



## **MÁSTER UNIVERSITARIO EN LOGÍSTICA Y GESTIÓN ECONÓMICA DE LA DEFENSA**

### **TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

**Título del TFM:** Implementación de un aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes en buques de superficie de la Armada.

**Trabajo fin de Máster. Curso académico:** 2022-2023

**APELLIDOS Y NOMBRE:** ORDÓÑEZ REDONDO JULIO

**CONVOCATORIA:** junio.

## Agradecimientos:

Agradecimientos a mi familia por estar siempre apoyándome y soportar el trabajo familiar que no he podido realizar, mientras asistía a la infinidad de tareas y horas de clase de este Master y TFM. También reseñar el gran trabajo que han llevado a cabo los tutores por sus reuniones, recomendaciones y correcciones, que les ha quitado tiempo de estar con sus familiares. A la Universidad Complutense de Madrid y los profesores de este Master por las buenas enseñanzas que han impartido durante este curso académico. A los ponentes del CESIA que nos han mostrado su buen saber hacer en sus diferentes destinos de la Armada y fuera de ella. Al personal del CESIA que han estado en todo momento apoyando a sus alumnos para llevarlos por el buen camino. Finalmente, a los compañeros de mi último destino en la DAE que han continuado apoyándome y han proporcionado algunos de los datos necesarios de este TFM.

## **Nota del autor:**

*La responsabilidad de las opiniones expresadas en este documento es propia del autor en el marco de la realización de un TFM como requisito para la obtención del Título de Máster Universitario en Logística y Gestión Económica de la Defensa. En ningún caso representan la posición oficial del Ministerio de Defensa del Reino de España o de la Armada.*

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS.....	6
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	8
PALABRAS CLAVE.....	9
KEYWORDS.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO.....	13
2.1. CONCEPTOS Y LEGISLACIÓN EN EL ÁMBITO CIVIL.....	13
2.2. DEFINICIONES Y NORMATIVA EN EL ÁMBITO MILITAR.....	19
2.3. TECNOLOGÍAS 4.0 QUE PODRÍAN AFECTAR AL APROVISIONAMIENTO 4.0 EN ARMADA.....	23
3. BENEFICIOS Y OBSTACULOS DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN EL APROVISIONAMIENTO 4.0.....	28
4. SITUACIÓN ACTUAL DEL APROVISIONAMIENTO Y REQUISITOS NECESARIOS PARA ALCANZAR EL APROVISIONAMIENTO 4.0 EN LA ARMADA .....	34
4.1. BASES TECNOLÓGICAS DEL APROVISIONAMIENTO ACTUAL EN BUQUES DE SUPERFICIE PARA COVERTIRSE EN 4.0.....	34
4.2. ESCENARIO PARA ALCANZAR UN SISTEMA DE APROVISIONAMIENTO 4.0 PARA EQUIPOS INTELIGENTES EN BUQUES DE SUPERFICIE.....	40
4.3. ENTORNO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL APROVISIONAMIENTO 4.0 PARA EQUIPOS INTELIGENTES EN BUQUES DE SUPERFICIE.....	43
4.4. DATOS EXTERNOS QUE PODRÍAN INFLUIR EN EL OBJETO DE ESTUDIO.....	45
4.5. RESULTADOS PRINCIPALES DEL ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL APROVISIONAMIENTO Y LOS PASOS NECESARIOS PARA ALCANZAR UN APROVISIONAMIENTO 4.0.....	48

5. PROPUESTAS Y ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE APROVISIONAMIENTO 4.0 PARA EQUIPOS INTELIGENTES EN BUQUES DE SUPERFICIE DE LA ARMADA.....	53
5.1. PROPUESTAS Y REQUERIMIENTOS NECESARIOS.....	55
5.1.1. BLOQUE DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE TECNOLOGÍAS 4.0.....	56
5.1.2 BLOQUE DE FUNCIONAMIENTO AVANZADO DE TECNOLOGÍAS 4.0.....	57
5.2 GRADO DE IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN EL APROVISIONAMIENTO 4.0 MEDIANTE EL ESTUDIO DE LOS FACTORES MIRADOL.....	59
5.3. ESCENARIOS DE ANÁLISIS DE EFICIENCIA EN EL COSTE DE APROVISIONAMIENTO DE UN BUQUE.....	66
5.3.1. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE APROVISIONAMIENTO 4.0 TOTAL.....	70
5.3.2. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE APROVISIONAMIENTO 4.0 PARCIAL.....	76
6. CONCLUSIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Funciones logísticas del sostenimiento.....	21
Figura 2. Tipología de inteligencia artificial .....	24
Figura 3. Estructura de neurona y de redes neuronales.....	25
Figura 4. Tipología de tecnologías 4.0.....	27
Figura 5. Gasto en defensa en relación al PIB de los países de la OTAN.....	31
Figura 6. Intercambio electrónico de datos .....	35
Figura 7. Almacén virtual único.....	36
Figura 8. Estanterías automatizadas.....	36
Figura 9. Forma de relacionarse las funciones logísticas del sostenimiento.....	37
Figura 10. Sectores con empleo en riesgo de automatización.....	46
Figura 11. Impacto de la inteligencia artificial por sectores.....	47
Figura 12. Millones de personas infra o sobre cualificadas.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz DAFO.....	52
Tabla 2. Matriz de confrontación DAFO.....	54
Tabla 3. Cálculos de los porcentajes de costes de suministro.....	68
Tabla 4. Coste de aprovisionamiento en función del escenario optimista y pesimista y del valor de repuestos y pertrechos.....	71
Tabla 5. Escenario optimista de repuestos 4.0 total.....	73
Tabla 6. Escenario pesimista de repuestos 4.0 total.....	73
Tabla 7. Escenario optimista de pertrechos 4.0 total.....	74
Tabla 8. Escenario pesimista de pertrechos 4.0 total.....	74
Tabla 9. Resultados de eficiencia 4.0 total.....	75
Tabla 10. Escenario optimista de repuestos 4.0 parcial.....	78
Tabla 11. Escenario pesimista de repuestos 4.0 parcial.....	79
Tabla 12. Escenario optimista de pertrechos4.0 parcial.....	79
Tabla 13. Escenario pesimista de pertrechos 4.0 parcial.....	80
Tabla 14. Resultados de eficiencia 4.0 parcial.....	80
Tabla 15. Comparativa resultados de eficiencia 4.0 total y parcial.....	82

## GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

3D	Tres Dimensiones.
AECOC	Asociación Española de Codificación Comercial.
AJAL	Almirante de la Jefatura de Apoyo logístico.
AJEMA	Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada.
ATAVIA	Automatización de Tareas de Vigilancia y Análisis.
B2B	De Empresa a Empresa.
B2C	De Empresa a Cliente.
CESADAR	Centro de Supervisión y Análisis de Datos de la Armada.
CESIA	Centro de Estudios Superiores de Intendencia de la Armada
CIS/TIC	Servicios de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
CONLOG	Concepto de Apoyo Logístico en julio de 2017.
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.
EDI	Intercambio Electrónico de datos.
ENAIRE	Entidad Pública Empresarial Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea.
FAS	Fuerzas Armadas.
GS1	Estándares Mundiales Uno.
I3D	Información para la Defensa.
I+d+i	Inversión, Desarrollo e innovación.
INE	Instituto Nacional de Estadística.

IP	Instrucción Permanente.
LOGFAS	Área de Servicios Logísticos funcionales, Logistics Functional Area Services.
MAPRE	Mantenimiento Predictivo Embarcado.
MIRADO-I	Material, Infraestructura, Recursos Humanos, Adiestramiento, Doctrina, Organización e Interoperabilidad.
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte.
PALI	Plan de Apoyo Logístico Integrado.
PIB	Producto Interior Bruto.
PMESII-PT	Política, Militar, Económica, Social, Infraestructura, Información, Física y Temporal.
PLACSP	Plataforma de Contratación del Sector Público.
PCAMI	Parque y Centro de Abastecimiento de Material de Intendencia.
SEPI	Sociedad Estatal de Participaciones Industriales.
SIL	Sistema de Información Logístico.
SOPRENE	Sostenimiento Predictivo basado en Redes Neuronales.
TFM	Trabajo Final de Master.
UE	Unión Europea.
VUCA	Volatilidad, Incertidumbre, Complejidad y Ambigüedad.

## **RESUMEN**

La investigación de este Trabajo fin de Master se centra en analizar la situación actual tecnológica del sistema de aprovisionamiento de repuestos y pertrechos en un buque de la Armada, y las alternativas y tecnologías necesarias para conseguir un sistema de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes en un buque de superficie de la Armada.

Una vez se conoce el punto de partida y hacia donde se pretende llegar, se analizan los posibles beneficios y barreras, el impacto en los principales factores que podrían afectar a la Armada y finalmente se hacen análisis de eficiencias que se podrían obtener, en función de si se implementase un aprovisionamiento 4.0 total o parcial.

De los análisis anteriores se han podido extraer conclusiones numéricas y teóricas y líneas de actuación futuras, que en su conjunto proporcionan indicios y pautas de actuación que hacen predecir que la mejor opción de implementación sería un aprovisionamiento 4.0 parcial, para que la Armada pueda mantenerse en el primer nivel internacional, en relación a esta función del apoyo logístico. Finalmente este análisis ha pretendido ser innovador porque existen trabajos académicos sobre la cadena de suministro 4.0, pero no sobre un sistema de aprovisionamiento 4.0 en un buque.

## **ABSTRACT**

The investigation of this Master's Final Project focuses on analyzing the current technological situation of the supply system on a Navy ship, and the alternatives and technologies necessary to achieve a 4.0 supply system for intelligent equipment on a surface ship of the Navy.

Once the starting point is known and where it is intended to go, the possible benefits and barriers are analyzed, as well as the impact on the main factors that could affect the Navy and finally, analyzes are made of efficiencies that could be obtained, depending on if a total or partial 4.0 provisioning is implemented.

From the previous analyzes it has been possible to draw numerical and theoretical conclusions and future actions, which as a whole provide signals and guidelines for action which predict that the best implementation option would be a partial 4.0 supply, so that the Navy can remain at the first international level, in relation to this function of logistics support. Finally, this analysis has tried to be innovative because there are academic papers on the 4.0 supply chain, but not on a 4.0 provisioning system on a ship.

## **PALABRAS CLAVE**

APROVISIONAMIENTO, LOGÍSTICA, INDUSTRIA 4.0, CADENA DE SUMINISTRO 4.0 INTELIGENTE, INTELIGENCIA ARTIFICIAL, DATOS MACRO, COSTE LOGÍSTICO.

## **KEYWORDS**

SUPPLY, LOGISTICS, INDUSTRY 4.0, SMART SUPPLY CHAIN 4.0, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, BIG DATA, LOGISTIC COST.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Master ha surgido por el interés en analizar la forma en la que el cambio tecnológico que se ha venido produciendo en la última década puede ayudar a optimizar la logística en la Armada, preocupación que se ha plasmado en la aprobación de un nuevo Concepto de Apoyo Logístico en julio de 2017 (CONLOG 2017) por el Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada (AJEMA), donde se introducen las tecnologías 4.0 para cambiar la forma de actuación del personal en los procesos logísticos. Posteriormente se ha publicado normativa que desarrolla el concepto anterior y que se citará en el marco teórico del próximo punto. A raíz de un estudio de la anterior normativa se ha observado la necesidad de investigar sobre la posible implementación de un aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes en buques de superficie de la Armada.

De acuerdo al análisis de la normativa que se llevará a cabo en los siguientes puntos, se investigará si la implantación de las tecnologías 4.0 se va a realizar de forma coordinada en las tres funciones logísticas del sostenimiento, como son el mantenimiento, aprovisionamiento e ingeniería del ciclo de vida. En el caso de que no se realizase así, no se obtendría el mejor funcionamiento deseado de la aplicación de estas técnicas, porque las funciones citadas anteriormente tienen una fuerte interrelación de sus tareas.

Otra de las razones por la que se considera que sería conveniente y necesario estudiar la aplicación de tecnologías 4.0, es porque la Armada necesita mantener una ventaja tecnológica en la Fuerza y en el Apoyo a la Fuerza, para mantenerse en entre las primeras potencias mundiales.

En el estudio que se va a realizar de la implementación del aprovisionamiento 4.0 sería necesario analizar también, si se obtendría una eficiencia más alta, a nivel de costes de aprovisionamiento y a su vez un posible impacto positivo en el aumento del número de horas de los buques de superficie. Cuando se cita la incorporación de un aprovisionamiento 4.0 sería necesario estudiar si se realizará parcialmente y de forma progresiva o por el contrario se podría llevar a cabo totalmente, con un cambio brusco del actual sistema de aprovisionamientos

Por todo lo citado en el apartado de propuestas y análisis, se han estudiado las alternativas de implementación del aprovisionamiento 4.0, una breve descripción de cómo sería el funcionamiento de cada una de ellas, el impacto que provocarían en los factores MIRADO-I y un análisis de eficiencia del coste de aprovisionamiento de un buque, tamaño mínimo a una fragata, con un aprovisionamiento 4.0 total y otro parcial.

Para llevar a cabo el estudio de cómo se podría mejorar el actual sistema de aprovisionamiento y las propuestas que se han realizado, ha sido necesario utilizar un marco teórico, en el que se han analizado conceptos y normativa. Seguido de éste se ha estudiado la última tecnología del aprovisionamiento actual de un buque y como alcanzar un aprovisionamiento 4.0. Posteriormente se ha realizado un estudio del entorno externo y datos estadísticos que podrían afectar al objeto de estudio de este TFM . Finalmente se han realizado unas conclusiones con unas líneas futuras a realizar.

Con el propósito de que el lector, que no esté relacionado con el entorno tecnológico y los sistemas de aprovisionamiento del ámbito de la defensa, comprenda de forma sencilla y clara, cuál es el objetivo de investigación de este trabajo, es necesario exponer algún ejemplo de tecnología 4.0 aplicado en la vida civil, más concretamente en los hogares.

Este es el caso de un frigorífico inteligente, donde la aplicación de las tecnologías 4.0 permiten hacer un recuento automático de las existencias de los alimentos que se encuentran en el interior del mismo y cuando éstas empiezan a ser bajas lanzan un pedido automatizado a una aplicación, para que el cliente confirme o modifique el pedido que se transmitirá vía online a la tienda prefijada y que finalmente el pedido es enviado a casa. Con ello la intervención humana se limita a lo esencial, la determinación de los niveles de stock por debajo de los cuales el sistema considera necesario reponer y la confirmación de los pedidos preparados.

Para conseguir las metas planteadas en los párrafos anteriores se formulan las siguientes **preguntas de investigación**, que darán lugar al estudio y análisis de este TFM:

- **¿Sería aconsejable y viable la implantación de un aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes en los buques de superficie de la Armada?**
- **En el caso de que esta primera pregunta de investigación sea afirmativa, ¿sería mejor una implantación total en el aprovisionamiento o que fuese parcial, empezando por la automatización de pedidos sin existencias en almacenes y otras funciones significativas?**

Relacionado con las repuestas a estas dos preguntas, se podrá estudiar el porcentaje de eficiencia que producen las tecnologías 4.0 en el coste de aprovisionamiento y que permitiría definir qué sistema de aprovisionamiento de los buques de superficie conviene más a la Armada:

- Implantación total de un aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes.
- Implantación parcial de un aprovisionamiento 4.0 de equipos inteligentes para pedidos que no tienen existencias en almacenes y otras funciones relevantes.

## 2. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

La primera mención que debe de hacerse en este apartado es que se ha optado por presentar un marco teórico y normativo conjunto, porque son materias que están relacionadas directamente y en la actualidad gran parte de los conceptos están definidos en la normativa. Esta situación se podrá observar mayoritariamente en las siguientes explicaciones del ámbito militar.

Por lo citado anteriormente, en este apartado se estudiarán aquellas normas y conceptos que tengan una conexión estrecha entre ellos y a su vez este análisis llevará a una fijación de las delimitaciones y bases del objeto de estudio de este TFM.

Reseñar que los dos pilares principales de este marco teórico y normativo son las tecnologías 4.0 y el aprovisionamiento.

### 2.1. CONCEPTOS Y LEGISLACIÓN EN EL ÁMBITO CIVIL

Antes de empezar a describir las definiciones que tienen relación con el objeto de este TFM sería necesario hacer un breve repaso por la historia de la logística.

Aunque la logística no ha sido reconocida en el mundo académico y empresarial como relevante hasta la década de 1960 y 1970, al hacerse patente la importancia en términos de aumento de la rentabilidad empresarial, de las mejoras introducidas en las distintas fases de la cadena de suministro, esta ciencia ha venido desarrollándose desde la Edad Antigua donde la población necesitaba para sobrevivir del transporte de materiales y almacenamiento de alimentos, y fue fundamental para el desarrollo de las primeras civilizaciones y la realización de las grandes construcciones – como las Pirámides de Egipto o de las civilizaciones prehispanicas, la Gran Muralla china o Stonehenge – que todavía nos asombran. Asimismo, tendría una gran importancia para la expansión de la Roma antigua durante la República y primeros siglos del Imperio Romano, porque muchas de las victorias de los ejércitos romanos se debieron a la excelencia alcanzada en el ámbito logístico. Precisamente fue una de las primeras culturas que nombró a determinados jefes, para hacerse responsables del aprovisionamiento de las tropas que iban a luchar en una determinada campaña

(Menéndez, 2005). En el último siglo, tras la Segunda Guerra Mundial, donde se tuvieron que movilizar, sostener y transportar ingentes cantidades de soldados por todo el mundo, la logística en el ámbito civil tomo notoriedad con el Plan Marshall y la metodología japonesa del “justo a tiempo” (Just in Time) y el sistema Kanban.

Pese a la importancia de la logística, el término no ha sido formalmente definido hasta muy avanzado el siglo XX. Así no sería hasta la década de 1960 cuando empiezan a aparecer en el ámbito estadounidense, las primeras revistas científicas especializadas en actividades logísticas (como *Logistic and Transportation Review* o *Transportación Review*), creándose en 1963, asimismo, la primera institución dedicada al estudio, desarrollo y revisión de la función logística en los ámbitos empresarial y académico: el National Council of Physical Distribution Management), mientras que en el ámbito español, tendríamos que esperar hasta 1978 para la creación del Centro Español de Logística (Servera-Frances, 2010).

Hasta ese momento, el principal ámbito de interés, dentro de lo que ahora se entiende por logística, era las actividades de distribución física y, especialmente el transporte, pasándose a partir de los años 70 del pasado siglo a una concepción más integral de la logística, basada en el control de los flujos de materiales e información de los bienes y servicios, con la mayor rapidez y los menores costes posibles (Rojas y Cano 2011).

Los grandes hitos de la historia de la logística se resumen a continuación (Frazzon et al., 2019).

El primero de los grandes avances fue pasar de un transporte movido por animales a un transporte propulsado por máquinas, en el marco de la Primera Revolución Industrial, con la aparición y rápida expansión de los ferrocarriles, la navegación a vapor y los motores de combustión, como hitos fundamentales. Esto se produce a finales del siglo XIX y principios del siglo XX y se le denomina en la actualidad **logística 1.0**.

El segundo de los hitos de la historia se consiguió con la automatización de los sistemas logísticos a partir de 1960. A estas innovaciones se les denomina **logística 2.0**.

Veinte años más tarde en 1980 surgen los sistemas de gestión logística y la utilización de programas informáticos para llevarlos a cabo. Estos avances promovieron la **logística 3.0**.

Por último y desde el año 2010 se han investigado nuevas tecnologías que están proporcionando múltiples servicios logísticos, como programas inteligentes de transporte y de localización en tiempo real. A esta área de conocimiento se le denomina **logística 4.0**.

El concepto de industria 4.0 fue usado por primera vez en la feria Hanover, Alemania en el año 2011 (Antúnez, 2019). Sin embargo, el origen de las tecnologías que componen el anterior concepto es anterior, por ejemplo, John McCarthy registró el nombre de inteligencia artificial a finales de los años sesenta y los datos macro (big data) tuvieron su primera definición en el año 1997 (Berlanga, 2016).

Una de las características que se observa a lo largo del anterior siglo y durante éste, es la disminución del tiempo en el que surgen nuevos avances tecnológicos y el aumento de su cantidad. Todo esto podría provocar que las empresas e instituciones que no implementen las tecnologías necesarias se quedarán en una posición mucho más retrasada que las demás.

Una vez que se ha observado cómo han evolucionado los momentos más importantes de la logística, que han terminado influyendo en el aprovisionamiento, se continúa con una de las más reseñadas definiciones que se han publicado sobre logística.

De acuerdo al Council of Supply Chain Management Professionals se puede entender por **logística** “el proceso de planificación, implementación y control de la eficiencia, el flujo efectivo y almacenaje de mercancías, servicios, e informaciones relacionadas desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de adecuarse a la exigencia del cliente” (Vitasek , 2013, p.117).

Mientras que la Real Academia de la Lengua define el **aprovisionamiento** como “la acción y efecto de aprovisionar” el concepto de aprovisionar significa abastecer. Al ser una explicación breve se ha acudido a la definición de **gestión del aprovisionamiento** la cual “Comprende la planificación y gestión de las compras, el almacenaje de los productos necesarios y la aplicación de técnicas que permitan mantener unas existencias mínimas de cada material, procurando que todo ello se realice en las mejores condiciones y con el menor coste posible (Escudero, 2011, p.6).

De las anteriores definiciones se podría extraer que la logística es una ciencia que estudia no solo las relaciones del producto y servicio en su parte final de su trayecto, sino que también en su nacimiento y sus posteriores pasos, con actividades principales como mantenimiento, aprovisionamiento y distribución, para que las entidades cumplan con distintos principios económicos de empresas y organismos. Sin embargo, el aprovisionamiento se preocupa de distintas funciones que tienen lugar en la fase de abastecimiento o suministro de bienes y servicios de una empresa u organismo, pero no analiza los procesos de transformación ni de distribución a los clientes, como si lo hace la logística. Por tanto, el aprovisionamiento, es un concepto de alcance más restringido.

