

# Desafíos de la digitalización en la ingeniería militar

*Jesús C. Gómez Pardo*  
*Manfredo Monforte Moreno (Introducción)*  
Academia de las Ciencias y las Artes Militares  
Sección de Prospectiva de la Tecnológica Militar



## Introducción

Por amistad personal y proximidad profesional con el autor, me ha llegado el artículo que hoy tengo el honor de presentar y que considero de rabiosa actualidad, especialmente porque tanto las máximas autoridades del Ministerio de Defensa como la cúpula de los Ejércitos, la Armada y la Unidad Militar de Emergencias, hacen continua referencia a la transformación digital como motor del cambio en la necesaria modernización de nuestras Fuerzas Armadas. Se trata de un tema candente y de suma importancia que el general Gómez Pardo aborda con amplitud y rigor y que relaciona con la ingeniería militar, en la que caben los técnicos de uniforme y de paisano, tanto si trabajan para la administración militar como en sus empresas suministradoras.

En las siguientes líneas se analizan las circunstancias y efectos de dicha transformación en el Ejército de Tierra, inmerso en el nuevo concepto Fuerza 35 y se concretan en su logística, justo cuando se acaba de anunciar el megaproyecto Plan de Concentración de órganos Logísticos del Ejército (COLCE) que constituirá una gran base logística en las cercanías de Córdoba. La aproximación del autor pude ser de gran interés para el resto de las Fuerzas Armadas y el sector industrial de la defensa y la seguridad.

La Academia de las Ciencias y las Artes Militares, en su afán por promover la cultura de defensa y el conocimiento sobre las Fuerzas Armadas, debe hacerse eco de trabajos, estudios y opiniones que amplíen la visión y sensibilidad de la sociedad

ante los asuntos militares, y la transformación digital es una cuestión básica para entender la evolución iniciada.

## **Desafíos de la digitalización en la ingeniería militar**

Las sociedades actuales están envueltas en un proceso de transformación digital originado por la rápida eclosión de tecnologías disruptivas que están introduciendo profundos cambios en nuestra visión de un mundo globalizado y en la manera de relacionarnos. La digitalización de cualquier entidad genera importantes variaciones en sus estructuras, adaptando su organización a la gestión por procesos, optimizando sus métodos de trabajo, modificando las relaciones entre sus diferentes áreas de actividad y, por encima de todo, transformando la mentalidad de los individuos que la componen. Los Ejércitos y la Armada, como parte integrante de la sociedad, se ven sometidos al impacto de la transformación digital y de la revolución industrial subsecuente (industria y logística 4.0), que será, probablemente, mayor que en otros ámbitos del sector público por la cantidad de áreas tecnológicas a las que afecta. La ingeniería militar va a resultar determinante en todo el proceso, tanto por el importante componente tecnológico subyacente en el mismo, como por el carácter transversal de los procesos y actividades de ingeniería.

## **La transformación digital en el Ministerio de Defensa**

El Ministerio de Defensa (MINISDEF) aprobó en 2018 la primera parte del Plan de Acción para la Transformación Digital (PATD)<sup>1</sup>, enmarcado en la estrategia de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) de la Administración General del Estado (AGE) y alineado con un amplio marco normativo en el contexto de los sistemas de información y comunicaciones<sup>2</sup>. Esta primera parte, dirigida a las relaciones del MINISDEF con el resto de la AGE, se ha completado recientemente con la segunda fase del plan, aprobada en 2020<sup>3</sup>, alcanzando así todos los ámbitos funcionales y operativos del Ministerio y el desarrollo de todas sus misiones y cometidos.

Las actuaciones del PATD están organizadas según las siguientes dimensiones: procesos funcionales y operativos; datos, información y conocimiento; y

---

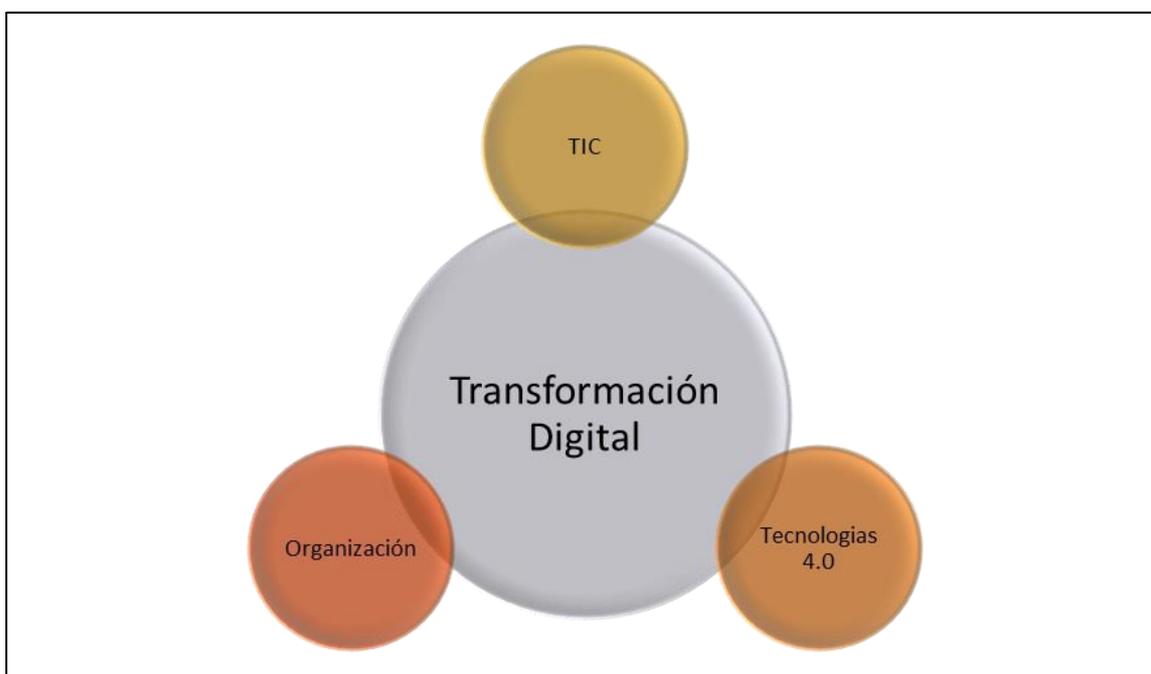
<sup>1</sup> Instrucción 33/2018, de 6 de junio, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba el Plan Estratégico de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa.

