simulación, que requiere mucho más esfuerzo en la parte de especificación y diseño, pero mucho menos en la parte de codificación y pruebas. Son diferentes paradigmas pero que parece que con la complejidad que nos vamos a ver en el futuro en el software va ser mucho más eficiente ir a ese tipo de tecnologías de diseño basado en modelos y de simulación antes de lo que es el típico ahora de codificación y pruebas una vez en el dispositivo.

Hablando del SW, ¿cómo debería plantearse su desarrollo?

Yo creo, y así lo planteamos en el FICE, que los programas de desarrollos de capacidades, que al final van a ser de software, se tienen que plantear como un todo desde el inicio, pero como un todo con flexibilidad. A lo largo del desarrollo te vas encontrando con obstáculos o con nuevos caminos que te pueden ayudar a tener un producto mejor.

Pero sí que es cierto que es importante fijarse plazos relativamente cortos, que en nuestro entorno debido a la dificultad de integración el año parece que es lo viable. En ese año debes marcar unos objetivos claros y al final del periodo del tiempo que evaluar y tener al menos el 80 % de lo que inicialmente te habías marcado como objetivo. ¿Por qué? Porque puede ocurrir que al inicio tienes unas ideas de qué capacidad y qué funcionalidad puedes incluir, pero cuando se madura a través de 3, 4 o 5 años puede ocurrir que no sea lo más eficiente lo que pensaste inicialmente o lo que realmente te encuentras por el camino es mucho mejor que lo que previste.

En ese sentido, hay que ser pragmático, marcarse unos objetivos y no pensar que el éxito sólo es alcanzar el 100 por 100 de los objetivos, si no que a lo mejor el 80 o el 85 por ciento de los objetivos, que te marcaste inicialmente, sería más que razonable pensar que eso es el objetivo cumplido. En el desarrollo de SW el último 20% de la funcionalidad requiere mucho más esfuerzo que el primer 80%

Porque la tecnología, sobre todo cuando hablamos de estas capacidades de software y de funcionalidades, no es tan fácil planificarla a futuro. Por ejemplo, la detección automática de blancos y de cómo hacerlo, ligado con las falsas alarmas, es algo que es difícil. Inicialmente se puede plantear: con estas herramientas y este proceso se va a llegar hasta este objetivo. Pero por el camino te puedes encontrar otra forma de hacerlo que te va a dar mejor resultado que puede requerir un poco más tiempo. Entendiendo que hay unas necesidades que hay que cumplir en el tiempo y que la flexibilidad no signifique un retraso de 10 años en hacer el proyecto.

Lo que se puede ver con esta aproximación es un poco de tecnologías Agile, SCRUM. Lo que parece evidente es que entregar un producto inicial que funcione desde el primer instante con unas capacidades NO finales es una de las grandes ventajas, para luego desarrollar con diferentes posibles opciones que deberán evolucionar por el camino. Esa primera capacidad

es fundamental, no ir a un producto final que a lo mejor por las obsolescencias del paso del tiempo no tienes lo que a lo mejor necesitas. ¿Es una aproximación de este tipo lo que tú estás planteando?

Sí. Teniendo en cuenta que SCRUM y Agile se desarrolló para unos entornos más comerciales y que nosotros a la hora de desarrollar software para aplicaciones aeronáuticas tenemos ciertos procesos que no nos permiten utilizar SCRUM tal y como se plantea. La parte de certificación del software requiere de cierta metodología que no da esa flexibilidad. Pero, sí básicamente como concepto es lo que decía.

En este programa ha habido una interacción con el usuario final, tanto con el CLAEX, como con las propias unidades. ¿Es una necesidad real? ¿Qué importancia tiene en este tipo de programas de desarrollo de capacidades militares interactuar con el lado operacional?

En nuestro proyecto tienen dos ventajas fundamentales y están relacionadas.

La primera es que este equipo es la primera vez que se monta en un avión, es decir, no hay otro avión anterior en el Ejército del Aire que tuviese un equipo como el IRST. Es cierto que pretendemos que el IRST funcione como un radar pasivo, pero una cosa es que el modo de funcionamiento sea similar al de un radar y otra es que las prestaciones que dé el equipo sea igual que el radar. Desde ese punto de vista, interactuar con el usuario, tanto con el CLAEX como con los operadores nos permite explicar qué es lo que pueden esperar del equipo. Si no se hace este tipo de interacción, los operadores que están acostumbrados a cómo funciona un radar y a sus prestaciones pueden tener expectativas diferentes a lo que se encuentren en el IRST, ya que tiene ciertas diferencias con respecto al radar tradicional que es fundamental que se entiendan para sacarle el mejor rendimiento al equipo.