En relación con el párrafo anterior y de acuerdo con el objeto de este TFM se estudiará el aprovisionamiento de repuestos y pertrechos en los buques de Armada, porque éstos solo necesitan el suministro y no tienen que transformar el material, por ser el cliente final.

Después de que se ha descrito el origen y relación de la logística y el aprovisionamiento, objeto de estudio de este trabajo, se pretende conectar las anteriores definiciones con el ámbito 4.0 y para lograrlo se ha elegido la definición **industria 4.0**. El motivo de esta elección ha sido porque existen varias teorías que han buscado definir conjuntamente cadena de suministro militar, tecnologías emergentes y modelo empresarial funcional en el término industria 4.0, para crear un Modelo de Procesos de Negocio, en inglés Business Process Model and Notation (BPMN) (Sobb et al., 2020). En el caso de la obtención de repuestos y pertrechos de Armada no existe cadena suministro, pero sí aprovisionamiento, que es una de sus fases.

Se define industria 4.0 como "el uso en la producción industrial de tecnologías digitales recientes, y a menudo interconectadas, que permiten procesos más eficientes y que en algunos casos producen nuevos bienes y servicios. Las tecnologías son muchas, como los desarrollos en aprendizaje automático y datos macro, que permiten sistemas cada vez más autónomos e inteligentes, sensores de bajo coste que sustentan el internet de las cosas y nuevos dispositivos de control que hacen posible la robótica industrial de segunda generación" (Morisson y Pattinson , 2019 p. 27) .

En relación con el **aprovisionamiento 4.0** se puede definir como "la determinación inteligente de los requisitos y el procesamiento autónomo de las adquisiciones a la vez que promueve la cooperación con los proveedores y la disponibilidad de toda la información relevante a nivel estratégico" (Parra et al., 2021, p 14).

Reseñar de las dos últimas definiciones que con la intervención de estas nuevas tecnologías se pueden obtener procesos más eficientes, como la obtención de necesidades de forma inteligente y automatización de los pedidos, que es una de las alternativas que se plasmaron en las preguntas de investigación del índice. También se podrían conseguir nuevos bienes y servicios, como información relevante para la toma de decisiones, que está más próximo a la primera propuesta del índice, la implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 total.

En el área de la legislación, la primera normativa a nivel de la Unión Europea (UE) tiene sus orígenes el 27 de abril de 2016, cuando se publica en el diario oficial de la Unión Europea el Reglamento 2016/679, que regula algunas de las materias primas que gestionan las tecnologías 4.0, como los datos personales y su libre circulación, para que exista un grado de protección de las personas físicas que respete sus derechos fundamentales.

Este tipo de normativa afectaría al manejo de datos personales de proveedores relacionados con la información clasificada de repuestos sensibles, que no debería de estar expuesta en las redes de comunicación entre Armada y proveedores y viceversa. Por tanto, surge una limitación en la incorporación de algunas tecnologías 4.0 para determinadas acciones sensibles, que si se pueden realizar con información no

clasificada, como la cadena de bloques que permite conocer la trazabilidad de los repuestos, por donde ha pasado y los tiempos.

Posteriormente, durante el año 2020 se han publicado distintas resoluciones relacionadas con la inteligencia artificial, que recogen materias relacionadas con la responsabilidad civil, ética, la propiedad intelectual, uso de ésta en procedimientos penales y sectores como el educativo, audiovisual y cultural.

En estos momentos es complicado implementar todos los conocimientos que se han adquirido en tecnologías como la inteligencia artificial. Un caso de esta problemática es que ahora las personas actúan en determinadas tareas y si se produce un fallo grave esa persona tendrá una responsabilidad determinada, pero cuando sea una máquina o programa la que cometa el fallo, ¿quién será el responsable? Un ejemplo es que no se haga un pedido correcto que implique una avería de un equipo y ésta afecte a la seguridad de la dotación de un buque.

A fecha 14 de abril de 2023 se está a la espera de aprobación y publicación de la Propuesta del Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2021, que regula la inteligencia artificial y las tecnologías con las que se relaciona.

A nivel nacional la primera regulación del objeto de este TFM se realiza en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. Esta ley complementa al Reglamento 2016/679 de la UE.

Posteriormente se crea Una Norma Española, UNE 0060 de 2018, que regula los procedimientos para que una industria sea considerada industria digital. Tiene su base en las normas de la Organización Internacional de Estandarización, ISO 27001 y 27002 de 2017 que regulan la seguridad de la información.

Años después, en julio de 2020 se publica la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial, donde se recoge los objetivos y ejes principales a ejecutar y que están relacionados con la agenda 2030. Uno de los ejes estratégicos es impulsar el uso de inteligencia artificial en la administración pública, de la cuál, la Armada forma parte.

Recientemente se ha publicado la primera ley, 15/2022 de 12 de julio de igualdad de trato y no discriminación en el área de la inteligencia artificial, sistemas automatizados para obtener decisiones, datos macro y cualquier tecnología de que tenga un similar significado.

La importancia del marco normativo de este TFM ha quedado demostrada con las últimas noticias<sup>1</sup> de actualidad tecnológica, que informan sobre la investigación de productos comerciales, como CHATGPT, que utilizan técnicas de inteligencia artificial y se quiere comprobar, si están cumpliendo con la normativa de protección de datos de la legislación anterior. El organismo encargado de examinar estos temas específicos en el ámbito nacional es la Agencia Española de Protección de Datos que está a favor de promover el uso e innovación de herramientas tecnológicas, pero siempre que estén dentro del marco normativo.

El cumplimiento de la anterior legislación es transversal al ámbito civil y militar y por ese motivo tiene un impacto relevante en su correcto seguimiento, cuando se implementen nuevas tecnologías 4.0 en cualquier sistema de la Armada.

A lo largo de este punto se ha podido observar como la tecnología 4.0 y la normativa que la regula no van acompañadas en el tiempo, porque la legislación se publica muchos años después a la creación de las distintas técnicas 4.0

## 2.2. DEFINICIONES Y NORMATIVA EN EL ÁMBITO MILITAR

La logística militar tiene sus orígenes en los primeros conflictos y guerras bélicas para mantenerse y aumentar su poder, pero no será considerada como ciencia hasta que se obtienen los primeros estudios. Algunas de las primeras menciones son del siglo VI antes de Cristo, cuando Sun Tzu cita ““Si se avanza con el equipo propio y se toman abastecimientos del enemigo, esto será suficiente para la operación militar. Un país se empobrece en las operaciones militares, cuando tiene que transportar abastecimientos a un lugar distante. El pueblo se empobrece y se amarga con ello. Los que están cerca de la tropa, venden a precios altos y por esta razón, la riqueza del pueblo se agota. Por consiguiente, un general sabio se abastece del enemigo.

---

<sup>1</sup> <https://www.aepd.es/es/prensa-y-comunicacion/notas-de-prensa/aepd-inicia-de-oficio-actuaciones-de-investigacion-a-openai> a fecha 13/04/2023

Cada libra que toma de este equivale a 20 libras de la propia cosecha” (Sánchez et al., 2011, p.24).

Posteriormente a partir del siglo VIII antes de Cristo, el Imperio Romano tenía oficiales romanos encargados del suministro de las tropas y del cálculo del coste de una legión (Menéndez, 2005).

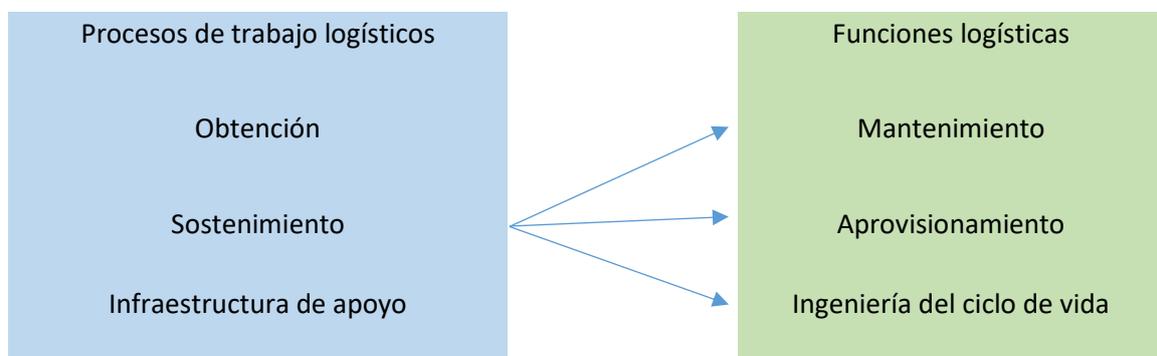
Una de las primeras definiciones del siglo XX sobre este término es de Jesús Salgado, que la describió como “la parte del Arte de la Guerra que tiene por objeto proporcionar a las Fuerzas Armadas los medios de personal, material y servicios para satisfacer en calidad, cantidad, momento y lugar adecuados las exigencias de la guerra” (Ortiz, 2020, p. 26).

En el área de la implementación de las tecnologías 4.0 en la logística, las primeras reflexiones y definiciones son del 05 de julio de 2017, donde el AJEMA aprobó el documento Concepto del Apoyo Logístico, y fija un modelo nuevo de apoyo logístico, que incluye las herramientas 4.0, con unos principios, criterios y líneas generales por las que se tendrán que guiar las autoridades dependientes. Posteriormente mediante la aprobación de la Instrucción Permanente de Logística 0011/2018 de 23 de marzo de 2018 del AJAL, donde se desarrolla el Concepto del Apoyo Logístico mediante directrices que incluyen tecnologías 4.0, y que ayudarán a elaborar una nueva doctrina sobre esta capacidad militar.

Para conocer el significado del **apoyo logístico** se define a continuación como “el conjunto de acciones de planeamiento y gestión que tienen por objeto la obtención unificada y coordinada de todos los recursos logísticos que se requieren para apoyar las Unidades y Sistemas a lo largo de su ciclo de vida. Su concreción en un conjunto de planes parciales para cada Unidad o Sistema constituye el Plan de Apoyo Logístico Integrado (PALI)” (López y Ruesta , 2017, p I-1). Mientras que el **concepto de apoyo logístico** se definirá para cada programa de modernización, con una elaboración flexible de los procedimientos de aprovisionamiento, mantenimiento e ingeniería del ciclo de vida.

El establecimiento de los principios anteriores tiene, entre sus finalidades, la implantación de las tecnologías 4.0 en el apoyo logístico que se divide en tres procesos logísticos: la obtención, el sostenimiento y la infraestructura de apoyo. Del sostenimiento se originan las siguientes tres funciones logísticas, mantenimiento, ingeniería del ciclo de vida y aprovisionamiento, según la figura 1. En la normativa citada en el ámbito de Armada se relaciona las técnicas 4.0 con el mantenimiento, apoyo al ciclo de vida, pero de forma muy escueta y sin estar desarrollada respecto al aprovisionamiento. Esta necesidad de una mayor especificación en la existencia de tecnologías 4.0 en el aprovisionamiento ha sido uno de los motivos por los que surge el objeto de estudio de este TFM.

**Figura 1. Funciones logísticas del sostenimiento.**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Centro de Estudios Superiores de Intendencia de la Armada (CESIA), 2023.

En este TFM se ha elegido el término aprovisionamiento y no logística, porque en la Armada se define **logística** como un concepto de doctrina, en un ámbito de aplicación muy amplio y según la Escuela de Guerra Naval es "una parte del aspecto ciencia de la guerra que tiene por objeto proporcionar a las FF.AA. los medios de personal, material y servicios necesarios para satisfacer en cantidad, calidad, momento y lugar adecuados, las exigencias de la guerra" (Fontena, 1994, p. 601). Mientras que **aprovisionamiento** es un área de conocimiento más acotado y que según el Concepto de Apoyo Logístico de AJEMA es "la función del Apoyo Logístico que tiene por objeto prever, obtener, almacenar y distribuir los medios materiales para satisfacer las necesidades de las Unidades y Sistemas" (López y Ruesta , 2017, p III-1).

También se ha pretendido centrar el objeto de estudio en esta área del aprovisionamiento porque podría cerrar el ciclo del proceso del sostenimiento con tecnologías 4.0, aprovechando la reciente y continua implantación en el mantenimiento y las relaciones directas e indirectas de ambas funciones. De esta forma se obtendrían más ventajas desde el punto de vista económico y tecnológico.

Otros dos conceptos fundamentales a tener en cuenta en este trabajo porque se empleará en los siguientes párrafos, es el concepto de **repuesto**, que se describe como “pieza que tiene aplicación en un Sistema/Equipo/Componente determinado y que se almacena en pañoles para reemplazar al idéntico instalado, en caso de avería de éste o durante los mantenimientos programados” (Bandín y Pery, 2012, p. 40).

Mientras que **pertrecho** se define como “artículo portátil y duradero, destinado a satisfacer necesidades específicas de carácter general o particular, que no forma parte integrante de un Sistema/Equipo/Componente y que contrariamente a lo que sucede con un repuesto admite generalmente su reemplazo por otros artículos de naturaleza similar, sin que sea condición indispensable su igualdad con el sustituido” (Bandín y Pery, 2012, p. 42).

A continuación, es necesario conocer los distintos niveles de gestión de los repuestos y pertrechos que se han definido anteriormente, el lugar que ocupan y la autoridad responsable de su gestión, de acuerdo a la norma permanente de organización núm. 2/2021, del AJAL:

- La gestión del primer escalón de aprovisionamiento es la llevada a cabo en los buques y unidades de infantería de marina. Tiene como función mantener los niveles de acopio adecuados al periodo de autonomía logística establecido. La responsabilidad de sus funciones recae en el oficial al mando del buque o unidad.
- La gestión del segundo escalón de aprovisionamiento es la llevada a cabo en los arsenales de apoyo de la Armada. Tiene como función garantizar el suministro de repuestos y pertrechos a los buques y unidades de infantería de marina que apoyan. Aunque cada vez son más los repuestos que se encuentran fuera de los anteriores almacenes y se gestionan físicamente en naves pertenecientes a empresas relacionadas con sus mantenimientos, como

Navantia e Indra. La última responsabilidad de la gestión de sus niveles recae en la autoridad de la AJAL.

### 2.3. TECNOLOGÍAS 4.0 QUE PODRÍAN AFECTAR AL APROVISIONAMIENTO DE EQUIPOS 4.0 EN ARMADA

En el inicio de este apartado es necesario explicar que no se ha podido seleccionar una única técnica de la tecnología 4.0 para su estudio, porque el objeto principal de este estudio es el aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes de buques de superficie en la Armada, y estos sistemas utilizan, en un porcentaje muy alto, distintas áreas de conocimiento 4.0. En los próximos apartados se podrá observar como la mayoría de estas técnicas están relacionadas entre sí, en su funcionamiento, para poder obtener resultados más eficientes y equitativos, que son algunos de los objetivos que se marca la Administración pública en distintas leyes como la Ley 47/2003, de 26 de noviembre, General Presupuestaria, por ser uno de sus principios rectores en las políticas del gasto público.

De acuerdo con el artículo de la Revista General de la Armada (Díaz del Río, 2021) y a la Instrucción Permanente de Logística 0011/2018 de 23 de marzo de 2018 del AJAL, las herramientas y técnicas que se prevé que puedan ser útiles en la Armada son las siguientes:

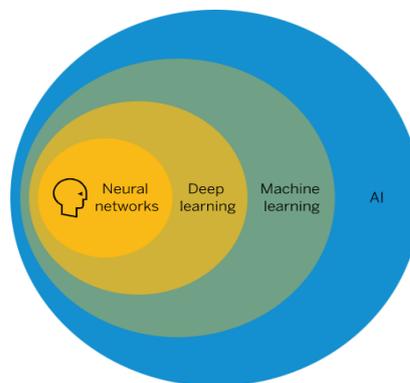
- Maqueta digital.
- Gemelo digital.
- Computación en la nube.
- Internet de las cosas.
- Datos macro.
- Fabricación aditiva.
- Inteligencia Artificial.
- Redes neuronales.
- Inteligencia empresarial.
- Visualización de datos inteligente.
- Detección inteligente de anomalías.
- Intranet de las cosas.

En el estudio genérico de estas técnicas reseñar, que su implementación podría suponer un ahorro en costes del 30%, una reducción de inventario del 75% y una disminución de pérdida de beneficio del 75% (Kurdi et al., 2023). Según el informe del año 2020 de la Asociación Española para la Digitalización, el 6% de las empresas en el año 2017 había obtenido ventajas competitivas y por consiguiente se encontraba en una etapa posterior a la inicial (Asociación Española para la Digitalización [DigitalES], 2020).

De las anteriores tecnologías citadas, las que serían necesarias y explicadas para que nuestro aprovisionamiento 4.0 de equipos inteligentes funcione, serían:

- La **inteligencia artificial** es la capacidad de los programas para utilizar fórmulas matemáticas, de las que extraen información y que posteriormente la utilizan para la toma de decisiones y el aprendizaje (Lasse, 2018). Aunque con esta definición el lector podría hacerse una primera aproximación, esta herramienta puede especificarse en otras más detalladas y complejas, según se observa en la figura 2 y los siguientes párrafos:

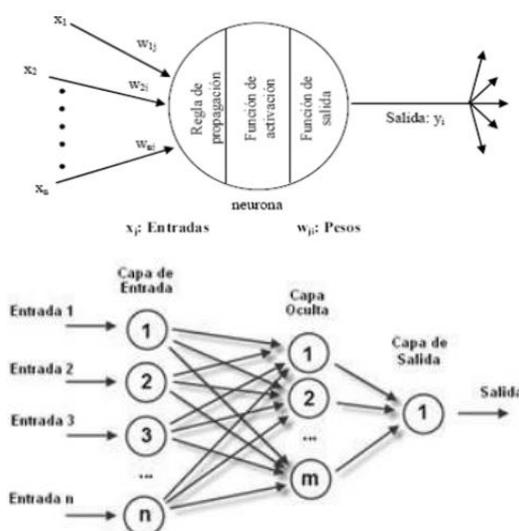
**Figura 2. Tipología de inteligencia artificial**



Fuente: [https://www.sap.com/latinamerica/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html#:~:text=Machine%20learning%20es%20un%20subconjunto%20de%20la%20inteligencia,%E2%80%93en%20lug-ar%20de%20ser%20expl%C3%ADcitamente%20programadas%20para%20hacerlo%E2%80%93](https://www.sap.com/latinamerica/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html#:~:text=Machine%20learning%20es%20un%20subconjunto%20de%20la%20inteligencia,%E2%80%93en%20lug-ar%20de%20ser%20expl%C3%ADcitamente%20programadas%20para%20hacerlo%E2%80%93, a fecha 17/03/2023), a fecha 17/03/2023

- El **aprendizaje automático** es una forma de emplear la inteligencia artificial, utilizando fórmulas matemáticas para adquirir conocimientos de modelos de datos, máquinas que realizan determinadas tareas sin haber utilizado ningún lenguaje de programación. Algunos de los ejemplos donde se utiliza esta técnica en el aprovisionamiento sería la determinación de los precios de mercado, estimación de la demanda futura y encuentro de anomalías, fuera del ámbito anterior en la selección de bandeja de los correos que llegan, se llevan a la bandeja de entrada o a la de correo no deseado, en función del análisis realizado (Lasse, 2018).
- El **aprendizaje profundo** se encuentra dentro del aprendizaje automático y es utilizado para obtener objetivos de mayor dificultad, con la necesidad de procesar mayor volumen de datos. Este tipo de aprendizaje necesita de **redes neuronales** para alcanzar metas muy complejas. Estas redes se distribuyen en niveles para interconectar sus similitudes o diferencias y además poder seguir determinados caminos de datos que se hayan prefijado, según se muestra en la figura 3 una red neuronal y su estructura. Esta tecnología ya se está empleando en la toma de decisión de seleccionar los proveedores más adecuados, los ejemplos del anterior punto y aplicaciones que pueden entender cualquier idioma a través del reconocimiento de voz (Ahumada, 2016).

Figura 3. Estructura de neurona y de redes neuronales



Fuente: (Moreno, 2009)

- Con **internet o intranet de las cosas** se pueden conectar los equipos inteligentes con los dispositivos que van a realizar tareas del aprovisionamiento 4.0. Por el motivo anterior, los participantes en todo el proceso entenderán mejor los tiempos de respuesta en los distintos procesos y el flujo de materiales necesarios, para obtener una mejor respuesta a los posibles problemas y las metas que se fijen (Zito, 2019). Según un estudio de 2019 en Asia que realizó cuestionarios a 717 empresas, menos del 30% de ellas ha incorporado esta tecnología (Junaidi, 2022), pero de acuerdo a encuestas realizadas el 80% de las empresas en 2025 esperan utilizar esta técnica (Alagarsamy et al., 2019).
- Utilización de datos de la **nube**<sup>2</sup> que es una red de servidores situados en diferentes partes del mundo, donde el usuario utiliza sus datos desde cualquier dispositivo con internet. Existen nubes públicas, privadas, híbridas y comunitarias. En el caso de utilizar en el aprovisionamiento los servicios de la nube se podría mejorar la integración de todos los actores que se interrelacionan en esta área, beneficiándose de reducción de los costes operativos, una mejor obtención de información de todos los procesos, recorte de los tiempos de espera, soluciones alternativas de obtención y mejor seguimiento y actualización de la información requerida (De Camargo Junior y Pires, 2021).
- Otra de las técnicas que todavía no se ha citado es la **cadena de bloques** que se podría explicar cómo una base de datos que se divide en bloques encriptados con transacciones, los cuales permiten crear un dato compartido e inalterable de cada transacción. Todo esto permitiría aumentar la interoperabilidad de la información de un aprovisionamiento 4.0, su trazabilidad y lucha contra los productos falsos (Borrero, 2019). Mediante la técnica de la trazabilidad se ahorra un 20% en costes de transporte, se reducen los accidentes de los trabajadores en un 50%, se evitan los productos en mal estado en un 40% por rotura de la cadena de frío y mejoran las incidencias de los clientes un 20% (DigitalES, 2020).