<sup>2</sup> Política CIS/TIC, Plan Estratégico de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (PECIS), de la Política de Seguridad de la Información, Plan de Actuación para la Seguridad de la Información (SEGINFO) y estrategia de información del MINSIDEF.

<sup>3</sup> Instrucción 14/2020, de 15 de abril, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba la segunda parte del Plan de Acción del Ministerio de Defensa para la Transformación Digital.

racionalización de sistemas para la prestación de servicios CIS/TIC<sup>4</sup>, que constituyen los pilares de la transformación digital<sup>5</sup>, establecidos por la Secretaría de Estado de Defensa (SEDEF).

Sin embargo, en sentido amplio, el proceso de transformación digital se sustenta sobre tres pilares fundamentales (ver Figura 1). El primero de ellos es el cambio de paradigma que afecta al capital humano de la organización, requiriendo el compromiso de todos y cambios organizativos, en los procesos de trabajo y en la actitud de las personas. El segundo pilar es la incorporación de las nuevas tecnologías en todas las áreas de la organización, potenciando sus capacidades y aportando eficiencia. Y el tercer pilar consiste en la integración de los dos pilares anteriores mediante empleo de las TIC, con un enfoque orientado al dato, como medios facilitadores del intercambio de la información y del conocimiento.



**Figura 1. Pilares de la Transformación Digital.**

El concepto amplio de transformación digital implica la integración tecnológica que englobe, no solo a las tecnologías emergentes contempladas en el PATD sino también al conjunto de tecnologías disruptivas que quedan fuera del dominio de las TIC. Como se comprobará a lo largo de este artículo, estas tecnologías serán clave en la modernización de las Fuerzas Armadas (FAS).

---

<sup>4</sup> En el ámbito de la Defensa, se utilizan indistintamente los términos "CIS", "TIC" y "CIS/TIC" para referirse a los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

<sup>5</sup> Instrucción 58/2016, de 28 de octubre, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba el Plan estratégico de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa.

Centrándose en el dominio de la información, la estrategia de la información del MINISDEF<sup>6</sup> consiste en “...caracterizar y tipificar la información para facilitar su mejor aprovechamiento como recurso estratégico para el Ministerio de Defensa y así alcanzar la mejor gestión y la superioridad de la información, a través de la integración de usuarios, procesos, productos de información, equipos y servicios CIS/TIC, y de una adecuada estructura de gestión de la información”.

En consonancia con dicha estrategia, se ha constituido la Plataforma de Armonización para la Gestión de la Organización (ARGO), que se encargará, de manera sincronizada, del planeamiento, dirección, coordinación, ejecución y control de los procesos de trabajo de cualquier departamento en la organización.

Esta plataforma incorporará tanto los sistemas actuales de información (específicos y corporativos) como los nuevos sistemas que pudieran implementarse en el futuro. Contará, además, con sistemas para la gestión, el modelado y la automatización de los procesos. Utilizará las tecnologías 4.0 para la analítica de datos, la inteligencia artificial, la robotización de procesos o la interoperabilidad, así como herramientas de gestión documental y otros elementos que, de forma conjunta, permitan establecer un sistema eficaz para la gobernanza de los datos.

En definitiva, los objetivos de ARGO, sobre la que se modelarán los procesos de trabajo conjuntos y específicos, serán favorecer la calidad, la agilidad, el análisis y el ahorro de recursos, eliminando así duplicidades. La plataforma se establecerá en el Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y Comunicaciones (CESTIC), dependiente de la SEDEF, estando plenamente integrada en la Infraestructura Integral de Información de la Defensa (I3D).