Y la segunda, porque a partir de ahí el operador, que es el que conoce realmente como va a utilizar el equipo y para qué lo quiere, puede explicar cómo tiene que funcionar. No cómo debe funcionar internamente, sino cuáles son los resultados que tiene que producir y cuál es la operación del equipo que es óptima para él.

Y, además, dónde puede evolucionar.

Exacto, yo creo que eso es crítico. El que la industria funcione por su cuenta, en modo ingeniero que dé un equipo final terminado al operador, puedes encontrar cierta desconexión entre las prestaciones y las necesidades que generen cierta frustración por parte del operador, al no encontrar lo que él espera se pierde la confianza en el mismo.

Esto puede tener múltiples razones, desde que no se ha explicado los fundamentos y prestaciones, que no se tiene una doctrina de cómo operar el equipo, hasta que no es a lo que está acostumbrado por lo que tiene que cambiar toda su mentalidad.

Si eso ocurre cuando el equipo ya está acabado, los impactos en coste y confianza para el futuro del equipo pueden ser enormes. Entonces, yo creo que

sobre todo en estos métodos de obtención de funcionalidades rápidas que se apliquen lo antes posible, es fundamental que esté involucrado el operador, porque se desarrolla según lo que necesite.

Con tu experiencia adquirida, ¿cómo debería plantearse la implementación de una capacidad en un sistema de armas?

Yo creo que hay básicamente tres fases que tendríamos que tener en cuenta para un sistema nuevo.

Primero sería identificar los factores claves, que limitan el desarrollo de un sistema como estos. Por ejemplo, en un sistema infrarrojo, lo principal es qué alcance necesitas y qué sensores tienes, porque no hay tantos en el mundo y no es algo que se pueda controlar. Con lo cual, la primera fase es identificar las tecnologías clave y realizar algún proyecto de mitigación de riesgos o de desarrollo de tecnologías que asegure que vas a conseguir los objetivos en un plazo razonable de tiempo.

La segunda fase sería hacer una buena identificación de las características clave del equipo y hacer el desarrollo del hardware. Qué Hw se va a meter en el avión y por tanto vas a certificar ya que posteriormente no se puede cambiar tan fácilmente. Junto con la definición del Hw hay que definir cuáles son las capacidades iniciales y sus prestaciones y el plan de introducción de capacidades software sobre él.

Y la última fase es la evolución de las capacidades. Una vez se ha entregado el equipo con la primera versión de capacidades, cómo van a evolucionar las funcionalidades y capacidades del equipo mediante la modificación del Sw. En esta fase es fundamental la contribución de los operadores para dirigir esta evolución en función de las necesidades de cada momento

Eso es lo yo considero que son las tres fases fundamentales que habría que pensar.

Cómo consideras de importante la flexibilidad en la contratación en este tipo de desarrollos.

Lo que decíamos inicialmente, si imaginamos un programa de desarrollo de capacidades software durante cinco años, es fundamental para las empresas el tener, de alguna forma, ese horizonte cubierto en cuanto a viabilidad.

Es evidente que, cumplir con las prestaciones que se piden al equipo es condición necesaria, pero suponiendo que se va cumpliendo con las expectativas del cliente y que se van entregando las capacidades en su momento y con su calidad, es importante tener ese horizonte temporal para el mantenimiento de los equipos, y me refiero al equipo de personas.

El poder variar las especificaciones o plazos es lo que te da esa capacidad de optimizar a lo largo del tiempo. Pero es necesario cambiar la mentalidad sobre fijar una especificación con unos requisitos de un equipo y solamente realizar la aceptación una vez que la entrega los cumple. La capacidad de adaptarse en

cada entrega, a lo que se ha acordado. Por un lado, puede ser alguna nueva función que el operador necesita que se introduce rápidamente en el siguiente ciclo, como algo que a la empresa le ha costado más trabajo y va a tardar algo más en entregar.

Por eso, en ese sentido es mejor un programa continuo de desarrollo que sea colaborativo, más que basado en una especificación y entrega de equipo.

Hablemos, para finalizar, de DGAM. ¿Crees que la experiencia debería aplicarse a la Adquisición de Sistemas de Defensa en los que el componente tecnológico fuese una parte sustancial de esa capacidad?

Yo creo que sí. Es evidente que esto no aplica en una plataforma, como puede ser un avión, en su totalidad. Pero si pensamos en todas las capacidades inteligentes del mismo, tales como el procesamiento de sensores o integraciones en red, todo lo que es el sistema de misión, la inteligencia del avión, creo que es fundamental aplicar este tipo de nuevo paradigma de diseño y de obtención de capacidades.

**LA GESTIÓN DE LA ADQUISICIÓN CONTINUA DE CAPACIDADES.
APLICACIÓN A SISTEMAS DE DEFENSA.**