---

<sup>2</sup> <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-the-cloud> a fecha 05/03/2023

- El uso de **datos macro** que se podría referir a una tecnología que intenta seleccionar, almacenar procesar y analizar la información requerida de una gran cantidad de datos. Estos datos se pueden clasificar en estructurados, no estructurados y semiestructurados. Esta información podría impactar en la toma de decisiones del aprovisionamiento 4.0 (Nicolalde, 2018). Existen cifras que calculan, que entre el 80% y el 90% de los datos son estructurados, por lo que su análisis es más sencillo y con un mayor valor (Lasse, 2018).
- La **ciberseguridad** aunque no se recoja como tecnología 4.0 en el artículo de la Revista General de la Armada (Díaz del Río, 2021) y en la Instrucción Permanente de Logística 0011/2018 de 23 de marzo de 2018 del AJAL, es una técnica 4.0 de acuerdo a la figura 4 del estudio de Boston Consulting Group (Rüßmann et al., 2015). Esta tecnología es un factor muy importante que debería proteger no sólo alguna parte de la organización sino el conjunto de ellas, porque al igual que las nuevas tecnologías las amenazas están avanzando muy rápido y con mayor frecuencia. Un ejemplo son los 52 ciberataques a infraestructuras críticas y servicios básicos del país durante los 9 primeros meses del año 2015 (Aguilar, 2017). Otro de los datos a destacar es el porcentaje del 10% de empresas que contratan pólizas de seguros para evitar los riesgos de las ciberamenazas (Aguilar, 2017).

**Figura 4. Tipología de tecnologías 4.0**



Fuente: Rüßmann et al., 2015

### **3. BENEFICIOS Y OBSTACULOS DE LA TECNOLOGÍA 4.0 EN EL APROVISIONAMIENTO 4.0**

Del estudio que se ha realizado en el marco teórico, sobre las distintas tecnologías 4.0 que serían necesarias para la posible implementación de un aprovisionamiento 4.0 han surgido algunos beneficios y obstáculos que sería recomendable analizar con detalle durante este apartado.

A continuación, se estudiarán algunas de las ventajas, que proporciona la incorporación de este conjunto de técnicas al aprovisionamiento 4.0 de la Armada, como son:

- Reducción de inventarios de repuestos y pertrechos que no sean de seguridad y que no tengan una alta probabilidad de fallo. Este objetivo se podría alcanzar con algoritmos de inteligencia artificial, combinados con la utilización de metadatos, internet de las cosas y demás tecnologías 4.0 que se relacionan. Empresas entrevistadas han declarado que han reducido su inventario un 75% (Calatayud y Katz, 2019).
- Reducción de costes de almacenamiento de repuestos y otros materiales que no sean de seguridad y que su probabilidad de fallo sea baja. Se puede alcanzar con las mismas tecnologías del párrafo anterior y las empresas entrevistadas han declarado que han reducido este coste entre un 15% y un 30% (Calatayud y Katz, 2019).
- La reducción de costes de administrativos de los anteriores materiales se puede alcanzar con las mismas tecnologías del primer párrafo y las empresas entrevistadas han declarado que han reducido este coste hasta un 80% (Calatayud y Katz, 2019).
- El precio actualizado. Esta mejora está cada vez más presente en nuestras actividades diarias, como en la utilización de servicios de vehículos con conductor o taxi, en la que, dependiendo de múltiples variables, el precio ofertado por el servicio de transporte cambia y es conocido por los clientes. También se está utilizando en el transporte marítimo y aéreo (Calatayud y Katz, 2019).

- La exactitud de su trazabilidad. Este resultado se obtiene como consecuencia de la utilización de la cadena en bloques, porque sus registros son inalterables y aseguran su originalidad (Granillo, 2022).
- Correcta ubicación de los materiales necesarios. Este beneficio se alcanza a través de una capa de sensores, como pueden ser de georreferenciación o de radiofrecuencia, para que posteriormente se obtengan resultados eficientes mediante los datos macro o más bien conocido como big data (Blanco et al., 2017).
- Ahorro en el coste del material que se determine que cumple con las especificaciones técnicas, mediante la impresión de tres dimensiones (3D) de material. También se produciría un ahorro en la obtención de repuestos y pertrechos como consecuencia de una menor frecuencia de compra de estos, con motivo de una mayor utilización, porque en la actualidad se está realizando un cambio de mantenimiento preventivo por un mantenimiento basado en la condición.
- Mediante la implementación de la tecnologías 4.0 en la obtención, que se impulsa con el cambio de mantenimiento citado anteriormente se produce un ahorro en el tiempo de suministro (Ruiz, 2018). Otro de los factores que influyen en la eficiencia anterior es la utilización de inteligencia artificial y comercio electrónico, este es uno de los procedimientos que está utilizando Amazon (Calatayud y Katz, 2019).
- Conocimiento exacto de la fecha de caducidad si la tiene, para así evitar las pérdidas de recursos, a través de la conexión en la nube y posterior consulta, por las distintas organizaciones que son usuarias del material necesario (Bejar y Jove, 2020).

Como se puede observar en los beneficios anteriores la eficiencia aumentaría significativamente, como consecuencia de la utilización de tecnologías 4.0 en la cadena de aprovisionamiento, pero además podrían ser necesarias para una correcta toma de decisiones en un nivel de actividad rutinaria y cuando existan criticidades que impliquen la pérdida de operatividad parcial o total de un buque de la Armada.

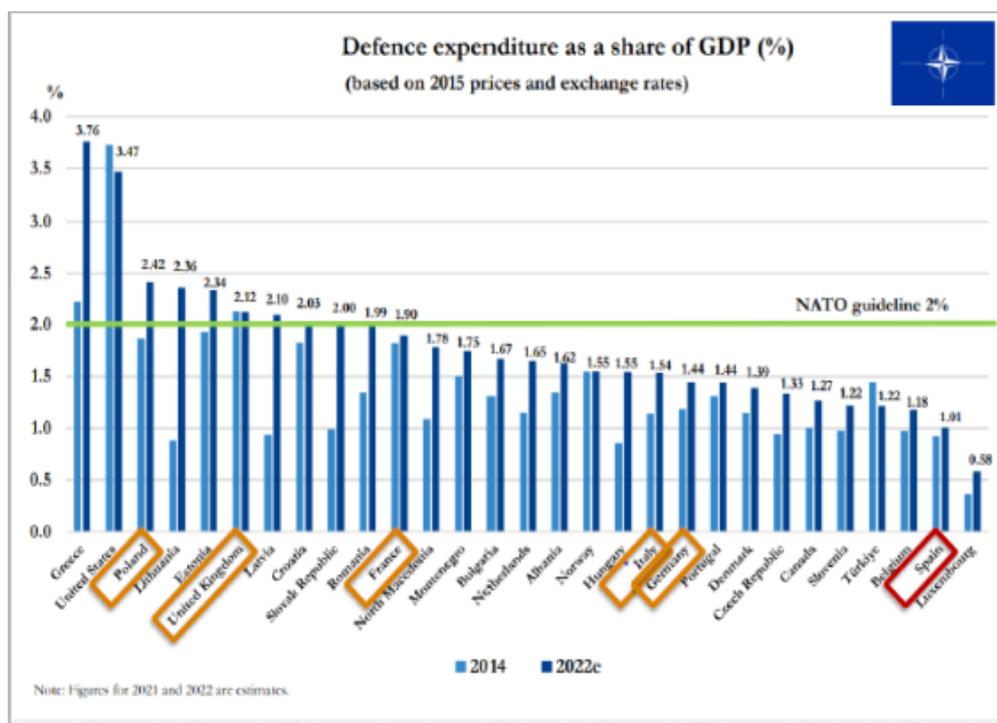
Finalmente otro de los beneficios que podría obtener la Armada es ser una de las primeras instituciones de la administración pública en implementar el 4.0 en su

aprovisionamiento, sin tener que iniciar un programa de investigación, desarrollo e innovación, porque estas técnicas ya están siendo llevadas a cabo por un porcentaje muy amplio de empresas de la cadena de suministro. Un ejemplo de la anterior afirmación se puede encontrar en datos que demuestran, que un 98% de empresas incluyen internet de las cosas dentro de la estrategia empresarial (Lee, 2019).

Aunque cada vez más la población es usuaria y está invirtiendo en productos y servicios que tienen integradas tecnologías 4.0, como pueden ser frigoríficos, televisores, altavoces, sistemas de refrigeración y calefacción, aplicaciones móviles y muchos más, todavía existen barreras que dificultan que estos procesos consigan un mejor funcionamiento y alcance en el ámbito institucional, empresarial y personal. A continuación se estudian aquellos que más podrían impactar en la Armada, con sus posibles soluciones y como consecuencia de tener centros logísticos de pequeño y mediano tamaño en las distintas áreas geográficas:

- De acuerdo a la existencia de recursos presupuestarios escasos empleados en la defensa de España en comparación con otros países de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), según se puede observar en la figura 5 y debido a la necesidad de suplir infinidad de requerimientos, éstos podrían ser empleados en necesidades operativas por tener una prioridad más acuciante. La resolución de este obstáculo es posible con el diseño de un planeamiento donde se pudiera demostrar que los resultados de una inversión en este tipo de tecnología en el aprovisionamiento produjese resultados muy positivos y además tuvieran un retorno significativo para la institución en otras áreas relacionadas con esta función logística.

Figura 5. Gasto en defensa en relación al PIB de los países de la OTAN



Fuente: [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/220627-def-exp-2022-en.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/220627-def-exp-2022-en.pdf) a fecha 21/03/2023.

- En relación con la escasez de recursos económicos del punto anterior podría existir dificultad para ampliar el uso de tecnologías 4.0 más allá del mantenimiento dentro del área del apoyo logístico, que es donde se están centrando ahora mismo los primeros esfuerzos. La resolución de este obstáculo necesitaría del convencimiento del personal directivo en la Armada, que es quien tiene la potestad para tomar este tipo de decisiones.
- Existencia de un ancho de banda pequeño en los buques que se pretende solucionar en el área del mantenimiento, con un programa de I+D+i denominado Mantenimiento Predictivo Embarcado (MAPRE) con una inversión inicial de 500.000 € (Díaz del Río, 2021). En el campo del aprovisionamiento sería necesario una solución del mismo tipo que la anterior, con la ventaja de poder aprovechar una parte o todo de la infraestructura instalada para MAPRE.
- Existe falta de personal experto en tecnologías 4.0 en España, debido al gran avance que se está produciendo en estas nuevas capacidades y el problema se agrava cuando no existe una buena coordinación entre el ámbito educativo y los poderes potestativos del empleo según la memoria sobre la situación

socioeconómica y laboral de España del año 2018 del Consejo Económico y Social de España. Todas desventajas citadas anteriormente podrían obstaculizar la obtención de la compleja programación de estas tecnologías en el aprovisionamiento y su posterior mantenimiento e ingeniería del ciclo de vida. Se debería hacer una contratación externa para iniciar este tipo de procedimientos, e iniciar planes educativos en las distintas escuelas de la Armada, para adquirir los conocimientos requeridos que permitan obtener una nueva capacidad y de esta forma la viabilidad de estos proyectos.

- Ante el incremento de ciberataques, el aumento en el grado de especialización de éstos para conseguir sus objetivos y la mayor exposición de nuestros datos, programas y sistemas en las redes de comunicaciones sería necesario unas medidas de ciberseguridad que al menos compense los peligros citados anteriormente. En el año 2016 el 80% de las empresas en Europa sufrieron un incidente relacionado con ciberataques y el 69% de éstas no comprenden su exposición a este tipo de riesgos (Duncan et al., 2019).
- Como en cualquier cultura existe resistencia a los cambios, que se podría solucionar con una correcta divulgación del buen saber hacer de este tipo de avances (Ruano, 2003).
- En los últimos años y en la actualidad<sup>3</sup> el poder legislativo de España conjuntamente y en coordinación con los distintos organismos de la UE están iniciando la producción normativa en el área del 4.0, según la Propuesta del Reglamento de la Comisión Europea del año 2021. Debido a la incipiente situación de la normativa de la UE y de España podría obstaculizar y dificultar con cambios a posteriori, los inicios en la ejecución de la implantación de este tipo de tecnologías en la Armada. Esta última idea se respalda con las declaraciones del presidente de Telefónica, en las que dice que es imposible dirigir su compañía con la normativa de un nuevo entorno, según se recoge en la Junta de accionistas del día 31 de marzo de 2023 (Álvarez-Pallete, 2023).

---

<sup>3</sup> <https://es.investing.com/news/stock-market-news/ante-el-auge-de-la-ia-la-ue-debate-nuevas-normas-2375225> a fecha 22/03/2023

- Durante la pandemia del COVID-19 y los años posteriores se inician los problemas en la cadena de suministro y particularmente en los circuitos integrados, que provienen de países exteriores a la UE. Éstos son un componente crítico para algunas de las implementaciones de las tecnologías 4.0. Una de las posibles soluciones es incrementar su diseño y producción en la UE y disminuir la dependencia. La implementación de la anterior medida se lleva a cabo por parte de España y la UE en distintos proyectos, según el Índice de la Economía y la Sociedad Digitales 2022 (Comisión Europea [CE], 2022).

Sin el conocimiento de datos se podría pensar que la principal dificultad es el desembolso de la inversión inicial, pero la solución correcta se puede leer en la respuesta de la siguiente pregunta.

¿Cuáles son las barreras más importantes que podrían fijar unos límites mínimos de partida para cualquier empresa e institución?

Según un estudio de la International Journal of Environmental Research and Public Health la barrera más compleja para una microempresa es la falta de decisión de los directivos, mientras que para las pequeñas y medianas empresas es la necesidad de apoyo de las autoridades con su regulación (Machado et al., 2021). Esta última conclusión se ve reforzada con noticias<sup>4</sup> en las que un país, como Italia prohíbe temporalmente el uso de inteligencia artificial en un determinado programa de Microsoft, por supuesto incumplimiento de la ley sobre privacidad de datos.

Finalmente, es necesario significar que cada uno de los obstáculos y barreras que se han estudiado durante este punto, como pueden ser la alta demanda de personal cualificado en tecnologías 4.0, la existencia de un ancho de banda pequeño en los buques navegando y la falta de presupuesto respecto a otros países OTAN, tienen soluciones y no son impedimento para la viabilidad de la implantación de un aprovisionamiento 4.0 de equipos inteligentes

---

<sup>4</sup> <https://in.investing.com/news/chatgpt-banned-in-italy-by-regulators-over-data-privacy-concerns-3581641> a fecha 31/03/2023.

#### **4. SITUACIÓN ACTUAL DEL APROVISIONAMIENTO Y REQUISITOS NECESARIOS PARA ALCANZAR EL APROVISIONAMIENTO 4.0 EN LOS BUQUES DE LA ARMADA**

Debido a la reciente implantación de tecnologías 4.0 en el apoyo logístico militar, de acuerdo a la normativa que se explicó en el marco teórico, y a que la aplicación de estas técnicas 4.0 en el aprovisionamiento actual podría crear un modelo innovador en la Armada y en el Ministerio de Defensa, se realizarán los siguientes pasos para observar el aprovisionamiento actual y las variables que afectarían para alcanzar un aprovisionamiento 4.0:

- Un análisis inicial de la tecnología que posee este organismo y que podría ayudar a la implementación de un aprovisionamiento 4.0, con el respaldo de ejemplos de empresas e instituciones que han llevado a cabo estas técnicas 4.0 con éxito.
- Un breve resumen de las causas por las que sería necesario alcanzar un aprovisionamiento 4.0 y los principales hitos que se deben de cumplir.
- Se estudiará el entorno para comprobar puntos a favor o en contra del objeto del TFM.
- Toda la información anterior será apoyada por datos de variables numéricas que podrían afectar a la implementación.
- Finalmente se realizará un resumen de las ideas más significativas de este punto y una matriz DAFO.

##### **4.1. BASES TECNOLÓGICAS DEL APROVISIONAMIENTO ACTUAL EN BUQUES DE SUPERFICIE PARA CONVERTIRSE EN 4.0**

En la actualidad el aprovisionamiento que se está realizando en los buques de superficie de la Armada se caracteriza por, haber avanzado en su base tecnológica significativamente mediante los siguientes sistemas:

- La implementación del Intercambio Electrónico de Datos (EDI) en el comercio electrónico basados en Estándares Mundiales Uno (GS1) de la Asociación Española de Codificación Comercial (AECOC) entre empresas (b2b) y empresa cliente (b2c), que se aplica en las grandes categorías de compra centralizadas, como repuestos de motores de buques, víveres, material de limpieza, material

de oficina e informático, y próximamente en el vestuario (De Ramos y Galán, 2011). La estructura de intercambio electrónico de datos de esta tecnología se puede observar en la figura 6, y se podría resumir en la disminución de carga de trabajo automatizando tareas, porque se hacen los pedidos en los primeros escalones a través de una aplicación y se reciben en la dirección determinada, evitando controles de inventario y gestión stocks de los segundos escalones de aprovisionamiento.

**Figura 6. Intercambio electrónico de datos.**



Fuente: GSI<sup>5</sup> ARGENTINA, 2023.

<sup>5</sup> [GS1 Argentina - El lenguaje mundial de los negocios](#) a fecha 04/05/2023.

- En la aplicación de Sigma Web se pueden consultar las existencias de repuestos y pertrechos de toda la Armada por tener un almacenamiento virtual único (De Ramos y Galán, 2011). Cualquier consulta de un repuesto determinado se podrá observar en que almacén se encuentra, tanto civil como militar y el número de unidades que existen, como se representa en la figura 7.

Figura 7. Almacén virtual único.

**Existencias en Almacén Z - Material 15-054-4489**

**Identificación**

Almacén	Z	
Material	15-054-4489	LAMP LUZ-MEZCLA E40 ELIP 225V 500W BLANCO
Situación	2	IDENTIFICACIÓN ACTIVA
Servicio	B	REPUESTOS
Unidad Entrega	25	Unidad
Gestión	C	GESTIONADO POR SERVICIO (EJÉRCITO)/AGENC
Porcentaje		
Código SIM	1	SIM (CON NIVELES)

**Existencias**

Provisionales	Reales	Reservadas	Pte. Adquirir	Pte. Recibir	En Reparación	En Redistribución	Comprometidas	I# Pasada
0	56	0	20	0	0	0		56

Precio: 77,92 Eur/EA  
 Parte Movimiento: 446  
 Fecha Parte Movimiento: 15/01/14  
 Fecha Última Salida:  
 Orden de Inventario:  
 Línea Orden de Inventario:  
 Ubicación por Defecto: AG 21 007-02-C ALM./GRAL.PERTRECHOS  
 Motivo Actualización: Y CAMBIO CODIGO MATERIAL

**Ubicaciones**

Cantidad	Ubicación	Nº Lote/Serie	Fec. Fabricación	Fec. Caduc./Garantía	Fabricante Referencia
56	AG 21 007-02-C				

Fuente: Elaboración propia a partir de un pantallazo en la aplicación SIGMA-WEB, 2023.

- Existen **estanterías automatizadas** en los segundos escalones de aprovisionamiento para el almacenaje de repuestos con un tamaño pequeño, de acuerdo a la figura 8.

Figura 8. Estanterías automatizadas.



Fuente: Elaboración propia a partir de una foto en el Servicio de Repuestos del Arsenal de Ferrol, 2023.

Pero no solo es necesario fijarse en el ámbito de estudio del aprovisionamiento, sino que también, el mantenimiento e ingeniería del ciclo de vida actuales afectarán e impactarán en las mejoras requeridas de los posibles procesos del aprovisionamiento 4.0, porque están conjuntamente relacionados en la capacidad militar del sostenimiento, según la figura 9 que se adjunta más abajo. Un ejemplo explicativo podría ser, que la determinación óptima de necesidades del mantenimiento afectará en los tiempos de respuesta de los procesos del aprovisionamiento, para que los repuestos y pertrechos lleguen en el momento necesario y al lugar requerido. También existe la posibilidad de comunicación entre las aplicaciones/programas de ambas funciones logísticas y debido a estas interconexiones se necesita estudiar brevemente el estado actual del mantenimiento, que se caracteriza por:

**Figura 9. Forma de relacionarse las funciones logísticas del sostenimiento.**



Fuente: Hernández, 2023.

- Una base tecnológica de equipos sensorizados, intensivos en mantenimiento y aprovisionamiento, como pueden ser los motores de los buques, que suministran información a un centro de análisis datos denominado Centro de Supervisión y Análisis de Datos de la Armada (CESADAR), innovación que se inició en el 2010 (González-Aller y Lamas, 2018).
- A partir del año 2019 y teniendo en cuenta al CESADAR se han creado dos nuevas programas (Díaz del Río, 2021) que constan de tecnología 4.0. Su denominación y función principal es la Automatización de Tareas de Vigilancia y Análisis (ATAVIA), que detecta las anomalías de los equipos con intranet de las cosas e inteligencia empresarial. El otro programa es el Sostenimiento

Predictivo basado en Redes Neuronales (SOPRENE), que predice las averías mediante inteligencia artificial. Según filtro realizado en la Plataforma de Contratación del Sector Público (PLACSP), la adjudicación de la investigación y desarrollo de los programas 4.0 en el mantenimiento se ha adjudicado a empresas nacionales, por lo que el grado de dependencia de terceros países en tecnologías sensibles disminuye.

- De acuerdo a la última noticia de [infodefensa.com](https://www.infodefensa.com)<sup>6</sup>, donde el responsable de los servicios comerciales afirma, que existe la capacidad de automatizar el 80% de los trabajos del mantenimiento del primer escalón de un buque de superficie de la Armada. Esta cifra tiene consecuencias en un posible aprovisionamiento 4.0, porque para que exista una automatización relevante de los equipos inteligentes, éstos tienen que tener la capacidad de comunicarse con el programa de aprovisionamiento 4.0, para demandar sus necesidades de repuestos y pertrechos necesarios para la realización de las tareas de mantenimiento.

Para hacerse una imagen de la inversión que se está realizando en los últimos años se expone el presupuesto dedicado a esos proyectos del mantenimiento, en los que se adjudicaron en 2018 para SOPRENE 595.041,32. €. Mientras que en ATAVIA se adjudicaron 495.867 €, 353.261 € durante el año 2021, 2022 respectivamente, según filtro realizado en la PLACSP.