Sobre la I3D hay que decir que se trata de la nueva infraestructura tecnológica que, de acuerdo con los principios, finalidad, ejes estratégicos y directrices de la Política de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa<sup>7</sup>, permitirá a todas las Unidades, Centros, Organismos (UCO), en las que se incluyen instalaciones, buques, aeronaves, vehículos, etc. y usuarios del Departamento, el acceso eficaz a los recursos de telecomunicaciones e información de la Defensa. Este acceso se podrá llevar a cabo desde cualquier situación geográfica, en todo momento, de forma segura, garantizando la interoperabilidad y una mayor eficacia en el empleo operativo de las FAS, en el ámbito de la OTAN, de la Unión Europea (UE) y de las organizaciones internacionales en las que España participe.

---

<sup>6</sup> Orden DEF/1196/2017, de 27 de noviembre, por la que se establece la Estrategia de la Información del Ministerio de Defensa.

<sup>7</sup> Orden DEF/2639/2015, de 3 de diciembre, por la que se establece la Política de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa.

## **La transformación digital en las Fuerzas Armadas**

La necesidad de implantar un modelo de gestión de la AGE más eficiente y ágil en sus repuestas a un entorno muy volátil, obliga a preparar sus estructuras para una adaptación continua al cambio y a acometer su transformación digital. El MINISDEF, como parte de la AGE, ha iniciado el proceso de transformación digital que va a impactar profundamente en sus estructuras actuales. En consonancia con el rumbo hacia la digitalización de las estructuras del Estado, las FAS deben evolucionar hacia una organización capaz de responder al ritmo acelerado de la evolución de sus formas de actuación.

El RD 521/2020, de 19 de mayo, por el que se establece la organización básica de las FAS, proporciona la estructura básica común de las FAS, facilitando la adaptación organizativa en un entorno en continua evolución, sin menoscabo de la homogeneidad organizativa. Establece, asimismo, que la organización de las FAS debe ser capaz de adaptar sus estructuras, de manera continua, a las posibilidades crecientes de las nuevas tecnologías. El modelo organizativo debe, por tanto, evolucionar hacia un modelo centrado en el conocimiento y las personas, versátil flexible y ágil que permita reaccionar y adaptar sus estructuras con la rapidez precisa para dar respuesta a las exigencias del entorno, en permanente evolución, como corresponde a la actual era digital.

Por su parte la OM 26/2020, de 11 de junio, para la que se establecen los principios básicos comunes de la organización de las FAS determina que el modelo de organización de las FAS, deberá estar alineado con el proceso de transformación digital del MINISDEF y basarse en la gestión por procesos como modelo principal a emplear para el desarrollo de la actividad, tanto de carácter específico como conjunto.

La Orden DEF/707/2020 de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica de la Armada, sigue los criterios establecidos por el RD 521/2020 y la OM 26/2020 y modifica su organización para una gestión por procesos. De esta manera, el concepto de Armada 4.0 preside la transformación digital de la organización. A modo de ejemplo y sin ánimo de ser exhaustivos, la Armada ya se está utilizando maquetas y gemelos digitales en el desarrollo de sus nuevas plataformas navales, como el S-80 o la F-100, asimismo, está desarrollando un Sistema Integrado de Sostenimiento, basado en las nuevas tecnologías con el que la JAL implantará el concepto de sostenimiento 4.0, o también está llevando a cabo el programa de I+D “Sostenimiento Predictivo basado en Redes Neuronales” (SOPRENE) con la finalidad de explorar la aplicación de la inteligencia artificial para el análisis y explotación de datos en operaciones de mantenimiento predictivo.

Por su parte, la Orden DEF/709/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica del Ejército del Aire (EA) sigue los mismos criterios. De las iniciativas del EA relacionadas con la transformación digital cabe reseñar la “Base Aérea Conectada Sostenible Inteligente (BACSI)” en la que se implementarán las tecnologías 4.0 y que tendrá notables sinergias con el proyecto de la “Base Logística del ET” del que se hablará en el siguiente punto.

## **La transformación digital en el Ejército de Tierra**

El Ejército de Tierra (ET), mediante una Directiva<sup>8</sup> del Estado Mayor del Ejército (EME), aborda los tres pilares de la transformación digital<sup>9</sup>. En esta Directiva se desarrolla y refuerza el PATD, estableciendo los objetivos y tareas iniciales para acometer la transformación digital en su seno. Organiza la Gestión de la Información y el Conocimiento (GIC), con la finalidad de adoptar un modelo de organización basado en la gestión por procesos, centrado en el conocimiento y en las personas, como base para obtener la superioridad de la información. Con todo ello, se logrará la actualización del Sistema de Mando y Dirección del Ejército (SIMADE) a un concepto 4.0 que potencie la cadena orgánica y simplifique las relaciones funcionales.

La segunda fase del PATD supone, además, el alineamiento entre el proceso de transformación digital y el proyecto de Fuerza 35, y con el concepto de “Organización Orientada a Misión” (OOM), en el que se basa la estructura del ET (Orden DEF/708/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica del ET). De acuerdo con este concepto, *“El ET ha desarrollado un proyecto de organización de la Fuerza que pretende agrupar sus unidades en función del tipo de operación prioritario para el cual han de prepararse, disponiendo así de una estructura más adecuada para responder a los riesgos y amenazas que deban afrontar. Con ello se persigue facilitar la generación de las estructuras operativas que demande el Jefe de Estado Mayor de la Defensa, dirigir su preparación, fundamentalmente a las misiones que se les pueda encomendar, y aumentar la eficacia y la eficiencia de los recursos empleados en su preparación”*.