Otro de los cambios más significativos que se está produciendo en la actualidad, es la integración de todas las aplicaciones logísticas del sostenimiento en la Armada en una sola aplicación, denominada Sistema de Información Logística (SIL). Este sistema podría obtener soluciones del ATAVIA (Díaz del Río, 2021), por lo que supondrá un avance tecnológico significativo para la logística de los buques de superficie. Aunque la comparación del retorno de los beneficios que se podría obtener de la anterior ventaja con la implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 sería sustancialmente más pequeña, según especificaciones que se redactarán a lo largo de este TFM.

---

<sup>6</sup> [Mondéjar \(Navantia\): "El 80% de las tareas de primer escalón en un barco se pueden automatizar" \(infodefensa.com\)](https://www.infodefensa.com), a fecha 20/03/2023.

De lo explicado anteriormente se podría deducir que en el aprovisionamiento se ha avanzado intensamente con la implantación de nuevas tecnologías, pero todavía no se han incorporado las técnicas 4.0. Mientras que en el mantenimiento existe una base consolidada y los proyectos 4.0 han dado comienzo desde hace unos años.

A continuación se explicarán algunas de las tecnologías 4.0 que se podrían aplicar en el aprovisionamiento 4.0 de la Armada y que ya han sido implementadas con éxito por entidades privadas y públicas.

El primer caso de compañía internacional es Walmart que está aplicando la tecnología de la cadena de bloques en la cadena alimentaria para mejorar su trazabilidad.

Otro de los ejemplos de una gran empresa como Amazon es la utilización de los datos macro, generados por sus clientes y sus dispositivos, para tratarlos mediante el aprendizaje automático de inteligencia artificial y así adaptar los contenidos de venta a los gustos de los consumidores (Nicolalde, 2018).

Según un informe de la Business School University of Aberdeen (Duncan et al., 2019), los cinco mayores bancos de Reino Unido, Barclays, Hong Kong and Shanghai Banking Corporation (HSBC), Lloyds, Nationwide y el Royal Bank of Scotland (RBS) están empleando los servicios de la nube para reducir costes.

La empresa farmacéutica Pfizer ha implementado internet de las cosas en su cadena de aprovisionamiento, para que pueda realizar una producción individualizada de medicamentos en terapias personalizadas. También le permite realizar registros electrónicos, que le ayuda a realizar análisis de datos más rápidos y económicos (Alagarsamy et al., 2019).

Las empresas navieras como NileDuctch utilizan la tecnología de inteligencia artificial para mejorar la eficiencia de la gestión de contenedores, donde se detecta la demanda de estos con una antelación de 16 semanas, en función del tipo de contenedor necesario. De esta forma, se mejora el espacio disponible de las terminales de carga, que es un recurso crítico y que permite ahorrar costes (Ceballos et al., 2022).

En el ámbito de instituciones que han implantado las tecnologías 4.0 en su aprovisionamiento se pueden citar al Ejército de Tierra, que ha obtenido el certificado UNE 0060 de industria 4.0 en algunos organismos, como en el Parque y Centro de Abastecimiento de Material de Intendencia (PCAMI) de Madrid. Esta información se proporcionó a los alumnos de este master durante la visita que se realizó a sus instalaciones.

Otro de los organismos públicos que está utilizando tecnologías 4.0 es la Entidad Pública Empresarial Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (ENAIRE)<sup>7</sup>, que almacena los datos de su aprovisionamiento en la nube y además esta misma nube tiene un sistema que permite la firma electrónica al ciudadano.

Normalmente como se ha podido observar en los ejemplos anteriores, las distintas técnicas no funcionan de forma aislada sino conjuntamente para que mediante las sinergias obtenidas de ambas puedan obtener mejores resultados.

#### 4.2. ESCENARIO PARA ALCANZAR UN SISTEMA DE APROVISIONAMIENTO 4.0 PARA EQUIPOS INTELIGENTES EN BUQUES DE SUPERFICIE

Una vez se ha analizado la situación actual de la base tecnológica del aprovisionamiento en un buque y se ha comprobado, que se implementan cada cierto tiempo nuevas tecnologías para mantenerse actualizados respecto al aprovisionamiento del ámbito empresarial privado y público, el siguiente objetivo del TFM es analizar si las nuevas tecnologías 4.0 tendrían cabida en la política de logística que estos años se ha venido implementando, para alcanzar un aprovisionamiento 4.0, por los siguientes motivos:

- Porque es necesario mantenerse tecnológicamente entre los primeros países internacionales, con un apoyo logístico avanzado. Para conseguir esto también tienen que cumplirlo sus funciones, como el aprovisionamiento.
- Por la mejora de eficiencias actuales, de acuerdo a las explicaciones que se han realizado en las definiciones del marco teórico.

---

<sup>7</sup> <https://enaire.sede.gob.es/login> a fecha 29/03/2023

- Estas nuevas implementaciones de tecnologías 4.0 en el apoyo logístico y en el aprovisionamiento lograrían aumentar el número de horas de funcionamiento de los buques y a su vez se conseguirá un aprovisionamiento 4.0.
- Como se ha podido observar en la normativa de Armada en el marco teórico ya se ha iniciado la implantación de las técnicas 4.0 en el mantenimiento y para que el sostenimiento tenga un funcionamiento coordinado y eficiente cualitativamente y cuantitativamente, sería necesario que también se implementasen en las otras dos funciones logísticas, el aprovisionamiento y la ingeniería del ciclo de vida.
- El último de los motivos se debe a una implementación de las distintas tecnologías 4.0 con éxito, en los distintos ejemplos que se citaron en el punto anterior.

Desde el punto de vista de los procesos administrativos para alcanzar la meta de un aprovisionamiento 4.0 es necesario estudiar las principales etapas que se deberían de llevar a cabo. A continuación se explicará brevemente y sin entrar en el detalle de estas fases, algunos de los hitos críticos de la 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.

Una de las primeras fases es la necesidad de obtener información consolidada y contrastada, que demuestre con datos cualitativos y cuantitativos que los beneficios de su implementación son muy relevantes y necesarios frente a los obstáculos que se encuentren.

A la anterior etapa le sigue una de las más importantes que es, exponer los resultados de los estudios previos ante el personal con potestad de decisión en la institución, para que admitan que existe esta necesidad. También es imprescindible que se muestren las posibles consecuencias en el caso de que no se implementase un aprovisionamiento 4.0. Una de las primeras es la posibilidad de tener más dificultades para estar situados dentro de las primeras armadas a nivel internacional con un apoyo logístico que destaque por su brecha tecnológica respecto a otras. Esta última característica se recoge en las Líneas Generales de AJEMA 2022, respecto a la importancia de mantener la ventaja tecnológica en la Fuerza y por tener una relación

directa, se podría considerar su relevancia en el Apoyo Logístico a la Fuerza, donde se encuentra el aprovisionamiento.

En el caso de que en la anterior etapa se haya acordado su implementación sería necesario iniciar una fase de planeamiento, donde se recojan los distintos tipos de requisitos necesarios que debe de cumplir el aprovisionamiento 4.0, junto con un calendario estimativo de cumplimiento de hitos.

Cuando la fase de planeamiento finalizase se podría hacer una valoración de los costes que podría suponer esta implementación y su ciclo de vida, para que posteriormente se priorice dentro del conjunto de otras necesidades previstas y estudiadas. El total de éstas se combinarán con la previsión de recursos disponibles y se tomarán decisiones de continuar según el calendario estimativo, retrasarlo o cancelarlo por falta de créditos.

En el caso de que si se pueda dotar de recursos del presupuesto, la última de las fases es traducir los requisitos que se fijaron previamente en especificaciones de productos/servicios, que se trasladarán a los pliegos de contratación, para su posterior licitación e inicio de la implementación de un aprovisionamiento 4.0.

Hasta este momento solamente se habría iniciado, pero todavía quedaría un largo camino de años para alcanzar el aprovisionamiento 4.0. Este sistema es la ejecución de las tecnologías 4.0 que se seleccionaron y definieron en el marco teórico, sobre las funciones principales del actual sistema de aprovisionamiento.

Una de las posibles actuaciones sería centrarse inicialmente en aquellas tecnologías que son más fáciles de implementar y/o que afectan a las áreas más críticas de la gestión del aprovisionamiento en los buques. Posteriormente se finalizaría con la aplicación de las más complejas, que requieran de más investigación y desarrollo y con implicaciones de instalación en distintos emplazamientos físicos.

### 4.3. ENTORNO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL APROVISIONAMIENTO 4.0 PARA EQUIPOS INTELIGENTES EN BUQUES DE SUPERFICIE.

El estudio del entorno de la Armada mediante áreas como la política, militar, económica, social, infraestructura, información, física y temporal (PMESII-PT) ayudará a comprender si la función logística del aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes se podría adaptar mejor o peor a los distintos factores citados (Alejandre, 2018).

En el área de la **política** existe un gran interés por asegurar las cadenas de suministro y que no se creen cuellos de botella, problemas que han resurgido en los últimos años con fuerza. Para evitar lo anterior, otros problemas y estar en el grupo de países destacados, cada partido político<sup>8</sup> intenta en el ámbito nacional, autonómico y local firmar con empresas de tecnología 4.0 acuerdos para la implantación y desarrollo de dicha tecnología. De esta forma también cumplen con los compromisos de participación en proyectos europeos y el impulso de este tipo de tecnologías que promueve la UE, de acuerdo al Índice de la Economía y la Sociedad Digitales (Comisión Europea [CE], 2020).

En el área **militar** se está comprobando con la guerra entre Rusia y Ucrania, que las tecnologías 4.0 son cada vez más decisivas en los combates. Esto quiere decir que si la fuerza utiliza estas técnicas, el apoyo a la fuerza en el área del aprovisionamiento debería de avanzar en su implementación porque conviven con fuertes interrelaciones y vínculos.

En el área **económica** con entornos de alta Volatilidad, Incertidumbre, Complejidad y Ambigüedad (VUCA) se buscan simplificar estos factores mediante el uso de herramientas 4.0, proporcionando una información más detallada y simple. Aumentará la rentabilidad al intentar situar los recursos en aquellas áreas de mayor rendimiento (Antúnez, 2019), como el traslado de un militar que hace tareas rutinarias de relleno de formatos estandarizados, a realizar tareas de supervisión de fallos del programa de aprovisionamiento para su posterior solución.

---

<sup>8</sup> <https://news.microsoft.com/es-es/2023/02/22/isabel-diaz-ayuso-se-reune-con-directivos-de-microsoft-para-conocer-los-planes-de-inversion-de-la-compania-en-la-comunidad-de-madrid/> a fecha 01/03/2023

En el campo **social** el aprovisionamiento 4.0 impactaría positivamente porque su mayor eficiencia implicaría también un aumento del respeto por el medio ambiente, siendo más sostenible y aumentando la prosperidad social (Antúnez, 2019). Desde el punto de vista de la gestión en el nivel de usuario de estas herramientas, el personal más joven estaría mejor preparado, porque cada vez existe un mayor interés por este tipo de avances y los trabajadores emplean cada vez más número de horas con aplicaciones informáticas que utilizan este tipo de tecnologías.

En el ámbito de las **infraestructuras 4.0**, España está haciendo un esfuerzo con infinidad de medidas, entre ellas la puesta en marcha de redes 5G, construcción de un centro de ciberseguridad, implementación de la primera Agencia Española de Supervisión de Inteligencia Artificial de Europa y participa en el proyecto europeo de infraestructura y servicios en la nube de próxima generación (CE, 2020). Todas estas externalidades positivas terminarán afectando directamente o indirectamente a los distintos organismos de Armada. En el apartado 5.2 del análisis de los efectos MIRADO-I (son el material (M), infraestructura (I), recursos humanos (R), adiestramiento (A), doctrina (D), organización (O) e interoperabilidad (I)) se proporcionara más información de la justificación y efectos, pero desde el punto de vista interno de la institución, Armada.

El aspecto de **información** que pueda proporcionar este tipo de herramientas es un factor determinante, porque estos datos filtrados y depurados, como una materia prima elaborada (Antúnez, 2019), ayudará a una mejor toma de decisiones, en el momento oportuno. Se podría obtener un mejor conocimiento de los escenarios a los que se enfrenta el aprovisionamiento 4.0 para los determinados equipos inteligentes que se pretendan analizar. Otro de los campos de información sería los datos de tiempo de espera de cada pedido hasta su recepción, para conocer el momento más adecuado del lanzamiento de los pedidos. Las variables externas influyen cada vez más en la eficiencia del aprovisionamiento.

El factor **físico** en este estudio tiene más relación con el ámbito donde se va a implantar, si surgirán muchas dificultades o por el contrario existen muchas facilidades. Al ser el objetivo principal de instalación en buques de superficie, los problemas que se necesitan sortear son varios, entre ellos el límite de ancho de banda

navegando y evitar los posibles ataques de ciberdelincuencia que son cada vez más frecuentes (Díaz del Río, 2021).

El área **temporal** es un factor determinante para el planeamiento de la mejora de un programa, en este caso la implementación de un posible sistema de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes. De momento no se han estimado tiempos de cumplimiento de ningún objetivo relacionado, solo se hace referencia al desarrollo de las aplicaciones logísticas nutriéndose de los avances de las tecnologías 4.0, según la Instrucción Permanente de logística 001/2018, de 23 de marzo, del Almirante Jefe de Apoyo Logístico por la que se desarrolla del concepto de apoyo logístico.

Del análisis realizado en cada uno de los factores anteriores se puede observar que proporcionan aspectos positivos y que promueven una posible implantación de un aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes. Los obstáculos que surgirían como el ancho de banda y la ciberdelincuencia tienen soluciones, porque son obstáculos que ya se han resuelto con la implantación de los programas, como el ATAVIA y el SOPRENE.

#### 4.4. DATOS EXTERNOS QUE PODRÍAN INFLUIR EN EL OBJETO DE ESTUDIO

A continuación se exponen datos de la evolución de España respecto al desarrollo en tecnologías de última generación, que podrían influir en la implementación del aprovisionamiento 4.0 y que ayudarán a obtener información del grado de su viabilidad.

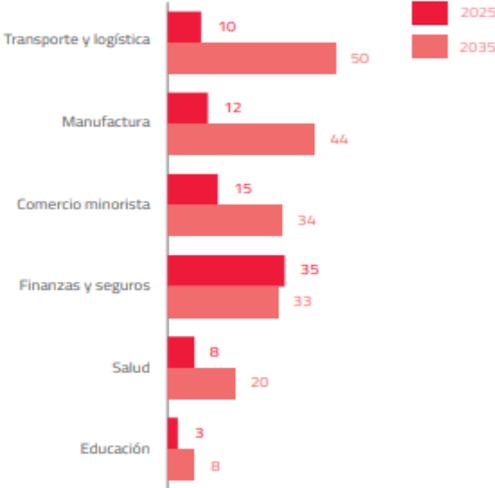
En el año 2013 España se encontraba en el puesto 43 respecto al resto de países de todo el mundo, mientras que en el año 2017 se situaba en el puesto 45, dos por detrás (Siemens, 2016).

En el entorno de la UE, España ha pasado del puesto 11 del año 2020, al puesto 7 en el año 2022, apoyando e integrándose dentro de numerosos proyectos que incluyen tecnologías 4.0, como la intervención en la Asociación Europea de Cadena de Bloques, Década Digital que promueve que el 75% de las compañías de la UE implementen la inteligencia artificial (CE, 2020).

De los anteriores datos se observa que a España le queda un largo periodo de adaptación a las nuevas tecnologías, porque no corresponde su posición a nivel mundial ni europeo, en relación con su clasificación respecto al Producto Interior Bruto (PIB), que está en el puesto 16 y 4 respectivamente, según el informe del Fondo Monetario Internacional (2022).

En relación al impacto de las tecnologías 4.0 en los distintos sectores de la economía de España, respecto del empleo en riesgo de automatización, se puede observar en la figura 10, que el sector de transporte y logística sería el que mayor transformación sufra.

**Figura 10. Sectores con empleo en riesgo de automatización.**



Fuente: Gómez et al., 2022.

Si se analizase el impacto que tendría la inteligencia artificial, en los distintos sectores de la economía y en los próximos cinco años se puede concluir, que la seguridad, donde se incluye la defensa, sería el segundo área que más cambios obtendría, con un 33%. Según IPSOS (2022) de la figura 11, estos datos son el resultado de un cuestionario a 19.504 personas a finales del año 2021, con una edad entre 16 y 74 años.

**Figura 11. Impacto de la inteligencia artificial por sectores.**

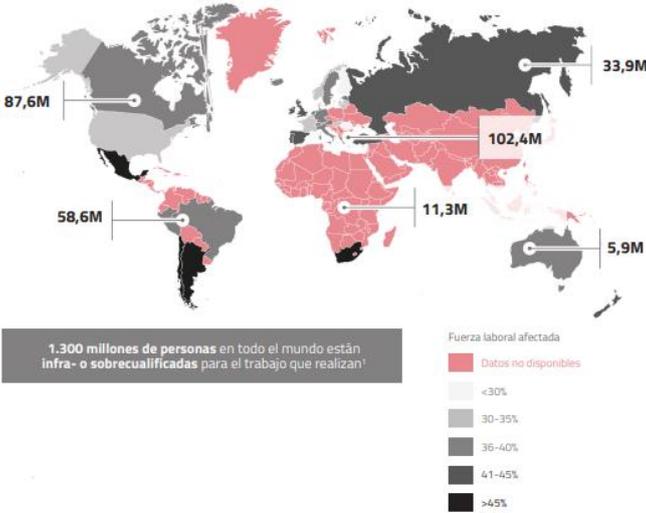


Fuente: Ipsos, 2022.

De acuerdo a la información citada anteriormente es significativo, que una de las áreas con un mayor impacto sea la logística del ámbito de la seguridad y la defensa.

Otra de las variables que tiene repercusiones en la evolución de las tecnologías 4.0 es el porcentaje de empleados que sufrirán cambios en su puesto de trabajo, como consecuencia de existir nuevas necesidades, diferentes a las actuales. En España suponía un impacto entre el 41% y el 45% en el año 2016, según se observa en la figura 12. Con otro significado se podría reseñar que casi 1 de cada 2 trabajadores en España está por debajo o por encima de la cualificación de mercado.

**Figura 12. Millones de personas infra o sobre cualificadas.**



Fuente: Gómez et al., 2022.

#### 4.5. RESULTADOS PRINCIPALES DEL ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL APROVISIONAMIENTO Y LOS PASOS NECESARIOS PARA ALCANZAR UN APROVISIONAMIENTO 4.0

La velocidad del avance de las tecnologías que intervienen en el aprovisionamiento es cada vez más rápida y esto se puede observar en la gran cantidad de tecnologías que se han citado en el punto 4.1, nacidas en periodos de tiempo cada vez más cortos. Según diversas fuentes consultadas, los servicios 4.0 están en su fase inicial de su ciclo de vida, pero su implantación está creciendo a ritmos vertiginosos en diferentes áreas de puntos anteriores, como la logística, el hogar, la energía y demás sectores, que provocará el abandono de esta fase a corto plazo para alcanzar otra de mayor madurez. Por las consecuencias anteriores sería necesario una toma de decisiones rápida para su implantación o avanzar con mayor retraso y sus repercusiones.

La situación actual de la tecnología del aprovisionamiento en la Armada se caracteriza principalmente por poseer un programa que utiliza algoritmos para calcular determinados parámetros, como los niveles de stocks en almacenes según la frecuencia de sus pedidos. También se ha implantado el comercio electrónico, estanterías robotizadas y dato único, pero se consideraría necesario no desaprovechar la oportunidad de sumarse a la última revolución 4.0.

Una vez se han descrito algunos de los factores del entorno de la Armada se ha obtenido que todos los factores están a favor de una posible implantación del aprovisionamiento 4.0 en equipos inteligentes, reseñando la fuerte relación que pudiera existir entre una fuerza con tecnología 4.0 y su apoyo logístico, que deberían transitar por el mismo camino y con objetivos dependientes.

Del punto 4.4 reseñar los indicios obtenidos de los datos numéricos, que indican que España tiene que esforzarse por incrementar significativamente la implantación de tecnologías 4.0, preferiblemente en ámbitos como la logística de la seguridad y defensa, con un fuerte ajuste de la cualificación del personal laboral, si al menos tiene el objetivo de mantenerse en la posición actual del ranking de PIB.

En la Armada existe una fuerte relación entre el aprovisionamiento, el mantenimiento y la ingeniería del ciclo de vida, por ser las tres funciones logísticas del sostenimiento. Este hecho provoca que un cambio profundo en una de ellas tenga consecuencias en las otras dos. El actual cambio que se está produciendo en el mantenimiento, porque se están implementando tecnologías 4.0, para que sea predictivo en aquellos equipos intensivos en repuestos y pertrechos, debería estar acompañado de las mismas técnicas en sus otras funciones logísticas y en particular en el aprovisionamiento, que es el objeto de estudio. En el caso que no existiese la incorporación de estos servicios 4.0 en el aprovisionamiento de equipos inteligentes, éste se podría quedar en una posición relegada, sin ser eficiente y sin resolver los problemas presentes y futuros, que podrían ser más complejos y en mayor número. El resultado final sería una Armada que tendría un sostenimiento con uno de los mejores mantenimientos, pero con un aprovisionamiento obsoleto que lastraría el buen funcionamiento del mantenimiento y a su vez el sostenimiento.

Otro de los factores positivos que se han citado en el punto 4.1, es tener la capacidad de desarrollar el mayor porcentaje de implementación de técnicas 4.0 mediante empresas españolas. Éste ha sido el caso de la implantación que se está llevando a cabo con el mantenimiento 4.0 de la Armada. Todas estas ventajas ayudarán a tener una menor dependencia de terceros países y aumentar las capacidades de las empresas nacionales.