El proyecto de Fuerza 35, supone un dinamizador del desarrollo tecnológico en el ámbito del ET, y se origina como consecuencia de diferentes factores, entre los que figuran aquellos íntimamente ligados al proceso de transformación digital, como la aparición de las tecnologías disruptivas que, basadas en la innovación, tienen como denominador común la capacidad de evolucionar rápidamente.

---

<sup>8</sup> Directiva 08/20 de Gestión de la Información y del Conocimiento y Transformación Digital en el ET.

<sup>9</sup> Referido a los tres pilares definidos por la SEDEF.

El objetivo de este proyecto es dotar a la Fuerza, a través de los sistemas de armas más avanzados tecnológicamente, de las capacidades militares necesarias que le proporcionen una ventaja operativa clara, en el horizonte 2035.

En cuanto al desarrollo de las tecnologías disruptivas o emergentes, cabe destacar que, en muchos casos, éstas no son exclusivas del entorno militar o del civil, sino que son de aplicación en ambos sectores (tecnologías duales). La Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa 2020 (ETID-2020) presta especial atención a las nuevas iniciativas promovidas por la UE, no solo a aquellas dirigidas específicamente a la defensa, sino también a aquellas vinculadas a tecnologías duales por los importantes beneficios que pueden derivarse de ellas.

El Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) ha publicado un documento<sup>10</sup> que sirve de marco operativo y analiza el escenario futuro para la batalla. Asegura que el salto tecnológico provocará “cambios dramáticos en los medios, procedimientos, preparación e incluso en la cultura de trabajo de las Fuerzas Militares”. La asimilación e integración de los avances tecnológicos permitirá las operaciones en red (hiperconectividad), la interoperabilidad con nuestros aliados y la capacidad para operar en ambiente degradado. El desarrollo tecnológico en el medio y largo plazo deberá cubrir, por tanto, los siguientes campos:

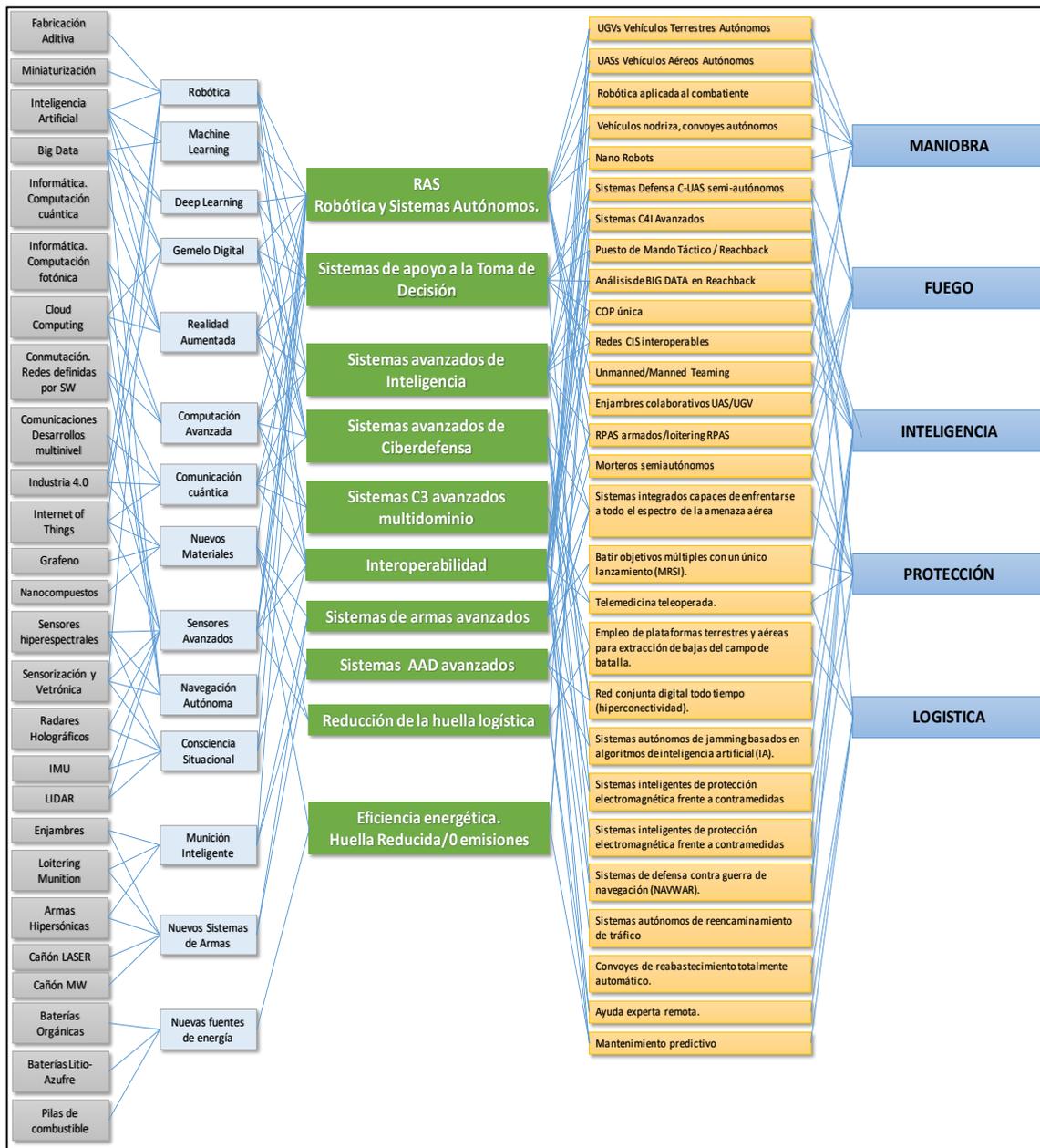
- Sensórica, inteligencia artificial, automatización y mayor volumen de procesado de datos para inteligencia y toma de decisiones.
- Sistemas autónomos y robots colaborativos que disminuyan la presencia del hombre en el campo de batalla.
- Sistemas TIC que garanticen la hiperconectividad (cada combatiente un nodo del campo de batalla) y la conciencia situacional.
- Sistemas de armas con mayores alcances y letalidad.
- Sistemas de armas no letales.
- Sistemas de energía más eficientes, tanto para el almacenamiento como la distribución, y de menor consumo.

En la Figura 2 se realiza un análisis no exhaustivo de capacitadores y tecnologías. Se establecen relaciones entre los capacitadores, a la izquierda, las tecnologías que se desarrollan a partir de ellos, las áreas de mejora esperadas, los sistemas y la clasificación dentro de la estructura de áreas de mejora de Fuerza 35.

---

<sup>10</sup>Documento “Entorno operativo terrestre futuro 2035”.

La obtención de las capacidades militares para la Fuerza 2035, se basará en la metodología de desarrollo de conceptos y experimentación (CD&E). Para la experimentación operativa del armamento y material se ha creado la Brigada Experimental 2035 (BRIEX-2035). El proceso viene regulado por una Directiva<sup>11</sup> en la que se asigna al Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE) un importante papel.



**Figura 2. Análisis de capacitadores tecnológicos, tecnologías emergentes, sistemas, y su enlace con los objetivos Fuerza 35.**

<sup>11</sup> Directiva 03/18 del EME “Estudios Fuerza 2035 y Brigada Experimental”.

Otro de los proyectos relevantes del ET, fuertemente ligado a la transformación digital, es el proyecto tecnológico de la Base Logística del Ejército de Tierra (BLET). En la actualidad, el ET cuenta con doce Órganos Logísticos Centrales (OLC) ubicados en nueve instalaciones. Desde el año 2006, el ET viene desarrollando diferentes actuaciones para racionalizar la estructura y la organización de los Mandos y Unidades que proporcionan el apoyo logístico.

Al margen de los beneficios que se esperan obtener, relacionados con diferentes factores de localización (costes, recursos, humanos, infraestructuras o recursos materiales), este proyecto es un claro ejemplo de adaptación de la organización al entorno fuertemente cambiante como consecuencia de la irrupción de las nuevas tecnologías.

Concretamente, el sector de la logística está sufriendo actualmente una serie de cambios drásticos, con la implementación de las tecnologías agrupadas bajo la denominación de “Industria 4.0” que han favorecido acometer este importante proyecto.

La BLET debe ser una “Base 4.0” que incorpore tecnologías de la “Logística 4.0”, tales como: la fabricación aditiva, la inteligencia artificial, la robótica colaborativa, el internet de las cosas (IoT), los macrodatos (*Big data*), la realidad virtual, aumentada y mixta, los gemelos digitales o las cadenas de bloques (*Blockchain*).

Retomando los pilares fundamentales en los que se apoya la transformación digital, se observa que los dos grandes proyectos tecnológicos anteriores se sitúan principalmente, en el segundo pilar. En cuanto al primer pilar, como ya se ha mencionado, el ET responde al concepto OOM, el cual está perfectamente alineado con el modelo de gestión por procesos. Relacionado con este modelo, todos los componentes del ET están colaborando actualmente en la definición de los procesos de trabajo, estableciendo, documentando e interrelacionándolos con el objetivo de constituir el mapa de procesos del ET. En una primera fase, cada componente ha identificado los procesos de alto nivel de los que son responsables.

Respecto al tercer pilar, el PATD (2ª parte) obliga al ET a revisar sus sistemas de información, estableciendo inicialmente 52 sistemas de uso específico del ET susceptibles de racionalización. Se debe realizar un examen de todos ellos sobre la base del análisis de los procesos operativos y funcionales, para determinar si son susceptibles de migración a la nueva plataforma ARGO, teniendo en cuenta la gestión por procesos y la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA), o por el contrario si serán objeto de racionalización al establecerse un servicio corporativo-conjunto equivalente y de uso obligado por todos los ámbitos.