Las grandes empresas internacionales y nacionales están aplicando las tecnologías 4.0 con resultados positivos, como se ha puesto de manifiesto en el punto de los ejemplos empresariales. Reseñar que estas innovaciones normalmente se están usando de forma conjunta para obtener mejores rendimientos y no de forma aislada. En relación con la anterior idea en el área de la regulación normativa, Europa y España en los últimos años están empezando a promover la creación de normativa para impulsar la implantación de estas tecnologías 4.0, pero según ha sido divulgado en la junta general de accionistas de algunas grandes empresas esta producción normativa debe de acelerarse, porque no es suficiente para poder implantar los desarrollos de las tecnologías 4.0 que ya existen en la actualidad. En el ámbito de Armada, las instrucciones citadas en el marco teórico y normativo no desarrollan en profundidad la aplicación de las tecnologías 4.0 en el aprovisionamiento y por ese motivo sería conveniente, que en las próximas actualizaciones que se publiquen se recojan nuevas directrices e intenciones, para al menos la implantación de un aprovisionamiento 4.0 de equipos inteligentes.

Otro de los factores que podría ser clave para la viabilidad del objeto de este trabajo, es el porcentaje de tareas de mantenimiento automatizables en un buque de superficie que podría alcanzar el 80%, según noticia de infodefensa.com que se citó en el punto 4.1. Cifra significativa que podría prever un alto porcentaje de posibles pedidos automatizables de repuestos y pertrechos necesarios para equipos inteligentes, si se pretende alcanzar una automatización significativa de las tareas de mantenimiento. El anterior funcionamiento motivaría que la eficiencia, fiabilidad y equidad aumentarían considerablemente.

Una vez se ha analizado la situación actual del aprovisionamiento y como alcanzar el aprovisionamiento 4.0, sería de utilidad una matriz DAFO según la tabla 1, para recoger de forma más sintética y clarificadora la información citada anteriormente. A partir de esta herramienta se podrán obtener las alternativas que pudieran ser más convenientes para la implementación de un aprovisionamiento 4.0 y así, también se responderían a las preguntas de investigación que se han realizado en la introducción.

El origen del método DAFO está en Albert Humphrey durante los años 70 (Hernández, 2018).

El significado de las siglas de esta herramienta que impactarían en el aprovisionamiento actual y en las variables para alcanzar el aprovisionamiento 4.0 se explicará a continuación (Zafra, 2001):

- Factores riesgo:
  - D, son las **debilidades** internas que se tendrían que superar.
  - A, se describen las **amenazas** del exterior que podrían obstaculizar e impedir.
- Factores de éxito:
  - F, se recogen las **fortalezas** internas que se pueden aprovechar.
  - O, esta sigla estudia las **oportunidades** del exterior que ayudaran.

**Tabla 1. Matriz DAFO**

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>FACTORES INTERNOS</b>	F1. Las tecnologías del actual sistema de aprovisionamiento podrían ser útiles para la obtención de un aprovisionamiento 4.0.	D1. Los buques navegando tienen un ancho de banda limitado.
	F2. Existencia de tecnologías 4.0 aplicadas en el mantenimiento, que es una función logística directamente relacionada con el aprovisionamiento	D2. Falta de una mejor coordinación y perfeccionamiento entre las funciones logísticas del sostenimiento, porque el mantenimiento empieza a tener tecnologías 4.0 y el aprovisionamiento y la ingeniería del ciclo de vida no
	F3. En la actualidad ya existen equipos sensorizados e intensos en necesidades de repuestos y pertrechos como los motores, que sirven de base a la obtención de información de un aprovisionamiento 4.0.	D3. Falta de concienciación del personal directivo en la Armada.
	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>	O1. La utilización con éxito de las tecnologías 4.0 en el área del aprovisionamiento y dentro del ámbito empresarial e institucional.	A1. Ante la posibilidad de un uso mayor de las redes de comunicación existe la probabilidad de un aumento de los ciberataques.
	O2. La logística del ámbito de la seguridad y la defensa será uno de los sectores que más cambios sufra con la aplicación de tecnologías 4.0.	A2. Falta de personal experto en este tipo de tecnologías 4.0.
	O3. Reducción de inventarios de repuestos y pertrechos que no sean de seguridad y que no tengan una alta probabilidad de fallo.	A3. Avance de la tecnología 4.0 más rápido que la creación de la normativa que la regula.
	O4. Reducción de costes de administrativos	A4. Existencia de recursos presupuestarios escasos
	O5. Exactitud de su trazabilidad	A5. Resistencia a los cambios culturales.
	O6. Ahorro en el tiempo de suministro	
	O7. Conocimiento exacto de la fecha de caducidad	

Fuente: *Elaboración propia.*

## **5. PROPUESTAS Y ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE APROVISIONAMIENTO 4.0 DE EQUIPOS INTELIGENTES EN BUQUES DE SUPERFICIE DE LA ARMADA**

Antes de exponer las propuestas, que se analizarán en detalle a lo largo de este punto, es necesario conocer mediante la confrontación de las cuestiones recogidas en las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades de la matriz DAFO en la tabla 1, el enfoque final de las distintas alternativas que se obtuvieron en la matriz de confrontación DAFO (Foschiatti y Alberto, 2012). El resultado final de este estudio demostrará si la implementación del aprovisionamiento 4.0 podrá llevarse a cabo o no.

En la tabla 2 se observarán las distintas estrategias obtenidas, que se resumen en:

- Estrategias FO: se utilizarán las fortalezas de la Armada sobre implementación de tecnologías 4.0, para obtener el mayor retorno de las oportunidades que existen en el ámbito civil.
- Estrategias DO: Se intentará evitar las debilidades existentes que presenta la institución y que podrían afectar al objeto del TFM, con la obtención de oportunidades que ofrece el mercado.
- Estrategias FA: En este caso la Armada emplea las fortalezas para vencer a las amenazas externas a las que se enfrenta.
- Estrategias DA: El objetivo aquí es minimizar las debilidades y evitar las amenazas.

Como se puede observar en la tabla 2 las estrategias FO y DO apoyan la implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0, mientras que las FA necesitan de las siguientes medidas correctoras para que proporcionen su visto bueno:

- En FA1 y FA3 es necesario un aumento de los presupuestos, personal experto y normativa que habilite su implementación. Todas ellas son subsanaciones que no son inviables, como se ha explicado en el apartado de beneficios y obstáculos.
- En FA2 el problema de la priorización se puede solucionar con medidas sobre el personal decisor.

A las estrategias DA le sucede lo mismo que a las FA, y se pueden corregir con los mismos medios, añadiendo la solución a la aversión a los cambios culturales.

Por todas las estrategias expuestas en la matriz de confrontación DAFO y las medidas correctoras que se deberían de cumplir al menos en parte, se puede afirmar que existe viabilidad para la implementación del aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes de buques de superficie de la Armada.

**Tabla 2. Matriz de confrontación DAFO.**

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	<b>Estrategias FO</b>	<b>Estrategias DO</b>
<b>OPORTUNIDADES</b>	FO1. Aplicación de tecnología 4.0 civil en la implementación de un aprovisionamiento 4.0 del ámbito militar. (F1, O1).	DO1. Aprovechar las tecnologías 4.0 existentes y la inversión en I+D para disminuir la limitación del ancho de banda. (D1, O1, O2).
	FO2. Se ha iniciado un mantenimiento 4.0, pero es necesario aumentar el esfuerzo coordinado en las tres funciones logísticas del Sostenimiento (F2, O2,).	DO2. Mayor coordinación de las funciones logísticas producen un mayor rendimiento de las tecnologías 4.0 (D2, O3, O4, O5, O6 y O7).
	FO3. Existe la tecnología inicial 4.0 y se conocen los beneficios de su implementación (F3, O3, O4, O5, O6 y O7).	DO3. El convencimiento del personal directivo provocara una implementación del aprovisionamiento 4,0 más rápida (D3, O2).
	<b>Estrategias FA</b>	<b>Estrategias DA</b>
<b>AMENAZAS</b>	FA1. Existencia de tecnología inicial útil para la implementación de un aprovisionamiento 4.0, pero existen dificultades de recursos económicos, personal experto y normativa (F1, A2, A3 y A4).	DA1. Para mejorar el ancho de banda se necesita más personal experto e inversión en tecnologías 4.0 (D1, A2 y A4).
	FA2. Tendencia a priorizar la implantación de tecnologías 4.0 en el mantenimiento, en vez del aprovisionamiento (F2, A5).	DA2. Para mejorar la coordinación de tecnologías 4.0 en las tres funciones logísticas se necesita personal experto, cambios agiles en la normativa y que no haya adversidades a los cambios culturales (D2, A2, A3 y A5).
	FA3. Existencia de tecnología pero se necesita más medidas contra los ciberataques, más personal profesional y más regulación (F3 A1, A2 y A3).	DA3. Para que haya un convencimiento del personal decisor de la implementación de un aprovisionamiento 4.0, es necesario que parte de ese personal sea experto y sin adversidad a los cambios culturales (D3, A2 y A5).

*Fuente: Elaboración propia.*

## 5.1. PROPUESTAS Y REQUERIMIENTOS NECESARIOS.

Una vez se ha conseguido responder a la primera pregunta de la introducción es necesario especificar con mayor detalle, como se llevaría a cabo la implementación, porque en la definición de industria 4.0 que se citó en el marco teórico, se explica la importancia de la incorporación de este tipo de tecnologías para mejorar la eficiencia de los procesos y la creación de nuevos bienes y servicios.

Por los motivos anteriores se pretende estudiar al menos dos alternativas que pudieran aplicar las oportunidades de la teoría de este concepto, industria 4.0, en el actual sistema de aprovisionamiento. La ratificación de estas ideas se encuentran plasmadas en la definición de aprovisionamiento 4.0, que se preocupa por la determinación de necesidades de forma inteligente y mediante un procesamiento de pedidos automatizado.

Ante las necesidades descritas anteriormente y las oportunidades que han surgido en la logística 4.0, las propuestas que se podrían estudiar para llegar a una posible implantación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 son partir del sistema de aprovisionamiento actual e iniciar las adaptaciones de éste, con modificaciones de tecnologías 4.0, para al menos obtener la función de hacer pedidos automáticos cuando no existen repuestos ni pertrechos en los almacenes y alguna función más que sea significativa y fácil de ejecutar. En definitiva un sistema parcial de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes.

La otra propuesta es implementar un sistema total de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes, donde se gestionen todas las tareas rutinarias, desde la actualización del cargo y de la configuración, gestión de existencias, almacenes, control de los niveles repuestos y pertrechos que deben de estar a bordo de un barco con sus pedidos automatizados y demás funciones que implica este tipo de aprovisionamiento.

Una vez que se han expuesto las dos propuestas anteriores sería recomendable, que se explique brevemente los detalles de funcionamiento de éstas, porque de no hacerlo supondría para este TFM una limitación de las que se tendría que exponer en las conclusiones y cualquier artículo de revista podría aportar más conocimientos sobre este tema, que este trabajo. Por lo expuesto anteriormente, a continuación se especificarán los principales requerimientos, para que cualquiera de las dos alternativas anteriores pueda tener mayor probabilidad de éxito en su implementación. En los siguientes puntos se describirán dos bloques aplicación de tecnologías 4.0, que coincidirán con la exposición de las propuestas.

### **5.1.1 Bloque de funcionamiento básico de tecnologías 4.0**

En el primero conjunto de tecnologías 4.0 coincidiría con un aprovisionamiento 4.0 parcial. Éste sería de utilidad, porque los programas de mantenimiento 4.0 se comunicarían con el programa de aprovisionamiento 4.0 y a la inversa, determinando con la información que tuvieran ambos, que repuestos y pertrechos se deberían obtener y cuando sería la fecha en la que se necesitarían, esta conexión sería mediante intranet de las cosas. Un ejemplo de este caso es un motor que mediante tecnologías 4.0, como datos macro, inteligencia artificial y los algoritmos establecidos, analice qué sistema está fallando, y que a su vez y de forma automatizada se active un plan de mantenimiento y de aprovisionamiento de repuestos y pertrechos. El algoritmo debería avisar con el tiempo suficiente de un determinado número de días, para que los componentes llegaran a tiempo para su correcto mantenimiento. Si alguno de los repuestos y pertrechos necesarios es de seguridad o reúne los requisitos del fabricante o Armada para que se lleve a bordo, debería estar disponible en el almacén del barco.

Posteriormente, el programa de aprovisionamiento 4.0 parcial si no tuviera existencias en almacenes haría los pedidos automatizados, mediante inteligencia artificial (Bandín, Pery, 2012).

Estos pedidos se transmitirían a través del comercio electrónico a las empresas que tuvieran esta herramienta, para que posteriormente se sirvieran los repuestos/pertrechos donde se les hubiera indicado. El comercio electrónico cada vez es más asequible, porque en el año 2022 el 39% de las empresas tenían instalada esta tecnología o se planteaban instalarla a corto plazo, según un informe de la Plataforma de venta online Adobe Commerce (Montanera y Acebes, 2022)

Ante la posibilidad de tener que realizar algún cambio, por priorización o por control del gasto, los pedidos deberían ser supervisados y confirmados por un supervisor designado para este tipo de tareas y en última instancia por cada uno de los responsables del negocio jurídico asignado, de acuerdo a la Ley 09/2017 de contratos del sector público.

Finalmente la empresa proveedora reuniría todos los repuestos y pertrechos y los enviaría al lugar de recepción en la fecha marcada por el pedido y la recepción del pedido se realizaría con la lectura del código de barras que se comunicaría con el programa de aprovisionamiento 4.0, para su recepción automática.

### **5.1.2 Bloque funcionamiento avanzado de tecnologías 4.0.**

En el caso de que se quisiera implementar un sistema de aprovisionamiento 4.0 total en los buques sería necesario también, instalar un módulo con las mismas funciones que las citadas anteriormente en el arsenal de apoyo. Estos dos módulos se comunicarían entre ellos vía satélite cuando los buques estén navegando, para transmitir información relevante en la toma de decisiones o mediante la red de intranet cuando estén en puerto. Además podría contar con las siguientes funciones:

- Mediante la información obtenida en la nube compartida con todos los actores integrantes de la cadena de aprovisionamiento se podría tener conocimiento de las posibles obsolescencias futuras y planear las acciones necesarias para evitarlas. También se podría obtener una eficiente estadística de los tiempos de reposición de repuestos y pertrechos en función de variables, como la precedencia del pedido, que sean o no frecuentes en su sustitución y aquellos que su localización es en otros países requerida (De Camargo Junior y Pires, 2021).

- Con el acceso a las cadenas de bloques se podría obtener una mejor interoperabilidad que nos serviría para cumplir los requisitos de la OTAN. También se podría obtener una trazabilidad de los repuestos y pertrechos que necesiten un seguimiento continuo.
- La implantación progresiva del análisis de los datos macro podría ofrecer resultados de tendencias de pedidos, necesarios para ajustar el presupuesto con la preparación de los futuros negocios jurídicos. Clasificar los pedidos en función de la taxonomía que se pretenda obtener. También se podría obtener que patrones y predicciones que siguen los repuestos y pertrechos que se pretendan estudiar, para saber si es necesario tomar decisiones sobre algún aspecto que se pueda mejorar, como por ejemplo estudiar ¿por qué se transmiten pedidos continuos de las misma tarjeta de varias consolas del sistema de combate? (Nicolalde, 2018).
- Al igual que cualquier otro programa informático y de aprovisionamiento necesitaría estar protegido de ciber amenazas como el phishing, malware, ransomware y otras, que cada vez son más avanzadas y con menor frecuencia, a través de la ciberseguridad. Este es un factor que se debería de estudiar como crítico desde la fase de diseño de cualquier aplicación o dispositivo (Aguilar, 2017).

En breves palabras este sería un segundo módulo más potente y con más funciones en tierra, que pudiese tener conocimiento de información de toda la cadena de aprovisionamiento, para que si existiese alguna variable externa que pudiera afectar al sistema de aprovisionamiento 4.0, se pudiera realizar un análisis de información, que diera lugar a la toma de decisiones más conveniente.

Por todo lo expuesto se procederá a estudiar la previsión de impactos que podría tener en los factores MIRADO-I y la investigación del parámetro de costes logísticos de un buque, mediante escenarios, en el que se pueden observar cómo influye la implantación de las tecnologías 4.0 en el sistema de aprovisionamiento, mediante las dos propuestas que se han citado.

## 5.2. GRADO DE IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 MEDIANTE EL ESTUDIO DE LOS FACTORES MIRADO-I

Una vez se ha observado en los apartados anteriores que es viable la implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes, las alternativas que se pueden llevar a cabo, y junto a la directriz número 12 de la Instrucción Permanente del AJAL 01/2018, citada en el marco teórico y normativo, que recomienda el análisis de los factores MIRADO-I durante el proceso de obtención para el asesoramiento técnico de viabilidad de soluciones operativas se procederá a su estudio.

Otro de los motivos por los que se realiza este tipo de análisis es porque la función logística de aprovisionamiento forma parte del sostenimiento y éste se considera una capacidad militar, según la Doctrina para el Empleo de las Fuerzas Armadas (FAS) (Alejandre, 2017) y en el anexo I de la Instrucción 72/2012 del Secretario de Estado de Defensa. De acuerdo al manual de doctrina citado, las capacidades militares están definidas por los elementos MIRADO-I, por lo que se estudiarán en detalle cada factor, para comprobar si existe algún efecto que impida la posible implementación de un aprovisionamiento 4.0.

Al finalizar el análisis del impacto que tendría la posible implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes de un buque de superficie en cada factor, se recogerán las ideas principales.

En el factor **material** es donde se estudian los equipos necesarios para la implementación del sistema de aprovisionamiento 4.0, su sostenibilidad y su baja.

En este tipo de tecnologías se tendría que realizar una alta inversión en programación, alrededor de un 50% respecto al coste de los equipos que no sobrepasa el 30% (Zhang y Zhang, 2014).

En el caso de los buques de Armada y como se ha mencionado en puntos anteriores se podrían obtener economías de escala de los equipos y programas que se están instalando para las distintas herramientas 4.0 del mantenimiento.

Otro de los aspectos positivos es el punto de partida de la programación actual del sistema de aprovisionamiento de un buque, que cuenta con algoritmos matemáticos para el cálculo de sus niveles, comercio electrónico e intercambio de datos electrónicos (Bandín y Pery, 2012). Toda esta base tecnológica facilitará la posible implementación de los distintos programas necesarios.

En relación al mantenimiento de los programas de este sistema de aprovisionamiento 4.0 tiene sus repercusiones en el factor del recurso humano que se estudia más adelante. Mientras que el mantenimiento de los equipos no debería de suponer mayor esfuerzo que el que se está efectuando en otros sistemas informáticos, al igual que pasaría en el caso de su baja de funcionamiento en el final de su ciclo de vida.

Respecto a la **infraestructura**, que recoge aquellas instalaciones necesarias para que se pueda llevar a cabo la implementación del sistema de aprovisionamiento 4.0, que en este caso serán las redes de los Servicios de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CIS/TIC).

En este factor se considera que no existirían cambios significativos, ni en las unidades de tierra porque la Armada en la actualidad está utilizando las instalaciones de la Infraestructura Integral de Información para la Defensa (I3D); ni en los buques, que podrían beneficiarse del diseño y utilización en el porcentaje que se determine de la instalación de servidores del programa de Mantenimiento Predictivo Embarcado (MAPRE).

En la implantación del 4.0 en el aprovisionamiento existirían economías de escala, porque se utilizaría parte de estas instalaciones citadas más arriba y no habría un impacto tan importante como si fuese un proyecto inicial, de acuerdo a la 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 (Díaz del Río, 2021).

En relación al factor de **recursos humanos**, que prevé el personal necesario para llevar a cabo la implantación del sistema de aprovisionamiento 4.0, manejarlo y mantener el mismo.

En el entorno de Armada y de acuerdo al informe del año 2020 de la Asociación Española para la Digitalización existe falta de personal altamente cualificado y técnico para llevar a cabo tareas de mantenimiento y mejora, por ser tecnologías que se encuentran en su fase inicial (DigitalES, 2020). En ese mismo sentido se pronuncia Avitia et al. (2022) que explica que son pocos los trabajadores formados en tecnologías 4.0.

En el ámbito de la Armada está sucediendo el mismo problema que en el entorno empresarial, porque todavía está en proyecto la incorporación de planes de estudio que recojan estas especialidades y grados.

Sin embargo, para resolver esa dificultad se podría incrementar la fuerte colaboración del ámbito de la defensa con distintas universidades para que exista un mayor conocimiento de la necesidad de cualificación del personal requerido (Díaz del Río, 2021).

Cuando el mercado laboral se adapte a este cambio brusco de la revolución 4.0 podría existir la alternativa de externalizar el desarrollo, mantenimiento y mejora de las tecnologías 4.0, acudiendo a la contratación pública o cualquier otro negocio jurídico, como convenios con universidades y centros de formación profesional y encargos a medios propios, según la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del sector público.

Respecto al personal que estaría afectado por la reducción de tareas rutinarias, en el manejo del sistema de aprovisionamiento 4.0 se podrían emplear en tareas con retornos económicos de mayor rentabilidad (Álvarez, 2021). Este rasgo podría ser coincidente con el objetivo de continuar la construcción de nuevos buques con dotaciones reducidas. También se produciría un ahorro de personal con alta cualificación en la Armada destinado en vacantes de aprovisionamiento, porque una persona experta puede guiar y dirigir a otras que no tienen los conocimientos adecuados (Álvarez, 2021). Estas dos consecuencias anteriores tienen una

correlación directa que provocarían una mayor eficiencia de los recursos personales y económicos.

No se puede descartar la posibilidad de fracaso de las empresas españolas en el desarrollo de este tipo de servicios, porque en este caso existiría una dependencia del personal experto perteneciente a los países con mayor capacidad de inversión en tecnología 4.0, como Estados Unidos y China.

Por todo lo citado anteriormente de este factor, se podría expresar el fuerte impacto que se provocaría en el aspecto laboral del personal y que podría coincidir con los objetivos de personal que se vienen aplicando desde hace un tiempo en la Armada.

El factor **adiestramiento** se caracteriza por la búsqueda de habilidades necesarias para operar el sistema de aprovisionamiento 4.0, mediante formación específica y operativa.

En el sistema objeto de estudio se podría realizar un adiestramiento a nivel de usuario/cliente, porque los sistemas son muy complejos en su diseño y mantenimiento y se podría llevar a cabo con empresas especializadas en un porcentaje muy amplio de tareas, según la sala de prensa de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) de 07 de julio de 2021<sup>9</sup>. Aquellas que son más sencillas se podrían ejecutar por personal de la dotación embarcada de los diferentes destinos.