En el ET, la responsabilidad técnica de la Transformación Digital recae en la Jefatura de Sistemas de Información, Telecomunicaciones y Asistencia Técnica (JCISAT). A esta Jefatura le corresponde ser el interlocutor del ET con CESTIC, como *Chief Technical Officer* (CTO) del MINISDEF, para los aspectos procedimentales y técnicos (arquitecturas, interoperabilidad, gestión de configuración, etc.) de implantación de la GIC en el ET.

## La Transformación Digital en el Mando de Apoyo Logístico del Ejército

El MALE, en lo concerniente a la elaboración del mapa de procesos de alto nivel del ET, ha identificado un proceso operativo único de sostenimiento de los materiales, paralelo al proceso de obtención centralizada de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), que se articula en cuatro subprocesos asociados a las distintas fases del ciclo de vida del armamento y material (ver Figura 3).

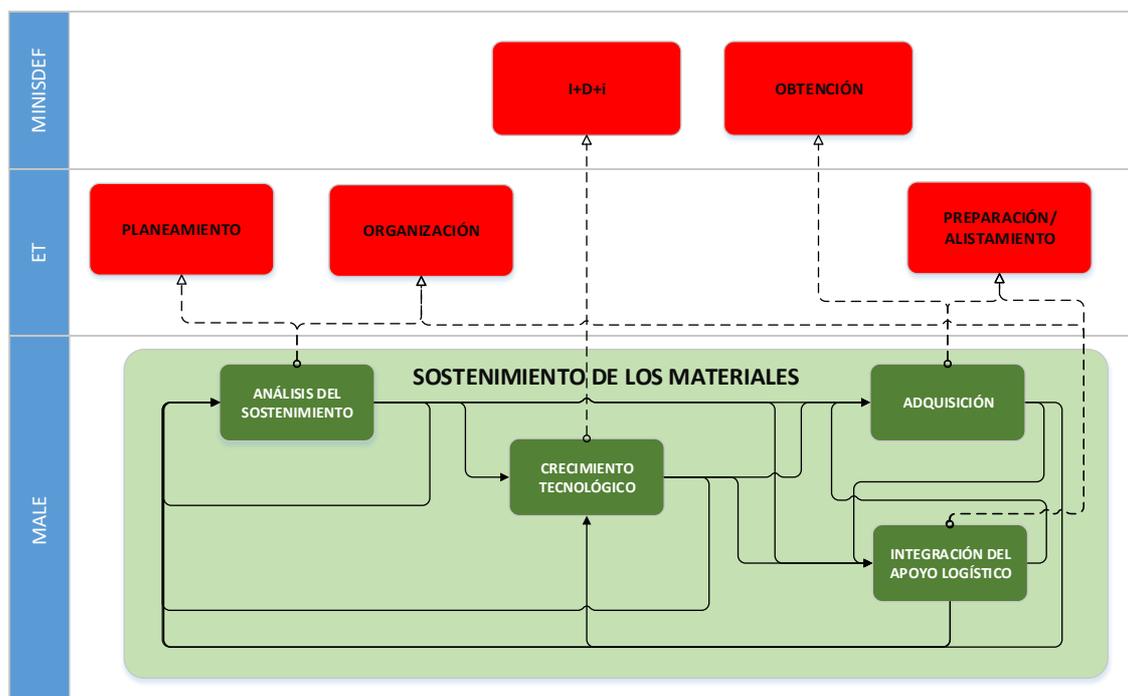


Figura 3. Mapa de procesos de primer nivel del MALE

- El Análisis del Sostenimiento, es el proceso que contribuye a que el ET pueda disponer de los materiales, suministros y servicios necesarios para cumplir las misiones ordenadas por el Jefe de Estado Mayor (JEME).
- El Crecimiento Tecnológico, es el proceso que contribuye a la consecución de las capacidades militares, para dotar al ET de sistemas de armas y equipos con el nivel tecnológico y las características más adecuadas para sus futuras misiones.

- La Adquisición, es el proceso que contribuye a adquirir los bienes, suministros y servicios necesarios para el funcionamiento y sostenimiento del ET.
- La Integración del Apoyo Logístico, es el proceso que contribuye a que los materiales y sistemas del ET estén disponibles para las UCO conforme a sus plantillas, en condiciones de servicio y disponibilidad operativa. Así como facilitar el movimiento de las UCO y sus recursos para posibilitar su preparación, alistamiento y adaptaciones organizativas.

De los procesos anteriores, el de crecimiento tecnológico es un nuevo proceso con el que se pretende estructurar las actividades del MALE relativas a: a) la investigación y el desarrollo tecnológico; b) el desarrollo de conceptos y la experimentación en el campo del armamento y material; y c) la innovación de productos y procesos.