Por lo explicado anteriormente se podría deducir que el adiestramiento en tareas 4.0 tendrá repercusiones pequeñas, como aquel que pudiera recibir un cliente con equipos inteligentes en una casa.

En la actualidad se ha detectado una posible criticidad en el mantenimiento de estas tecnologías en los buques, cuando hacen navegaciones largas. Por ese motivo se está estudiando si sería recomendable implementar nuevos planes de estudio en la Armada que resuelvan dicha necesidad.

---

<sup>9</sup> <https://www.sepi.es/es/sala-de-prensa/noticias/navantia-se-encargara-del-mantenimiento-de-motores-de-los-buques-de-la> a 29/01/2023

En el factor **doctrina** se estudiarán los posibles cambios de principios y procedimientos para que el sistema de aprovisionamiento 4.0 se pueda implementar.

En el nivel operacional se podría explicar que ya existe la base de la doctrina donde se han fijado cuales son las funciones del aprovisionamiento (Alejandre, 2018).

Sin embargo es necesario especificar, que dentro del nivel estratégico y operacional el aprovisionamiento se encuentra dentro del marco conceptual del apoyo logístico, y éste sería necesario actualizarlo y desarrollarlo, para que se recojan los nuevos efectos de las tecnologías 4.0, porque éstos se están usando en los conflictos actuales (Alejandre, 2018).

La implementación de tecnologías 4.0 en el aprovisionamiento de equipos 4.0 colaborarían en lograr una mayor eficiencia de los conflictos y por consiguiente, esto haría que fuesen más rápidos. Por lo que ayudarían a mejorar estos dos principios operativos de la doctrina para el empleo de las FAS (Alejandre, 2018).

También se cumpliría el objetivo de reducir los daños humanos, porque se necesita menos personal en el área de conflicto para las funciones de aprovisionamiento (Ruano, 2003).

En el desarrollo de las tecnologías 4.0 en el aprovisionamiento sería conveniente tener en cuenta la ética de los seres humanos que influirá en la doctrina y será un factor decisor en la profundidad y alcance de su implementación, porque podría tener una multiplicidad de usos, desde el aprovisionamiento de sistemas de armas autónomos, robots submarinos y de motores de barcos 4.0 (Ruano, 2003).

Por todo lo mencionado anteriormente se prevé que en los próximos años haya no solo una mejora significativa, sino también la posibilidad de cambios en los principios y procedimientos doctrinales, porque cada vez será mayor la irrupción de las tecnologías 4.0 en las FAS, así como el posible aprovisionamiento 4.0.

En el factor **organización** se recogerá la estructura que mejor se adapte al sistema de aprovisionamiento 4.0, para cumplir con sus funciones, partiendo de que las FAS se componen de una estructura orgánica para la preparación de la fuerza y de una estructura operativa para el cumplimiento de las misiones.

Dependiendo del grado de implementación del sistema de aprovisionamiento 4.0, así afectará en mayor o en menor medida a las estructuras citadas anteriormente. Pero en el caso concreto que se estudia, estos efectos no supondrán cambios en las estructuras organizativas, si no que mejorarán el funcionamiento de las mismas, como se describe a continuación.

Algunos autores como Peach y Wells (2020) expresan la necesidad de una mayor concienciación en las estructuras organizativas sobre los posibles beneficios que aporta la tecnología 4.0 en el aprovisionamiento 4.0, como eficiencia operativa, reducción de costes y control en tiempo real. El anterior AJEMA promulgaba que la falta de armas avanzadas en la organización de Armada y la disposición de éstas por otras naciones reduce la ventaja tecnológica de la organización (Martorell, 2022), por lo que si estas armas se compusieran de tecnologías 4.0, su apoyo logístico debería de seguir los mismos principios.

En el factor de **interoperabilidad** se estudiará si el sistema de aprovisionamiento 4.0 podría operar con otros sistemas y organismos, entre los que se puede destacar los estándares de organizaciones internacionales, como la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), al que pertenece España y con el que se realizan ejercicios y operaciones conjuntas todos los años.

En el ámbito externo de Armada existe una falta de estandarización en el mercado y por consiguiente de interoperabilidad en algunas tecnologías 4.0, un ejemplo es la variedad de plataformas, arquitecturas y estructuras de inteligencia artificial que se están ofertando, que son más de 300 (Burns et al., 2019). En la resolución de este problema, el Foro Mundial de Economía ha requerido unos estándares mundiales de estructuras para poder alcanzar la interoperabilidad de estas tecnologías (Burns et al., 2019). También reseñar que no todas las herramientas 4.0 tienen las características citadas anteriormente, porque la cadena de bloques se basa en tener las mismas estructuras y podría proporcionar interoperabilidad a los distintos sistemas de logística

y aprovisionamiento para la reunificación de datos (Barleta et al., 2019). Al problema anterior se debe de sumar en algunos casos la falta de un marco institucional que proporcione flexibilidad para promover la interoperabilidad de sistemas informáticos con las tecnologías 4.0 (Barleta et al., 2019).

Dada la importancia de la interoperabilidad, los manuales de la Jefatura de Estado Mayor de la Defensa recogen que en el reconocimiento de la situación logística influyen factores como la interoperabilidad, y por este motivo se ha concluido que este facto MIRADO-I afecta a los principios de la logística y por consiguiente del aprovisionamiento, y por estos motivos es necesario alcanzar una mayor visibilidad de la información (López, 2022).

En la resolución de estos problemas, la Armada está empleando a nivel OTAN la aplicación logística de esta organización, para el suministro y consolidación de datos de aprovisionamiento denominada Área de Servicios Logísticos funcionales, Logistics Functional Area Services (LOGFAS). Mediante esta herramienta se obtiene una mayor interoperabilidad.

El sistema de aprovisionamiento 4.0 podría venir a mejorar en el uso de distintos programas y tener un único módulo, que estuviera en conexión con el LOGFAS y ayudará en la interoperabilidad con la tecnología de la cadena de bloques, incorporando indicadores de rendimiento logísticos.

Por todo lo mencionado anteriormente existiría un cambio significativo, que ayudaría a perfeccionar los programas y procedimientos actuales de interoperabilidad en el campo de la logística y del aprovisionamiento.

El análisis de los factores MIRADO-I se podría resumir en múltiples consecuencias, pero se pretende destacar las siguientes:

- Existencia de más aspectos positivos que negativos y un impacto pequeño en factores como la infraestructura necesaria y el adiestramiento.
- En un porcentaje alto de los factores estudiados aparece la necesidad de un mayor desarrollo teórico o actualización de los procesos de aprovisionamiento que serían afectados en el caso de que se aplicaran tecnologías 4.0 al actual sistema de aprovisionamiento.

- El aumento de la eficiencia y de la fiabilidad de los procedimientos de aprovisionamiento podría alcanzar no solo el ahorro en repuestos y materiales de distintas clases, sino también una disminución del número de horas empleadas en tareas rutinarias por el personal y el aumento en horas y días de la operatividad de los buques de superficie.

### 5.3 ESCENARIOS DE ANÁLISIS DE EFICIENCIA EN EL COSTE DE APROVISIONAMIENTO DE UN BUQUE

En este punto se pretende realizar un análisis de eficiencia, sobre la posible implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 parcial o total de equipos inteligentes de un buque, porque en las definiciones del marco teórico de industria 4.0 y de aprovisionamiento 4.0 se promueven los procesos y procedimientos más eficientes.

A continuación, para llevar a cabo el estudio se utilizará la siguiente metodología:

1. Dos escenarios, uno optimista con menores costes y otro pesimista con mayores costes, para obtener un resultado que se encuentre dentro de un rango de soluciones. Es necesario utilizar un conjunto de resultados, porque la variabilidad que existe de costes logísticos y de aprovisionamiento en las empresas y organizaciones es muy amplia, porque dependen de varios factores como los que se describen a continuación:
  - a. El grado de eficiencia del sistema de aprovisionamiento que se utiliza.
  - b. El porcentaje variable de tipos de materiales que sean objeto del aprovisionamiento.
  - c. En el caso de Armada, si el buque está en un periodo operativo o de obras.
  - d. Si se transforman materias primas o productos semielaborados en productos finales, o por el contrario, eres el cliente final de los productos, que es la realidad de los buques de la Armada, donde como norma general no existe un proceso de fabricación.

2. También serán necesarios los datos proporcionados por el departamento de costes del área de contabilidad de la Dirección de Asuntos Económicos de la Armada, sobre los gastos de repuestos y pertrechos anuales de un buque, durante los años 2019, 2020 y 2021, con los que se obtendrá una media.
3. Esta última cifra será el dato de inicio del cálculo de los siguientes escenarios. Cuando estos datos hacen referencia a un buque se quiere especificar que son barcos de tamaño mínimo al desplazamiento de una fragata. En la Armada existen 16 buques dentro de esta tipología, sin contar el buque escuela Juan Sebastián El Cano, que tiene una singularidad diferente.
4. Para obtener el coste de aprovisionamiento, las cantidades anteriores se multiplicarán por el porcentaje del coste de logística y aprovisionamiento en Armada, que se ha obtenido del estudio de caracterización del sector del transporte y la logística en España (Everis, 2017), porque no se ha podido encontrar específicamente para buques. La justificación de la elección del porcentaje de este coste y su descomposición en otros costes se asimilan a los costes de una empresa, como se explica en los siguientes puntos:
  - a. El coste de aprovisionamiento del estudio, 6,5% según Everis (2017) es muy similar al que puede tener un buque de Armada, porque son a nivel nacional, que es uno de los rasgos que se han fijado para este análisis y que se justifica más adelante.
  - b. El coste de transporte de repuestos y pertrechos hasta el muelle de un buque es igual que a una industria.
  - c. El coste de personal necesario no tiene salarios con grandes diferencias dentro de los parámetros de sus correspondientes categorías profesionales y convenios de la industria y de un buque.
  - d. Los costes administrativos y generales tienen las mismas partidas.
  - e. El coste de inventario se podría diferenciar tan solo en la partida de amortización del almacén, que podría elevarse si solamente se fijará por su mayor valor del metro cubico de un barco respecto a una nave, pero normalmente se calcula por el valor del resultado que proporciona la división entre valor amortización del almacén y el valor que tendrían los repuestos y pertrechos almacenados.

- f. Para evitar que el resultado que se obtenga sea erróneo se ha fijado un margen del 30% por encima y por debajo del coste de aprovisionamiento que se explicará más adelante.
5. El coste de aprovisionamiento se ha desglosado en otros principales, como el coste de transporte, inventario, pedido y administración, para conocer el grado de eficiencia que se podría obtener cuando se utilice un sistema de aprovisionamiento 4.0. Para su obtención se siguieron los siguientes pasos:
- De estos costes no se tiene información en la Armada y por ese motivo se ha optado por un método de asimilación, como se ha explicado anteriormente en el punto 4 de esta metodología.
  - En la cumplimentación del anterior procedimiento se ha obtenido información de un artículo, en el que explica un estudio de los costes logísticos de una empresa, sin citar su nombre (Estrada et al, 2010).
  - A partir de los costes de la referencia anterior se adaptaron al procedimiento de aprovisionamiento de un buque y se determinó cuales se soportaban y cuáles no.
  - También se realizó el cálculo de los porcentajes que suponía cada coste, que figuran en la tabla 3. Estos porcentajes se multiplican por el coste de aprovisionamiento y así, se obtendrán los distintos costes de transporte, pedido, inventario y administrativo.

**Tabla 3. Cálculos de los porcentajes de costes de suministro.**

COSTES DE DISTRIBUCIÓN				
C. TRANSPORTE	C. PEDIDO	C. INVENTARIO	C. ADMINISTRATIVOS	C. TOTAL
0	0	0	0	

COSTES DE SUMINISTRO				
C. TRANSPORTE	C. PEDIDO	C. INVENTARIO	C. ADMINISTRATIVOS	C. TOTAL
20.000.000	1.260.000	7.600.000	2.195.000	31.055.000
0,64	0,04	0,24	0,07	SIN %
64%	4%	24%	7%	CON %

% SUMA COSTES TOTALES				
C. TRANSPORTE	C. PEDIDO	C. INVENTARIO	C. ADMINISTRATIVOS	% C. TOTAL
64%	4%	24%	7%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de la fuente (Estrada et al., 2010).

6. A los resultados que se obtengan de los anteriores costes se les multiplicara por los porcentajes de eficiencia, una vez se han aplicado tecnologías 4.0 en el sistema de aprovisionamiento, de acuerdo con las cifras de las referencias de revistas científicas y trabajos académicos, que se han citado en el punto 3 de beneficios y obstáculos. La suma de estos cálculos matemáticos dará el grado de eficiencia de la implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 parcial o total, respecto al actual sistema de aprovisionamiento.
7. La elección de la nomenclatura de repuestos y pertrechos se justifica porque el material que se embarca en un buque de Armada tiene esa denominación (Bandín y Pery, 2012). La misma es de utilidad también para este estudio, porque en un porcentaje alto los repuestos se componen de productos altamente tecnológicos, que provoca que existan un número muy escaso de empresas productoras, generando que en ocasiones no haya mercado abierto y competitivo sino oligopolio o monopolio, tienen un mayor valor económico y con un menor porcentaje del coste de aprovisionamiento sobre su gasto; mientras que la mayoría de pertrechos se caracterizan por ser productos más homogéneos, de tracto sucesivo y por tanto más comerciales, con un menor valor de mercado y un mayor porcentaje del coste de aprovisionamiento sobre su gasto.
8. Debido a que la mayor demanda de pedidos se realiza dentro de España, porque los periodos de inmovilización por mantenimientos, puesta a punto de los equipos y aprovisionamientos para operaciones se realizan en los puertos base de los buques, se ha seleccionado que los costes de aprovisionamiento sean en territorio nacional. Los aprovisionamientos internacionales fuera de España son poco frecuentes, con un alto valor por sus altos costes de transporte y aranceles. Se producen solamente cuando existen averías imprevistas navegando y no contando en ese momento con las existencias de repuestos y pertrechos necesarios en el almacén del buque.

### 5.3.1. Implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 total

La primera de las alternativas que se investigará será la posible implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 total, analizando los principales costes.

Antes de empezar a analizar los resultados de las tablas en los diferentes escenarios sería de utilidad, que se realice una explicación detallada de cada coste, con los porcentajes asignados a cada uno (Estrada et al., 2010).

En los **costes de aprovisionamiento** se recogen aquellos que sean necesarios para que un buque de la Armada pueda obtener un determinado nivel de operatividad en el cumplimiento de sus misiones y operaciones. Estos a su vez se diferencian entre:

- **Coste de distribución**, en el caso de los buques de la Armada no tienen este coste, salvo la excepción de los dos buques de aprovisionamiento, porque no es una de sus funciones principales la tarea de proveer repuestos y pertrechos de un barco a otro, ni a otras fuerzas operativas y unidades de apoyo logístico. Por existir solamente los dos casos citados anteriormente y por el escaso volumen de pedidos, de acuerdo a la experiencia adquirida por haber estado embarcado durante año y medio, no se estudiará en este TFM.
- **Coste de suministro**, que está formado a su vez por:
  - El coste de transporte desde los almacenes de los arsenales de apoyo a los buques en la mayoría de los casos.
  - El coste de pedidos cuyo principal gasto es el personal necesario.
  - El coste de inventario de los almacenes de los buques, de los repuestos y pertrechos que se han quedado obsoletos.
  - Finalmente, el coste de administración y gastos generales que está formado principalmente por las tareas de entrada y salida de los repuestos y pertrechos y las amortizaciones.
- **Costes de servicio al cliente**, en este caso la Armada es el cliente y en consecuencia no existen, porque no se tienen que asumir costes financieros por retrasos y devoluciones de pedidos, sino que se imputará cuando afecte a tareas críticas en un menor nivel de operatividad del buque.

En los escenarios optimista y pesimista se asignan los siguientes porcentajes de costes sobre el importe anual de repuestos y pertrechos de un buque o sobre otros

costes, que anteriormente se citaron y que tienen mayor impacto en un buque de la Armada:

- Los **costes de aprovisionamiento** se han fijado de acuerdo a los escenarios de la tabla 4. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (Calatayud y Katz, 2019) son un porcentaje medio del 9% sobre el coste de adquisición del material, pero de acuerdo a Everis (2017) esta cifra se sitúa en el 6,5% sobre el coste de adquisición en España. En repuestos por ser mayoritariamente productos de alto valor se podría disminuir un 1% de la cifra anterior, mientras que en pertrechos al ser, en líneas generales, artículos de menor valor sería recomendable aumentar al menos 1% sobre el 6,5% anterior. También sería necesario disminuir y aumentar un 1% en el escenario optimista y pesimista respectivamente. Finalmente el porcentaje para repuestos en un escenario optimista sería del 4,5% y en uno pesimista del 6,5%, el porcentaje para pertrechos en un escenario optimista sería del 6,5% y en uno pesimista del 8,5%. En definitiva y como se había explicado anteriormente se ha fijado un margen del 30,8% por encima y por debajo del 6,5% del que se partía, debido a la multiplicidad de variables que pueden modificar el resultado obtenido.

**Tabla 4. Coste de aprovisionamiento en función del escenario optimista y pesimista y del valor de repuestos y pertrechos.**

	MODIFICACIONES			
	VALOR ECONÓMICO	ESCENARIO OPTIMISTA	RESULTADO FINAL	DESVIACIÓN EN %
<b>C. APROVISIONAMIENTO INICIAL</b>			<b>6,5%</b>	
<b>C. APROVISIONAMIENTO DE REPUESTOS. &gt; VALOR</b>	↓ 1%	↓ 1%	<b>4,5%</b>	<b>-30,8%</b>
<b>C. APROVISIONAMIENTO DE PERTRECHOS. &lt; VALOR</b>	↑ 1%	↓ 1%	<b>6,5%</b>	<b>0,0%</b>
	VALOR ECONÓMICO	ESCENARIO PESIMISTA	RESULTADO FINAL	DESVIACIÓN EN %
<b>C. APROVISIONAMIENTO INICIAL</b>			<b>6,5%</b>	
<b>C. APROVISIONAMIENTO DE REPUESTOS. &gt; VALOR</b>	↓ 1%	↑ 1%	<b>6,5%</b>	<b>0,0%</b>
<b>C. APROVISIONAMIENTO DE PERTRECHOS. &lt; VALOR</b>	↑ 1%	↑ 1%	<b>8,5%</b>	<b>30,8%</b>

*Fuente: Elaboración propia a partir de los escenarios fijados.*

- El porcentaje que se asigna al **coste de transporte** es del 60% sobre los costes de aprovisionamiento, según Everis (2017), pero los buques de Armada solamente tienen este coste en el suministro y no en la distribución, como se citó en puntos precedentes. Debido a esta causa y tomando los datos calculados en la tabla 3, a partir de los costes de Estrada et al. (2010) el porcentaje es del 64,40% y el porcentaje que se podría disminuir con la utilización de datos macro es de hasta un 50% (Segura et al., 2020).
- Al coste de pedido se asigna un porcentaje del 4,57%, sobre los costes de aprovisionamiento, de acuerdo a los datos calculados en la tabla 3 a partir de los costes de Estrada et al. (2010), porque en los buques de Armada solamente existe el coste de pedido en el suministro y no en la distribución. Este coste se podría reducir un 77%. Esta última cifra se ha calculado teniendo en cuenta que la probabilidad de que sus tareas se automaticen son de un 96%, por ser trabajos administrativos (Frey y Osborne, 2017) y que se deberían poder automatizar el 80% de pedidos de un buque, porque no todos los equipos pueden ser inteligentes, solamente aquellos que son más intensivos en mantenimiento y coste. El último porcentaje está relacionado con el 80% de automatización de las tareas de mantenimiento del punto 4.1 que público Navantia, porque una tarea de mantenimiento es automatizable totalmente si el equipo es capaz de lanzar sus propios pedidos, para que exista la integración vertical y horizontal de sistemas de clientes con proveedores y fabricantes (Blanco et al., 2017).
- En el **coste de inventario** se fija un porcentaje del 24,47%, sobre los costes de aprovisionamiento, según los datos calculados en la tabla 3 a partir de los costes de Estrada et al. (2010), y éstos se pueden disminuir en 75% (Calatayud y Katz, 2019).
- Finalmente, en el **coste de administración y gastos generales** sobre los costes de aprovisionamiento se asigna un 7,07%, de acuerdo a los datos calculados en la tabla 3 a partir de los costes de Estrada et al. (2010). Este coste se podría disminuir en un 80% (Calatayud y Katz, 2019).

A continuación, se exponen las tablas de la explicación anterior:

**Tabla 5. Escenario optimista de repuestos 4.0 total.**

<b>IMPORTE OBTENCIÓN REPUESTOS FRAGATA</b>			
553.068 €			
<b>C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO OPTIMISTA</b>			
4,5%			
0,045			
24.888 €			
<b>C. TRANSPORTE 64,40%</b>	<b>C. PEDIDO 4,57%</b>	<b>C. INVENTARIO 24,47%</b>	<b>C. ADMINISTRATIVO 7,07%</b>
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
16.028 €	1.137 €	6.090 €	1.760 €
<b>↓C. TRANSPORTE 50%</b>	<b>↓C. PEDIDO 77%</b>	<b>↓C. INVENTARIO 75%</b>	<b>↓C. ADMINISTRATIVO 80%</b>
0,50	0,77	0,75	0,80
8.014 €	876 €	4.568 €	1.408 €
<b>AHORRO COSTES TOTALES</b>	<b>14.865 €</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

**Tabla 6. Escenario pesimista de repuestos 4.0 total.**

<b>IMPORTE OBTENCIÓN REPUESTOS FRAGATA</b>			
553.068 €			
<b>C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO PESIMISTA</b>			
6,5%			
0,065			
35.949 €			
<b>C. TRANSPORTE 64,40%</b>	<b>C. PEDIDO 4,57%</b>	<b>C. INVENTARIO 24,47%</b>	<b>C. ADMINISTRATIVO 7,07%</b>
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
23.151 €	1.643 €	8.797 €	2.542 €
<b>↓C. TRANSPORTE 50%</b>	<b>↓C. PEDIDO 77%</b>	<b>↓C. INVENTARIO 75%</b>	<b>↓C. ADMINISTRATIVO 80%</b>
0,50	0,77	0,75	0,80
11.576 €	1.265 €	6.598 €	2.033 €
<b>AHORRO COSTES TOTALES</b>	<b>21.472 €</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

Tabla 7. Escenario optimista de pertrechos 4.0 total.