El MALE, "...como órgano del Apoyo a la Fuerza responsable del material y de los procesos de apoyo logístico en las funciones de abastecimiento, mantenimiento y transporte, incluyendo la correspondiente ingeniería de apoyo."<sup>12</sup>, lidera, en línea con el principio de colaboración y gestión de alianzas, el Foro de innovación Ejército-Empresas, conocido como Foro 2E+I, del que ya se han celebrado tres ediciones. Esta iniciativa está vinculada al proyecto Fuerza 2035.

En los Talleres y Foro 2E+I, se ha hablado mucho de los capacitadores tecnológicos entre los que se ha destacado: la inteligencia artificial, la hiperconectividad, la robótica inteligente, la nanotecnología, el aprendizaje de máquinas, la biotecnología, la digitalización o la fabricación aditiva. Son la base para el desarrollo de los sistemas de armas tecnológicamente avanzados, que proporcionarán a nuestra Fuerza las capacidades militares necesarias en el horizonte 2035. También se han analizado las tecnologías disruptivas que pueden actuar, a su vez, como capacitadores de las ventajas operativas buscadas.

Por último, recalcar que el MALE, acorde a sus cometidos, es el organismo que liderará todo el proceso de obtención de la futura BLET, independientemente de que en el proceso participen diferentes actores, ya sean del ámbito de la Defensa, de otras Administraciones o de la Industria.

---

<sup>12</sup> Orden DEF/708/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica del Ejército de Tierra.

## La Ingeniería y la transformación digital. Retos

En todos los procesos de gestión y en los grandes proyectos del ET señalados en los apartados precedentes (ver Figura 4), la ingeniería juega un papel fundamental como agente canalizador de todas las actividades técnicas que exigen una función facultativa, actividades que están encomendadas al Cuerpo de Ingenieros Politécnicos (CIPET), que podrá contar con otros apoyos, si así fuera necesario.

La Instrucción<sup>13</sup> que regula la organización de la ingeniería en el Sistema de Apoyo Logístico del Ejército (SALE), cuya dirección corresponde al General Jefe del MALE (GEMALE), estructura orgánicamente las capacidades de ingeniería de las diferentes Autoridades del SALE, y asigna cometidos diferentes para cada uno de ellos.



Figura 4. Grandes Proyectos y nuevas necesidades.

Concretamente, a la Jefatura de Ingeniería (JIMALE), la citada instrucción asigna “con carácter técnico-facultativo, la gestión, administración y control en materia de ingeniería y documentación técnica de los materiales de responsabilidad del MALE, durante todo el ciclo de vida del material. En particular, le corresponde el apoyo técnico en ingeniería, la gestión de calidad, la gestión de los apoyos externos en ingeniería, así como la homologación, catalogación y normalización de materiales responsabilidad del Ejército”. Los ingenieros de la JIMALE, por tanto, participan de manera muy relevante en el desempeño de los cometidos asignados al MALE.

El proceso de transformación digital y el desarrollo de los grandes proyectos a los que se enfrenta el ET, demandan importantes capacidades de ingeniería no contempladas formalmente, hasta ahora, entre los cometidos de la ingeniería del SALE.

<sup>13</sup> IT 21/15 “La Ingeniería en el SALE”.

Es en el nuevo proceso de crecimiento tecnológico donde se sitúan los nuevos cometidos de ingeniería que deben incorporarse y desarrollarse, todos ellos relacionados con la implantación de las nuevas tecnologías y la modificación de los procesos logísticos para su adaptación a la Industria 4.0. Éstos pueden agruparse de la siguiente manera: a) Investigación y desarrollo tecnológico; b) Experimentación, ensayos y pruebas; c) Innovación de procesos y productos.

De esta manera, los nuevos cometidos de ingeniería relativos al proceso de investigación y desarrollo tecnológico serán, sin ánimo de ser exhaustivos: a) Llevar a cabo la vigilancia, prospección y planificación tecnológica formando parte del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) de la DGAM; b) Elaborar convenios de colaboración con Universidades y Centros Tecnológicos para la explotación de los resultados de la investigación en tecnologías duales; c) Proponer el plan de I+D+i (investigación, desarrollo e innovación) del ET con proyectos en el horizonte 2035; d) Proceder al crecimiento en el nivel de madurez tecnológica (escala TRL<sup>14</sup>) de las tecnologías de interés para el ET; e) Ejecutar los proyectos de I+DT (investigación y desarrollo tecnológico) propios y participar en consorcios empresariales que ejecuten proyectos de I+DT de interés para el ET; y f) Transferir la tecnología de desarrollo propia para su comercialización por las empresas del sector de la seguridad y la defensa.

En cuanto a los cometidos de ingeniería relativos al proceso de experimentación, ensayos y pruebas, cabe destacar: a) Apoyar en la implantación tecnológica del armamento y material; b) Simular y desarrollar, previo a la experimentación, los nuevos conceptos relativos al armamento y material; c) Construir prototipos de ingeniería y confirmar los nuevos diseños; d) Llevar a cabo la evaluación técnica y participar en la evaluación operativa de los prototipos una vez desarrollados y e) Estudiar y diseñar experimentos y procedimientos de ensayo.