<b>IMPORTE OBTENCIÓN PERTRECHOS FRAGATA</b>			
28.193 €			
<b>C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO <u>OPTIMISTA</u></b>			
<b>6,5%</b>			
0,065			
1.833 €			
<b>C. TRANSPORTE 64,40%</b>	<b>C. PEDIDO 4,57%</b>	<b>C. INVENTARIO 24,47%</b>	<b>C. ADMINISTRATIVO 7,07%</b>
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
1.180 €	84 €	448 €	130 €
<b>↓C. TRANSPORTE 50%</b>	<b>↓C. PEDIDO 77%</b>	<b>↓C. INVENTARIO 75%</b>	<b>↓C. ADMINISTRATIVO 80%</b>
0,50	0,77	0,75	0,80
590 €	64 €	336 €	104 €
<b>AHORRO COSTES TOTALES</b>	<b>1.095 €</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

Tabla 8. Escenario pesimista de pertrechos 4.0 total.

<b>IMPORTE OBTENCIÓN PERTRECHOS FRAGATA</b>			
28.193 €			
<b>C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO <u>PESIMISTA</u></b>			
<b>8,5%</b>			
0,085			
2.396 €			
<b>C. TRANSPORTE 64,40%</b>	<b>C. PEDIDO 4,57%</b>	<b>C. INVENTARIO 24,47%</b>	<b>C. ADMINISTRATIVO 7,07%</b>
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
1.543 €	110 €	586 €	169 €
<b>↓C. TRANSPORTE 50%</b>	<b>↓C. PEDIDO 77%</b>	<b>↓C. INVENTARIO 75%</b>	<b>↓C. ADMINISTRATIVO 80%</b>
0,50	0,77	0,75	0,80
772 €	84 €	440 €	136 €
<b>AHORRO COSTES TOTALES</b>	<b>1.431 €</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

**Tabla 9. Resultados de eficiencia 4.0 total.**

EFICIENCIA REPUESTOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
2,70%	3,90%

EFICIENCIA PERTRECHOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
3,90%	5,10%

EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS BUQUE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
2,75%	3,94%

EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS 16 BUQUES GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
43,93%	63,00%

*Fuente: Elaboración propia.*

De las tablas 5 a 9 incluidas, se podría reseñar que el porcentaje de eficiencia en el conjunto total del coste de aprovisionamiento de un buque, con la implantación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 total para equipos inteligentes podría llegar a un 60%, tanto para repuestos como pertrechos (resultado del ahorro costes totales entre el coste de aprovisionamiento en cada una de las tablas citadas).

El anterior porcentaje disminuye considerablemente cuando la eficiencia se deja de medir sobre el coste de aprovisionamiento y se calcula sobre el gasto anual de repuestos de un buque, que se obtiene el resultado del 2,70% en un escenario optimista, y del 3,90% en un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales entre el importe de obtención, tablas 5 y 6 respectivamente). En iguales parámetros de medida sobre los pertrechos se alcanzan eficiencias del 3,9% en un escenario optimista, y del 5,10% en un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales entre el importe de obtención, tablas 7 y 8 respectivamente).

La eficiencia que se podría obtener sobre el valor conjunto y anual de los repuestos y pertrechos de un buque con la posible ejecución del sistema anterior es del 2,75% en un escenario optimista y de un 3,94% de un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales de repuestos y pertrechos entre el importe de obtención anual de los mismos en un buque, tablas 5 a 8 respectivamente). Estos porcentajes son cifras

pequeñas que individualmente no tienen relevancia, pero que, si se extrapola a un contexto más amplio de gasto similar para 16 buques de la Armada, se podría alcanzar un porcentaje de eficiencia de un 43,93% de un buque en un escenario optimista y de un 63% de un buque en un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales de repuestos y pertrechos de 16 buques entre el importe de obtención anual de los mismos para 1 buque, tablas 5 a 8 respectivamente). En otras palabras, con la suma de la mejora de la eficiencia de los costes de aprovisionamiento de 16 buques se podría sufragar casi 2 de cada 3 repuestos y pertrechos necesarios, para un buque de la Armada en un escenario pesimista y próximo a la mitad de los repuestos y pertrechos necesarios, para un buque de la Armada en un escenario optimista.

### **5.3.2. Implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 parcial**

La segunda de las alternativas que se investigará será la posible implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 parcial, donde se aplicarán las tecnologías 4.0 solamente en la automatización de los pedidos, sin existencias en los almacenes.

Antes de profundizar en el análisis es importante destacar que en un buque de tamaño mínimo fragata, el porcentaje de los repuestos y pertrechos del primer escalón que se encuentran embarcados en los almacenes se denomina fiabilidad global y es de al menos el 65%, para que sea aceptable según el manual de aprovisionamiento del primer escalón de la Armada (Bandín y Pery, 2012). La realidad en la que existe multitud de vicisitudes hace que la anterior cifra no se cumpla siempre, porque depende en ocasiones de restricciones económicas en las que se producen recortes del gasto público y no se repone todo el material necesario, también impacta el momento de su ciclo de vida, porque en los inicios es más alta y posteriormente disminuye como consecuencia de mejorar la eficiencia con la experiencia.

Con el dato anterior se puede conocer que el alcance del sistema de aprovisionamiento 4.0 parcial, para pedidos sin existencias en almacenes de un buque es del 35% de repuestos y pertrechos. Además como no todas las tareas de mantenimiento de los equipos son automatizables ni inteligentes, solamente el 80% (noticia infodefensa.com de NAVANTIA). Con la multiplicación de las dos limitaciones anteriores, del 80% por el 35%, da un resultado final del 28% de pedidos automatizables.

Del anterior resultado se extrae, que para el 72% de pedidos de repuestos y pertrechos de un buque sería necesario utilizar el mismo procedimiento del actual sistema de aprovisionamiento, porque son material que debe de permanecer en almacenes o porque no se pueden automatizar. Su almacenaje es consecuencia de su grado de esencialidad o por ser de seguridad en el caso de fallo del equipo. Este porcentaje no es objeto de estudio en las siguientes tablas.

Antes de empezar a describir los costes es necesario calcular el gasto de obtención del 28% de repuestos y pertrechos sobre los importes citados en el punto 5.3.1, que son de 553.068,47 € y de 28.192,64 €. El resultado final es de 154.859 € y de 7.894 €.

En este sistema de aprovisionamiento se utiliza la misma explicación de los costes que el punto anterior, porque continúa existiendo idéntica tipología.

Los porcentajes de los costes continúan igual, pero sí que existe en algunos costes una modificación de las proporciones de eficiencia, que se obtienen con la implementación de las tecnologías 4.0 en la automatización del sistema de pedidos de equipos inteligentes sin existencias en almacenes, y que se explican en los siguientes puntos antes de llegar a las tablas de este modelo:

- Al coste de pedido se le asignaba en el aprovisionamiento 4.0 total un porcentaje de eficiencia del 77%, mientras que en el aprovisionamiento 4.0 parcial se alcanza el 96% de las tareas de los pedidos automatizados. Esta cifra se ha calculado teniendo en cuenta que la probabilidad de que sus tareas se automaticen son de un 96%, por ser trabajos administrativos (Frey y Osborne, 2017).
- La automatización de pedidos afecta al coste de transporte, porque para cumplir esta característica se deberían desempeñar todas las tareas necesarias hasta que los repuestos y pertrechos solicitados estén en el muelle del buque. El porcentaje de eficiencia del que se parte en el coste de transporte es del 50% en el modelo anterior y en este caso no se aplica ninguna modificación.

- En el coste de inventario que se fija en el aprovisionamiento 4.0 total un porcentaje de ahorro del 75%, mientras que en el que se está analizando en este punto no se obtiene ninguna eficiencia, porque no se aplican tecnologías 4.0 en el almacenamiento ni en el movimiento interno de los repuestos y pertrechos.
- Finalmente, la eficiencia que se conseguía en el coste de administración y gastos generales del punto 5.3.1 era del 80%, pero en las tecnologías 4.0 que se han impuesto en este aprovisionamiento parcial no se alcanza ninguna mejora en este coste, porque las amortizaciones y gastos generales son los mismos que en la actualidad.

A continuación, se exponen las tablas de la explicación anterior:

**Tabla 10. Escenario optimista de repuestos 4.0 parcial.**

<b>IMPORTE OBTENCIÓN REPUESTOS FRAGATA</b>			
154.859 €			
<b>C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO OPTIMISTA</b>			
4,5%			
0,045			
6.969 €			
<b>C. TRANSPORTE 64,40%</b>	<b>C. PEDIDO 4,57%</b>	<b>C. INVENTARIO 24,47%</b>	<b>C. ADMINISTRATIVO 7,07%</b>
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
4.488 €	318 €	1.705 €	493 €
<b>↓C. TRANSPORTE 50%</b>	<b>↓C. PEDIDO 96%</b>	<b>↓C. INVENTARIO 0%</b>	<b>↓C. ADMINISTRATIVO 0%</b>
0,50	0,96	0,00	0,00
2.244 €	306 €	0 €	0 €
<b>AHORRO COSTES TOTALES</b>	<b>2.550 €</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

Tabla 11. Escenario pesimista de repuestos 4.0 parcial.

IMPORTE OBTENCIÓN REPUESTOS FRAGATA			
154.859 €			
C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO <u>PESIMISTA</u>			
6,5%			
0,065			
10.066 €			
C. TRANSPORTE 64,40%	C. PEDIDO 4,57%	C. INVENTARIO 24,47%	C. ADMINISTRATIVO 7,07%
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
6.482 €	460 €	2.463 €	712 €
↓C. TRANSPORTE 50%	↓C. PEDIDO 96%	↓C. INVENTARIO 0%	↓C. ADMINISTRATIVO 0%
0,50	0,96	0,00	0,00
3.241 €	442 €	0 €	0 €
AHORRO COSTES TOTALES	3.683 €		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

Tabla 12. Escenario optimista de pertrechos4.0 parcial.

IMPORTE OBTENCIÓN PERTRECHOS FRAGATA			
7.894 €			
C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO <u>OPTIMISTA</u>			
6,5%			
0,065			
513 €			
C. TRANSPORTE 64,40%	C. PEDIDO 4,57%	C. INVENTARIO 24,47%	C. ADMINISTRATIVO 7,07%
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
330 €	23 €	126 €	36 €
↓C. TRANSPORTE 50%	↓C. PEDIDO 96%	↓C. INVENTARIO 0%	↓C. ADMINISTRATIVO 0%
0,50	0,96	0,00	0,00
165 €	23 €	0 €	0 €
AHORRO COSTES TOTALES	188 €		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

Tabla 13. Escenario pesimista de pertrechos 4.0 parcial.

IMPORTE OBTENCIÓN PERTRECHOS FRAGATA			
7.894 €			
C. APROVISIONAMIENTO ESCENARIO PESIMISTA			
8,5%			
0,085			
671€			
C. TRANSPORTE 64,40%	C. PEDIDO 4,57%	C. INVENTARIO 24,47%	C. ADMINISTRATIVO 7,07%
0,6440	0,0457	0,2447	0,0707
432 €	31 €	164 €	47 €
↓C. TRANSPORTE 50%	↓C. PEDIDO 96%	↓C. INVENTARIO 0%	↓C. ADMINISTRATIVO 0%
0,50	0,96	0,00	0,00
216 €	29 €	0 €	0 €
AHORRO COSTES TOTALES	245 €		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Estrada et al., 2010).

Tabla 14. Resultados de eficiencia 4.0 parcial.

EFICIENCIA REPUESTOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
1,65%	2,38%
EFICIENCIA PERTRECHOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
2,38%	3,11%
EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS BUQUE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
1,68%	2,41%
EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS 16 BUQUES GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
26,91%	38,62%

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas 10 a 13 incluidas, se podría reseñar que el porcentaje de eficiencia en el conjunto total del coste de aprovisionamiento de un buque, con la implantación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 parcial, para equipos inteligentes y solamente

automatizando los pedidos sin existencias en almacenes, se podría alcanzar una eficiencia del 36,6% (resultado del ahorro costes totales entre el coste de aprovisionamiento en cada una de las tablas citadas anteriormente). Esta cifra resulta ser bastante significativa si se tiene en cuenta que solamente se han automatizado los pedidos, aunque también tenga influencia en la disminución del coste de transporte.

Al igual que en el aprovisionamiento 4.0 total, el porcentaje del 36,6% disminuye considerablemente cuando la eficiencia se deja de medir sobre el coste de aprovisionamiento y se calcula sobre el gasto anual de repuestos de un buque, que son susceptibles de automatizar sus pedidos, obteniéndose un resultado del 1,65% en un escenario optimista, y del 2,38% en un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales entre el importe de obtención, tablas 10 y 11 respectivamente). En iguales parámetros de medida sobre los pertrechos se alcanzan eficiencias del 2,38% en un escenario optimista, y del 3,11% en un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales entre el importe de obtención, tablas 12 y 13 respectivamente).

El ahorro y eficiencia que se podría obtener sobre el valor conjunto y anual de los repuestos y pertrechos de un buque, que son susceptibles de automatizar sus pedidos son del 1,68% en un escenario optimista y de un 2,41% de un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales de repuestos y pertrechos entre el importe de obtención anual de los mismos, tablas 10 a 13 respectivamente). Estos porcentajes son cifras pequeñas que individualmente no tienen relevancia, pero que, si se extrapola a un contexto más amplio de gasto similar para 16 buques de la Armada, se podría alcanzar un porcentaje de eficiencia de un 26,91% de un buque en un escenario optimista y de un 38,62% de un buque en un escenario pesimista (resultado del ahorro costes totales de repuestos y pertrechos de 16 buques entre el importe de obtención anual de los mismos para 1 buque, tablas 10 a 13 respectivamente). En otras palabras, con la suma de la mejora de la eficiencia de los costes de aprovisionamiento de 16 buques se podría sufragar de media entre el escenario optimista y pesimista más de 1 de cada 3 repuestos y pertrechos necesarios, para un buque de la Armada.

Después de que se hayan analizado la eficiencia de las dos propuestas y antes de empezar con las conclusiones, se presentará un resumen de la información obtenida, para conocer cuál es el mejor planeamiento de la implementación del posible sistema de aprovisionamiento 4.0.

Para realizar este análisis se compararán los datos numéricos de la tabla 15, acompañados de los datos cualitativos estudiados a lo largo de este TFM.

En el caso de que se tome una decisión observando los porcentajes de eficiencia de la tabla 15, la propuesta de aprovisionamiento 4.0 total es la que mejores resultados proporcionaría a los buques de Armada, con cifras que se acercan al 40% mejor que el aprovisionamiento 4.0 parcial.

**Tabla 15. Comparativa resultados de eficiencia 4.0 total y parcial.**

APROVISIONAMIENTO 4.0 TOTAL		APROVISIONAMIENTO 4.0 PARCIAL	
EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS BUQUE SOBRE EL COSTE DE APROVISIONAMIENTO		EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS BUQUE SOBRE EL COSTE DE APROVISIONAMIENTO	
60,00%		36,60%	
EFICIENCIA REPUESTOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL		EFICIENCIA REPUESTOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
2,70%	3,90%	1,65%	2,38%
EFICIENCIA PERTRECHOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL		EFICIENCIA PERTRECHOS BUQUE SOBRE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
3,90%	5,10%	2,38%	3,11%
EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS BUQUE GASTO ANUAL		EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS BUQUE GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
2,75%	3,94%	1,68%	2,41%
EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS 16 BUQUES GASTO ANUAL		EFICIENCIA REPUESTOS Y PERTRECHOS 16 BUQUES GASTO ANUAL	
ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
43,93%	63,00%	26,91%	38,62%

Fuente: Elaboración propia.

Aunque los datos anteriores son clarificadores de la mejor opción, no solo es de utilidad medir los números sino fijarse en los problemas que podrían aparecer y que se han explicado, en el apartado de los obstáculos. Algunos de ellos se pueden enumerar brevemente, como la falta de legislación actualizada, consentimiento del personal con potestad de decisión, priorización de los recursos económicos escasos, tecnologías que todavía no se ha desarrollado para casos específicos por estar en su fase inicial y otras muchas, que provocarían un cambio brusco del actual sistema de aprovisionamiento y que podrían comprometer el funcionamiento y operatividad de los buques.

Otro de los factores en los que es necesario poner el foco de atención, es como se está realizando la implantación de tecnologías 4.0 en el mantenimiento de los buques de la Armada. Esta innovación se realiza de forma progresiva mediante el desarrollo de distintos programas que se han mencionado en la situación actual del TFM.

Por todo lo explicado hasta el momento, se considera que la mejor estrategia es la implementación de un aprovisionamiento 4.0 parcial, donde el sistema se vaya adaptando a los cambios, para finalizar con un aprovisionamiento 4.0 total en el que todas las tecnologías 4.0 funcionen al máximo rendimiento.

## **CONCLUSIONES**

En los últimos años y en la actualidad se ha podido comprobar como la implantación de las tecnologías 4.0 han avanzado en el entorno en el que se desarrolla la actividad de la Armada, hasta el punto de haber alcanzado un desarrollo mayor en algunas empresas internacionales, que en el ámbito de la administración pública y más concretamente en las instituciones militares. Si al anterior factor del entorno se le suma que los dirigentes políticos nacionales y europeos están promoviendo el avance de esta revolución 4.0, con la creación de nuevos proyectos y agencias, es necesario que la Armada evolucione con actuaciones acordes a sus procedimientos, capacidades y procesos de trabajo, para así obtener ventajas en su fuerza y en el apoyo logístico, más concretamente en un posible nuevo sistema de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes en buques de superficie.

En la implementación de un nuevo sistema de aprovisionamiento las cifras de eficiencia son significativas, pero es más importante la aplicación conjunta de técnicas 4.0 en los sistemas de mantenimiento y aprovisionamiento, porque existiría una coordinación de información más estrecha, para que los repuestos y pertrechos estuvieran en el momento y lugar que justamente se necesitan, ampliando el tiempo de operatividad de los equipos y evitando paradas inesperadas, que en ocasiones sí son críticas podrían llegar a dejar fuera de servicio un buque en un momento necesario.

En relación con la anterior conclusión, algunas de las noticias del periódico militar infodefensa.com, explicaban que la Armada se estaba centrando en la aplicación de las tecnologías 4.0 en el mantenimiento. Sin ser objeto de este estudio y sin tener datos de eficiencia, pero sí con una relación directa e indirecta con el aprovisionamiento como se expresó anteriormente, se podrían tener indicios de que las técnicas 4.0 en el mantenimiento son más eficientes porque el volumen de gasto es más elevado y por otros muchos más factores. Sin embargo no se obtendrá un rendimiento en la Armada acorde a las expectativas de esta revolución 4.0, hasta que todas las funciones logísticas trabajen en el mismo sentido y de esta forma se pueda cerrar el ciclo del proceso de sostenimiento.

Para comprobar si es viable la implementación del anterior sistema se ha realizado un análisis de confrontación con una matriz DAFO, recogiendo las ideas principales de los beneficios y obstáculos de las tecnologías 4.0 y de la situación actual de las tecnologías del aprovisionamiento de un buque de Armada. El resultado que se ha obtenido son estrategias que están a favor de la incorporación del sistema de aprovisionamiento 4.0, aunque algunas necesitan de medidas correctoras para que tengan mayor viabilidad.

En el estudio que se ha realizado sobre el impacto de la implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 en los factores MIRADO-I de la Armada y del Ministerio de Defensa se ha observado, que sus modificaciones no serían significativas para los elementos de adiestramiento, infraestructura y organización, mientras que en los factores de material, recursos humanos, doctrina, e interoperabilidad sí habría cambios significativos pero la mayoría en favor de mejoras en el sostenimiento y en el aprovisionamiento. Esta implantación estaría apoyada por un entorno, en el que todas sus funciones facilitarían un aprovisionamiento 4.0 en los buques. En resumen, se podría producir un aumento de la eficiencia y de la fiabilidad de los distintos procedimientos del aprovisionamiento, que alcanzaría no solo en el ahorro de repuestos y materiales de distintas clases, sino en la disminución del número de horas que emplea el personal en tareas rutinarias.

Después de haberse analizado múltiples variables que promueven la implantación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes en buques de superficie de la Armada, y la posterior proposición y estudio de eficiencia de dos alternativas, entre un 4.0 total o parcial. A la primera de las propuestas se le podría contestar que desde el punto de vista de los costes, sería un gasto que tendría unas tasas de retorno en eficiencia muy elevadas, con porcentajes del 60% sobre el total de los costes de aprovisionamiento de un buque. En el caso del sistema parcial sus porcentajes de eficiencia son del 37%. Los dos porcentajes anteriores serían de gran interés en el ámbito privado y público.

En relación con los dos porcentajes anteriores se puede observar, que la rentabilidad óptima de aplicar las tecnologías 4.0 en un sistema de aprovisionamiento de un buque, no se consigue con la implementación de una técnica 4.0 o la automatización de una tarea, sino que es necesario la utilización de una combinación de herramientas 4.0 sobre el conjunto de actividades del aprovisionamiento en este caso.

Los análisis que se centran en analizar cifras son de gran interés para que el personal directivo pueda tomar decisiones basadas en modelos matemáticos, pero es necesario reseñar que más significativo aún es cambiar la forma de actuar en los métodos de trabajo actuales del aprovisionamiento. Esta modificación consiste en dejar de hacer las tareas rutinarias por parte de los trabajadores, porque no aportan valor añadido y se puede hacer con tecnología, para que ese personal se ocupe de tareas más creativas y de mayor valor añadido que no puede hacer la tecnología. Si se quiere analizar en cifras la implementación de un sistema de aprovisionamiento 4.0 para equipos inteligentes en buques de superficie, a los porcentajes precedentes del 60% y 37%, habría que sumarles el aumento del valor añadido del personal que cambia de hacer tareas rutinarias a trabajos de mayor retorno económico para la Armada.