Finalmente, para el proceso de innovación, los cometidos de ingeniería relacionados con la innovación de producto, incluyendo las modernizaciones de los materiales, se destacan los siguientes: a) Realizar estudios y desarrollos de ingeniería de sistemas relacionados con la obtención y entrada en servicio, sostenimiento, modernización, y baja del armamento y material; b) Elaborar los estudios técnicos de reformas de importancia de los sistemas de armas y materiales; b) Analizar, evaluar y proponer alternativas o modificaciones a las características técnicas del material para la mejora de sus prestaciones; y c) Realizar las pruebas de verificación y validación de las modernizaciones, modificaciones y mejoras de los materiales. En lo relativo a la innovación de procesos, la digitalización y la incorporación de las tecnologías asociadas a la

---

<sup>14</sup> TRL: *Technology Readiness Level*. Escala de nivel de madurez de una tecnología.

logística 4.0, se destacan los siguientes: a) Proceder a la implantación tecnológica de los sistemas logísticos; b) Estudiar e implantar tecnologías avanzadas (logística 4.0) tales como sensórica, inteligencia artificial, fabricación aditiva, conexiones de maquinaria a la red, análisis de datos, robótica colaborativa, realidad virtual, aumentada y mixta, etc., en su ámbito de actuación; c) Realizar un mantenimiento predictivo que asegure la continuidad operativa del material; y d) Proceder a digitalizar los procesos operativos, que proporcionen datos en tiempo real, en los aspectos necesarios para el desarrollo de las tareas de mantenimiento.

En lo que concierne a la obtención, la rápida evolución de las tecnologías obliga a una mayor agilidad en los procesos de obtención del armamento y material para evitar que, cuando entren en servicio los nuevos sistemas de armas, sus tecnologías hayan quedado obsoletas.

Debe plantearse, por tanto, la estructura de los nuevos cometidos en el MALE, así como las tecnologías asociadas a estos: a) Incorporando y desarrollando<sup>15</sup> las capacidades en las nuevas áreas de ingeniería; b) Estructurando el conocimiento relativo a esas capacidades de ingeniería, estableciendo nuevos procesos de ingeniería; y c) Revisando el modelo de obtención, agilizándolo y potenciando la participación de la ingeniería del ET en la gestión de los programas de obtención, fundamentalmente en el apartado técnico.

Podemos concluir que es fundamental: a) Abordar la revisión de los cometidos actuales asignados a la Ingeniería en el Ejército, acrecentando su papel en todos los procesos del SALE; b) Desarrollar, como ya se ha mencionado, los nuevos cometidos de ingeniería asociados al proceso de crecimiento tecnológico; y c) Plantear la necesidad de una significativa reorganización de la estructura del SALE, especialmente del MALE, que permita hacer frente a los nuevos cometidos y a los grandes retos tecnológicos a los que se enfrenta el ET.

Por último, las relaciones funcionales entre las Unidades de Ingeniería del SALE, actuales y futuras, deberán potenciarse más allá del aspecto orgánico enfocándolas, mediante la aplicación e integración de las TIC, a la gestión del conocimiento como factor clave de la transformación digital.

---

<sup>15</sup> Incorporar capacidades no existentes hasta ahora y desarrollar algunas capacidades incipientes que hay que potenciar.

## **Bibliografía**

- Mando de Apoyo Logístico (2015): Instrucción Técnica 21/15 “La Ingeniería en el SALE”.
- Ministerio de Defensa (2015): Orden DEF/2639/2015, de 3 de diciembre, por la que se establece la Política de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa.
- Secretaría de Estado de Defensa (2016): Instrucción 58/2016, de 28 de octubre, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba el Plan estratégico de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa.
- Ministerio de Defensa (2017): Orden DEF/1196/2017, de 27 de noviembre, por la que se establece la Estrategia de la Información del Ministerio de Defensa.
- Secretaría de Estado de Defensa (2018): Instrucción 33/2018, de 6 de junio, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba el Plan Estratégico de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa.
- Estado Mayor del Ejército (2018): Directiva 03/18 del EME “Estudios Fuerza 2035 y Brigada Experimental”.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (2018): MADOC. Documento “Entorno operativo terrestre futuro 2035”
- Secretaría de Estado de Defensa (2020): Instrucción 14/2020, de 15 de abril, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba la segunda parte del Plan de Acción del Ministerio de Defensa para la Transformación Digital.
- Ministerio de Defensa (2020): Real Decreto 521/2020, de 19 de mayo, por la que se desarrolla la organización básica de las Fuerzas Armadas.
- Ministerio de Defensa (2020): Orden Ministerial 26/2020, de 11 de junio, por la que se establecen los principios básicos comunes de las Fuerzas Armadas.
- Ministerio de Defensa (2020): Orden DEF/707/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica de la Armada.
- Ministerio de Defensa (2020): Orden DEF/708/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica del Ejército de Tierra.
- Ministerio de Defensa (2020): Orden DEF/709/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica del Ejército de Aire.
- Estado Mayor del Ejército (2020): Directiva 08/20 de Gestión de la Información y del Conocimiento y Transformación Digital en el ET.
- SOPT (2020): Disponible en línea en  
<<https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/Paginas/SOPT.aspx>>