También para elegir entre un aprovisionamiento 4.0 total o parcial sería necesario hacer una priorización de los aspectos que son más urgentes de alcanzar en la institución, si la implantación total de un sistema de aprovisionamiento 4.0 que alcance la máxima eficiencia de los recursos económicos, materiales y personales o una implementación gradual de este sistema, que tenga como objetivos un aprendizaje escalonado, sin que suponga cambios bruscos de la organización en este área. De acuerdo a las actuaciones progresivas de los últimos años que se están realizando en la ejecución de tecnologías 4.0 en el mantenimiento, y que no son objeto de estudio de este TFM pero si tienen una relación directa e indirecta con el aprovisionamiento, se podría asimilar a la anterior forma de actuar y decantarse por una implementación parcial del posible nuevo sistema de aprovisionamiento 4.0, apoyándose en porcentajes superiores de eficiencia al 37% en el coste de aprovisionamiento.

Un motivo más que aconseja al menos la implementación parcial de un sistema de aprovisionamiento 4.0 en los buques de superficie, que tienen un desplazamiento mínimo al de una fragata, es el significativo volumen de gasto en repuestos y pertrechos que a su vez implica un relevante gasto de aprovisionamiento en el conjunto de buques de una flota.

En una segunda fase donde la tecnología haya avanzado más se podría intentar, que el sistema de aprovisionamiento 4.0 fuese total, con una gestión integral y automatizada de todas las tareas que en la actualidad se llevan a cabo de forma manual. Algunos de los ejemplos de tareas que se realizan por el personal son los pedidos, vales de material y altas y bajas de repuestos y pertrechos que son necesario llevar en pañoles/almacenes.

En la actualidad se está comprobando que uno de los mayores obstáculos que podría afectar a una posible implementación del sistema de aprovisionamiento citado anteriormente, es la adaptación de la normativa actual a la nueva revolución tecnológica que se está produciendo. Este es uno de los factores que desde el punto de vista legal habría que desarrollar para actuar de acuerdo a la legislación presente en cada momento.

Finalmente otro de los aspectos positivos que se lograría con la implementación de las tecnologías 4.0 en el sistema de aprovisionamiento sería estar entre las mejores armadas a nivel mundial, en cuanto al apoyo logístico y en particular en el aprovisionamiento, porque se conseguiría una ventaja tecnológica necesaria para sostener eficientemente a la Flota. Indirectamente, si estas tecnologías son desarrolladas por empresas españolas se conseguirá una supremacía respecto al resto, que las podría hacer liderar programas internacionales en el ámbito militar.

#### LIMITACIONES DEL TFM

El primero de los obstáculos que se ha observado, es la falta de información cuantitativa y cualitativa en el ámbito de Armada, por tratarse de un objeto de estudio en el que no existe todavía una planificación de implementación de un aprovisionamiento 4.0.

A raíz de la anterior dificultad ha sido muy complejo realizar el estudio de eficiencia y se ha tenido que acudir a fuentes externas de la Armada. Por el motivo anterior los resultados obtenidos son datos aproximados para hacer una primera imagen y obtener unos indicios del tamaño de las posibles optimizaciones, que se podrían obtener sobre el coste de aprovisionamiento y sobre el gasto anual de un buque de tamaño mínimo al de una fragata.

## LÍNEAS DE ACTUACIÓN FUTURAS

De las anteriores conclusiones y del TFM se obtienen varias iniciativas que se podrían llevar a cabo, para mejorar el actual sistema de aprovisionamiento de un buque de la Armada.

La primera de ellas es la publicación de un marco normativo en el que se fijen las bases y principios de actuación de esta función logística. También es de utilidad la proactividad en la creación de normativa interna que desarrolla y mantiene actualizada la legislación y jurisprudencia.

La segunda acción que se pretende que se realice en el futuro, es hacer un análisis de costes de eficiencia sobre el coste de aprovisionamiento de un buque con mayor precisión y por expertos especializados en la contabilidad de costes.

La tercera de ellas es profundizar en el actual impulso que se está haciendo con la implementación de las tecnologías 4.0, para aquellas tareas rutinarias que se puedan llevar a cabo con técnicas 4.0 y más concretamente en un futuro aprovisionamiento 4.0.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, L. J. (2017). Ciberseguridad: la colaboración público-privada en la era de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0 versus ciberseguridad 4.0). *Cuadernos De Estrategia* (185), 19-64.
- Ahumada, G. A. I. (2016). *Redes neuronales. ICARTE 2016*.
- Alagarsamy, S., Kandasamy, R., Subbiah, L., & Palanisamy, S. (2019). Applications of internet of things in pharmaceutical industry. *Available at SSRN 3441099*.
- Alejandro Martínez F. (2018). *PDC-01(A) Doctrina para el empleo de las FAS*. Obtenido de [http://data.europeana.eu/item/418/BVMDefensa\\_bib\\_BMDB20190001892](http://data.europeana.eu/item/418/BVMDefensa_bib_BMDB20190001892)
- Álvarez Vanoli, T. (2021). *Industria 4.0: Impacto de la Inteligencia Artificial y el Internet of Things en las Cadenas de Suministro*.
- Álvarez-Pallete, J. M. (2023). Discurso del Presidente. Junta general de accionistas.
- Antúnez Sánchez, A. (2019). La industria 4.0. Análisis y estudio desde el Derecho en la 4ta Revolución Industrial. *Advocatus (Barranquilla. Universidad Libre. : En Línea)* (32), 103-131. 10.18041/0124-0102/a.32.5526
- Asociación Española para la Digitalización. (2020). *Digitales: Industria 4.0*. Editorial DigitalES, <https://www.digitales.es/publicacion/informe-industria-4-0/>
- Avitia-Carlos, P., Pimentel-Mendoza, A. B., Rodríguez-Verduzco, J. L., & Rodríguez-Tapia, B. (2022). *La formación del personal de mantenimiento para la industria 4.0*. Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la UABC. 10.37636/recit.v54407418.
- Bandín Mosteyrin, R., & Pery Paredes, E. (2012). Manual de aprovisionamiento de primer escalón de la Armada (MAP-1). Obtenido de Revista General de la Armada.
- Barleta, E. P., Pérez, G., & Sánchez, R. J. (2019). *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0*.
- Bejar Gonzales, D. L., & Jove Castillo, E. L. (2020). Estudio de tecnologías 4.0 en el sector de industrias alimentarias.
- Berlanga, A. (2016). El camino desde la inteligencia artificial al Big Data. *Revista Índice*, (68)

- Blanco Rojas, M. J., González Rojas, K. T., & Rodríguez Molano, J. I. (2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la ingeniería industrial. *Ingeniería Solidaria*, 13(23), 77-90. 10.16925/in.v23i13.2007.
- Borrero, J. D. (2019). Sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentario para cooperativas de frutas y hortalizas basado en la tecnología Blockchain. *CIRIEC-España* (95), 71. 10.7203/CIRIEC-E.95.13123.
- Burns, T., Cosgrove, J., & Doyle, F. (2019). A Review of Interoperability Standards for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 38, 646-653. 10.1016/j.promfg.2020.01.083.
- Calatayud, A., & Katz, R. (2019). *Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina* doi:10.18235/0001956 Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/node/19643>.
- Ceballos Velo, E., Lena Acebo, F. J., & Universidad de Cantabria. (2022). *Inteligencia artificial y aprendizaje automático en la gestión logística en la industria*. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/26687>.
- Consejo Económico y Social de España. (2019). Memoria sobre la situación socio económica y laboral España 2018.
- Consultora Everis (2017). *Estudio de caracterización del sector del transporte y la logística en España*. Editorial Everis, <asambleauoestudiocaracterizacion.pdf> (<unologistica.org>).
- De Camargo Junior, J. B., & Pires, S. R. I. (2021). Modelo de utilização de computação em nuvens para cadeias de suprimentos. *Interciencia*, 46(3), 96-103.
- De Ramos Duránte, J., & Galán Millán, V. M. (2011). *Aplicaciones logísticas de gestión del material en la Armada*. Obtenido de Revista General de la Armada.
- Díaz del Río Durán, J. (2021). *Mantenimiento inteligente en la Armada: en vanguardia y trazando el futuro*. Obtenido de Revista General de la Armada.
- Duncan, B., Lee, Y. W., Westerlund, M., & Aßmuth, A. (2019). *Cloud banking computing\_2019\_full*.
- Escudero, M. (2011). Gestión de aprovisionamiento. *Ediciones Paraninfo SA 3ra Edición, 3ra Impresión De*.
- Especificación UNE 0060 Industria 4.0 Sistema de gestión para la digitalización Requisitos* (2018). AENOR Internacional S.A.U.

- Estrada Mejía, S., Restrepo de Ocampo, L. S., & Ballesteros Silva, P. P. (2010). *Análisis de los costes logísticos en la administración de la cadena de suministro*.
- Fontena Faúndez Hugo, F. (1994). Proposición para una definición de logística.
- Frazzon, E. M., Rodriguez, C. M. T., Pereira, M. M., Pires, M. C., & Uhlmann, I. (2019). Towards Supply Chain Management 4.0. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 180-191. 10.14488/BJOPM.2019.v16.n2.a2
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.
- Gómez, R., Martín, I., Marmolejo, M., Claver, P., Colado, J., Rilo, R. Tello, C. (2022). *La economía digital en España*. Madrid: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Obtenido de <http://www.econis.eu/PPNSET?PPN#61;1014418992>.
- González-Aller Lacalle, D., & Lamas López, F. (2018). *Evolución del Centro de Supervisión y Análisis de Datos de la Armada (CESADAR)*. Obtenido de Revista General de la Armada.
- Granillo-Macias, R. (2022). Cadena en bloques y la trazabilidad en la cadena de suministro agroalimentaria. *Ingenio Y Conciencia Boletín Científico De La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 9(17), 43-44.
- Hernández López, R. A. (2023). *Visión del AJAL del Arsenal Inteligente*. Obtenido de Revista General de Armada.
- Hernández, M. R. (2018). Matriz DAFO o FODA: herramienta estratégica con plena vigencia. Universidad la Salle Cancun.
- Comisión Europea (2020). *Índice de la Economía y la Sociedad Digitales (DESI) España*. Editorial CE, [PAe - Índice de Economía y Sociedad Digital 2020 \(DESI\) \(administracionelectronica.gob.es\)](https://administracionelectronica.gob.es).
- Comisión Europea (2022). *Índice de la Economía y la Sociedad Digitales (DESI) España*. Editorial CE, [Índice de la Economía y la Sociedad Digitales \(DESI\) 2022 | Configurar el futuro digital de Europa](https://administracionelectronica.gob.es).
- Fondo Monetario Internacional (2022). *Perspectivas de la economía Mundial. Afrontar la crisis del costo de vida*. Editorial FMI. [Perspectivas de la economía mundial, octubre de 2022 \(imf.org\)](https://www.imf.org)
- Foschiatti, A. M., & Alberto, J. A. (2012). El uso de matrices DAFO como herramientas de gestión y análisis geográfico. *Geográfica Digital*, 9(18), 1-11.

- Ipsos. (2022). Opiniones globales y expectativas sobre la inteligencia artificial.
- Junaidi, W. (2022). Value Chain Analysis to Identify Internet of Things Use Cases in The Indonesian Pharmaceutical Industry. *Business Economic, Communication, and Social Sciences Journal (BECOSS)*, 4(3), 157-163. 10.21512/becossjournal.v4i3.8456
- Junior, J. B. d. C., & Pires, S. R. I. (2021). Modelo de utilizacao de computaca em nuvens para cadeias de suprimentos/Modelo de de computación en nubes para cadenas de suministro/Cloud computing utilization model for supply chains. *Interciencia*, 46(3), 96.
- Kurdi, B. A., Alzoubi, H. M., Alshurideh, M. T., Alquqa, E. K., & Hamadneh, S. (2023). Impact of supply chain 4.0 and supply chain risk on organizational performance: An empirical evidence from the UAE food manufacturing industry. *Uncertain Supply Chain Management*, 11(1), 111-118. 10.5267/j.uscm.2022.11.004.
- Lasse Petteri, R. (2018). Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro.
- Lee, I. (2019). The Internet of Things for enterprises: An ecosystem, architecture, and IoT service business model. *Internet of Things*, 7, 100078. 10.1016/j.iot.2019.100078
- Lezama León M. H. (2022). *Gestión integral de la cadena de suministro, retos y tendencias*.
- López Calderón, E. T. (2022). *PDC-4\_Doctrina\_Logistica\_en\_Operaciones*. Ministerio de Defensa. Obtenido en [https://emad.defensa.gob.es/Galerias/CCDC/files/PDC-4\\_Doctrina\\_Logistica\\_en\\_Operaciones.pdf](https://emad.defensa.gob.es/Galerias/CCDC/files/PDC-4_Doctrina_Logistica_en_Operaciones.pdf)
- López Calderón, T. E., & Ruesta Botella, J. A. (2017). Concepto de apoyo logístico. Obtenido de Revista General de la Armada.
- Machado, E., Scavarda, L. F., Caiado, R. G. G., & Thomé, A. M. T. (2021). Barriers and Enablers for the Integration of Industry 4.0 and Sustainability in Supply Chains of MSMEs. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 13(21), 11664. 10.3390/su132111664
- Martorell Lacave, A. (2022). *Líneas generales de la Armada 2022*. Obtenido de Revista General de la Armada.
- Menéndez Argüín Raúl, A. (2006). *Administración de la logística militar romana durante el Principado*. Florentia iliberritana: Revista de estudios de antigüedad clásica, Nº 17. Universidad de Granada.
- Montanera, R., & Acebes, B. (2022). *Estudio anual e-commerce 2022*.

- Moreno Rodríguez, A. (2009). *Desarrollo de una interfaz gráfica de redes neuronales usando Matlab*. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Mecánica
- Morisson, A., & Pattinson, M. (2019). *Industry 4.0*. Lille: Interreg Europe Policy Learning Platform10.1787/9789264271036-en.
- Nicolalde, F. V. C. (2018). *Análisis de Big Data en IoT para campos de Cadenas de Suministro Inteligente*. Escuela Superior de Tecnología y Gestión del Instituto Politécnico de Leiria.
- Ortiz, A. C. (2020). Retos estratégicos del sistema logístico de la Armada nacional en el posconflicto. *Equipos De Pistón Corer Y Heat Flow Para El Desarrollo De La Investigación Científica Marina En Colombia En Una Campaña De Geoquímica Orgánica De Exploración De Hidrocarburos En Aguas Ultra Profundas a Bordo Del Arc "roncador"*, 23.
- Parra Peña, J., Niño Villamizar, Y. A., & Suárez Serrano, M. Y. (2022). Reflexiones en torno a la logística de aprovisionamiento: antecedentes y tendencias. *Ingeniería*, 27(2), e17043. 10.14483/23448393.17043
- Peach, S., & Wells, B. (2020). *Science & Technology Trends 2020-2040*.
- Rojas, M. D., Guisao, E., & Cano, J. A. (2011). *Logística integral*. Ediciones de la U.
- Ruano Ramos, L. F. (2003). Reflexiones sobre la doctrina. *Boletín de información (Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (Spain))* (278), 47-60. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo#61;4553417>.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Ruiz Sancho, A. (2018). Estrategias de investigación en las Ciencias Sociales. Fundamentos para la elaboración de un Trabajo Fin de Grado o un Trabajo Fin de Máster. Félix Requena Santos y Luis Ayuso Sánchez (coords. y eds.). *Revista De Sociología De La Educación-RASE*, 11(3), 497. 10.7203/RASE.11.3.13083.
- Sánchez Castejón Pedro. (2020). *ENIA Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial*. (). St. Louis: Federal Reserve Bank of St Louis. Obtenido de Publicly Available Content Database <https://search.proquest.com/docview/2675433065>.
- Sánchez Hurtado, J. R., Montero Moncada, L. A., Ardila Castro, C. A., & Ussa Cabrera, A. J. (2011). Logística militar en los conflictos del siglo XXI. El espacio y los retos ofrecidos por la guerra asimétrica. *Revista Científica General José María Córdova*, 9(9), 15. 10.21830/19006586.243.

- Segura, V., Fuster, A., Antolín, F., Casellas, C., Payno, M., Grandío, A., Cagigós, A., & Muelas, M. (2020). *Logística de Última Milla Retos y soluciones en España*.
- Servera-Francés, D. (2010). Concepto y evolución de la función logística. *Innovar*, 20(38), 217-234.
- Siemens. (2016). *España 4.0. El reto de la transformación digital de la economía*. Editorial Roland Berger S.A.
- Sobb, T., Turnbull, B., & Moustafa, N. (2020). Supply Chain 4.0: A Survey of Cyber Security Challenges, Solutions and Future Directions. *Electronics (Basel)*, 9(11), 1864. 10.3390/electronics9111864.
- Vitasek Kate. (2013). *Supply chain management, terms and glossary*. Council of Supply Chain Management Professionals
- Zafra, M. A. G. (2001). Planificación estratégica: "Método DAFO". *Prácticas Locales De Creatividad Social. El Viejo Topo Mataró*.
- Zhang, Y., & Zhang, L. (2014). Organizing complex engineering operations throughout the lifecycle: A service-centred view and case studies. *Journal of Service Management*,
- Zito, M. (2019). La sustentabilidad de Internet de las Cosas. *Cuadernos Del Centro De Estudios De Diseño Y Comunicación* (70)10.18682/cdc.vi70.1126

## **Legislación**

- Directiva 05/2018 del Jefe de Estado Mayor de la Defensa para orientar la preparación de la fuerza conjunta. *Obtenido en la Colección de Reglamentos del a Armada*.
- 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. *Obtenido en la Colección de Reglamentos del a Armada*.
- 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 (2012). *Obtenido en la Colección de Reglamentos del a Armada*.
- Instrucción Permanente de logística 001/2018, de 23 de marzo, del Almirante Jefe de Apoyo Logístico por la que se desarrolla del concepto de apoyo logístico y se establecen directrices para revisar la doctrina y estructura del apoyo logístico. *Obtenido en la Colección de Reglamentos del a Armada*.
- 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 (2018). *BOD núm. 111, de 07/06/2018*.

Instrucción Permanente de organización 04/19, de 29 de noviembre, del Almirante Jefe de Apoyo Logístico, sobre la gestión de la actividad logística de los arsenales a través de capacidades (2019). *Obtenido en la Colección de Reglamentos del a Armada.*

Instrucción 15/2021, de 11 marzo, del Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada, por la que se desarrolla la organización de la Armada. *Obtenido en la Colección de Reglamentos del a Armada.*

Ley 47/2003, de 26 de noviembre, General Presupuestaria. *BOD núm.284, de 27/11/2013.*

Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del sector público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las directivas del parlamento europeo y del consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. (2017). *BOD núm.272, de 09/11/2017.*

Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales. *BOD núm.294, de 06/12/2018.*

Ley 15/2022, de 12 de julio, integral para la igualdad de trato y la no discriminación. *BOD núm.167, de 13/07/2022.*

Norma permanente de organización núm. 2/2021, del Almirante Jefe de Apoyo Logístico de la Armada, por la que se desarrolla la organización de los arsenales. *Obtenido en la Colección de Reglamentos del a Armada.*

Propuesta de reglamento del parlamento europeo y del consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (ley de inteligencia artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la unión (2021). *Obtenido en [COM\\_COM\(2022\)0454\\_ES.pdf \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/COM_COM(2022)0454_ES.pdf) a fecha 09/05/2023.*

## **Webgrafía**

Tipología de inteligencia artificial a fecha de 17/03/2023 <https://www.sap.com/latinamerica/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html#:~:text=Machine%20learning%20es%20un%20subconjunto%20de%20la%20inteligencia,%E2%80%93en%20lugar%20de%20ser%20expl%C3%ADcite%20programadas%20para%20hacerlo%E2%80%93>.

Como es el funcionamiento de la nube de datos <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-the-cloud> a fecha 05/03/2023.

Foto de un proceso de intercambio de datos electrónico [GS1 Argentina - El lenguaje mundial de los negocios](#) a fecha 04/05/2023.

Noticia de infodefensa.com sobre la automatización de tareas de mantenimiento Mondéjar (Navantia): "[El 80% de las tareas de primer escalón en un barco se pueden automatizar](https://www.infodefensa.com/2023/03/20/el-80-de-las-tareas-de-primer-escalon-en-un-barco-se-pueden-automatizar/)" ([infodefensa.com](https://www.infodefensa.com)), a fecha 20/03/2023.

Interés político por las tecnologías 4.0 <https://news.microsoft.com/es-es/2023/02/22/isabel-diaz-ayuso-se-reune-con-directivos-de-microsoft-para-conocer-los-planes-de-inversion-de-la-compania-en-la-comunidad-de-madrid/> a fecha 01/03/2023.

Comunicado de la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) <https://www.aepd.es/es/prensa-y-comunicacion/notas-de-prensa/aepd-inicia-de-oficio-actuaciones-de-investigacion-a-openai> a fecha 13/04/2023.

Ejemplo de entidad pública empresarial que ha instalado tecnologías 4.0 <https://enaire.sede.gob.es/login> a fecha 29/03/2023.

La necesidad de producción normativa <https://es.investing.com/news/stock-market-news/ante-el-auge-de-la-ia-la-ue-debate-nuevas-normas-2375225> a fecha 22/03/2023.

Barreras en la implementación de las tecnologías 4.0 por falta de normativa precisa <https://in.investing.com/news/chatgpt-banned-in-italy-by-regulators-over-data-privacy-concerns-3581641> a fecha 31/03/2023

Impacto de las tareas de adiestramiento del aprovisionamiento 4.0 <https://www.sepi.es/es/sala-de-prensa/noticias/navantia-se-encargara-del-mantenimiento-de-motores-de-los-buques-de-la> a 29/01/2023.

Porcentaje de gasto en defensa respecto del PIB de los países de la OTAN 3 [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/220627-def-exp-2022-en.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/220627-def-exp-2022-en.pdf) a fecha 21/03/2022.