



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

# Implementación de un pasaporte digital de productos en el ámbito de la defensa

Autor:

Simón García, Miriam

Tutor(es):

Galende Hernandez, Marta  
Ingeniería de Sistemas y  
Automática

Muñoz Vélez, María  
Ejército de Tierra

Valladolid, septiembre - 2025.



## Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado propone el diseño conceptual de un Pasaporte Digital del Producto (DPP) para el vehículo militar TOA M-113 A2, con el objetivo de digitalizar y estructurar la información técnica y medioambiental de sistemas militares. En línea con las estrategias europeas de sostenibilidad, economía circular y digitalización, el DPP se presenta como una herramienta clave para mejorar la trazabilidad, eficiencia y transparencia en la gestión del ciclo de vida de productos de defensa. El estudio parte del análisis normativo de la UE y del Ministerio de Defensa español, y plantea una estructura de datos, perfiles de usuario y fases de desarrollo. La propuesta se valida conceptualmente en tres componentes críticos del vehículo, demostrando su aplicabilidad operativa. Este modelo escalable sienta las bases para futuras implementaciones reales, contribuyendo a una logística militar más eficiente, interoperable y respetuosa con el medio ambiente.

**Palabras clave:** DPP, interoperabilidad, Ejército, economía circular, digitalización.



## Abstract

This Final Degree Project proposes the conceptual design of a Digital Product Passport (DPP) for the military vehicle TOA M-113 A2, aiming to digitize and structure the technical and environmental information of military systems. Aligned with European strategies for sustainability, circular economy, and digital transformation, the DPP emerges as a key tool to enhance traceability, efficiency, and transparency in the lifecycle management of defense products. The study is based on regulatory analysis from the EU and the Spanish Ministry of Defense, and outlines a data structure, user profiles, and development phases. The proposal is conceptually validated on three critical components of the vehicle, demonstrating its operational applicability. This scalable model lays the groundwork for future real-world implementations, contributing to a more efficient, interoperable, and environmentally responsible military logistics system.

**Keywords:** DPP, interoperability, Army, circular economy, digitalization.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
GLORSARIO DE ABREVIATURAS .....	8
CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	11
1.1. Introducción: Contexto y justificación .....	11
1.2. Objetivos .....	12
1.3. Análisis de ventajas e inconvenientes de implementar un DPP.....	12
1.4. Organización de la memoria.....	13
CAPÍTULO 2.PASAPORTE DIGITAL DE PRODUCTO (DPP):.....	15
NORMATIVA CIVIL Y MILITAR.....	15
2.1. ¿Qué es el DPP?.....	15
2.2. Normativa civil europea y nacional. Estandarización UNE.....	16
2.2.1. Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles (ESPR).....	17
2.2.2. Elementos clave.....	17
2.2.3. Artículos que hacen alusión al DPP.....	19
2.2.4. Requisitos Reglamentarios del ESPR para la Comercialización en la UE	21
2.2.5. Estructura del DPP.....	22
2.2.6. Características del DPP .....	24
2.2.7. Impacto del DPP en los actores claves de la cadena de valor .....	24
2.2.8. Estándares asociados al DPP .....	25
2.2.9. Cronología de implementación del DPP.....	28
2.3. Directrices Agencia de Defensa Europea y Ministerio de Defensa .....	28
2.3.1. Agencia de Defensa Europea (EDA) .....	28
2.3.2. Ministerio de Defensa .....	29
2.4. Casos de uso DPP puestos en marcha.....	30
CAPÍTULO 3.CENTROS LOGÍSTICOS DE VEHÍCULOS MILITARES.....	33
3.1. ¿Qué es y cómo funciona un centro logístico militar? .....	33
3.2. Recuperación, reutilización y reciclaje de componentes. ....	37
CAPÍTULO 4.DISEÑO DE UN DPP EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA.....	41
4.1. Etapas genéricas de implantación del DPP en el PCMASA 2 .....	41
4.2. Conceptos del DPP aplicados al sector de la defensa .....	44
4.3. Gestión del sistema .....	48
4.3.1. Requisitos.....	48



4.3.2. Definición de los perfiles de usuario .....	50
4.3.3. Casos de uso .....	50
<b>CAPÍTULO 5. PRUEBA DE CONCEPTO:DPP EN VEHÍCULO MILITAR.....</b>	<b>55</b>
5.1. Recopilación de información del TOA: datos y procesos .....	55
5.2. Digitalización: definición de la estructura de datos.....	60
5.2.1. MCD del DPP aplicado al TOA M-113 A2 .....	61
5.2.2. MLD del DPP aplicado al TOA M-113 A2 .....	64
<b>CAPÍTULO 6.TECNOLOGÍAS TIC PARA LA CONEXIÓN FÍSICO – DIGITAL DEL DPP .....</b>	<b>71</b>
6.1. Tecnología TIC.....	71
6.2. Catálogos TIC existentes que puedan usarse para implementar el DPP .....	71
6.3. Códigos que permiten la conexión del producto físico con el digital .....	73
<b>CAPÍTULO 7. PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DPP .....</b>	<b>79</b>
7.1. Diagrama de Gantt.....	79
7.2. Estimación del presupuesto.....	81
<b>CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....</b>	<b>85</b>
8.1. Conclusiones .....	85
8.2. Trabajo futuro .....	86
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ciclo del Pasaporte Digital de Producto. Fuente: datos.gob.es .	15
Ilustración 2: Cronología de implementación del DPP. Fuente: Elaboración propia.....	27
Ilustración 3: Articulación del MALE. Fuente: Elaboración propia. ....	35
Ilustración 4: Modelo de economía circular. Fuente: Parlamento europeo.....	38
Ilustración 5: TOA M-113 A2. Fuente: 20minutos. ....	45
Ilustración 6. Motor del TOA. Fuente: PCMASA 2.....	46
Ilustración 7.Componentes del sistema contra incendios del TOA. Fuente: PCMASA 2.....	46
Ilustración 8.Ubicación del sistema contra incendios dentro del TOA. Fuente: PCMASA 2.....	47
Ilustración 9. Eslabón del tren de rodaje del TOA. Fuente: PCMASA 2. ....	47
Ilustración 10. Zapatas del eslabón del tren del rodaje del TOA. Fuente: PCMASA 2.....	48
Ilustración 11.Diagrama UML de casos de uso estandarizado. Fuente: Elaboración propia.....	51
Ilustración 12.MCD del DPP aplicado al TOA. Fuente: Elaboración propia.....	63
Ilustración 13.MLD del DPP aplicado al TOA. Fuente: Elaboración propia .....	64
Ilustración 14.Ejemplo de simbología de código QR. Fuente: ACTA.....	73
Ilustración 15.Modo de operación tecnología NFC. Fuente: ACTA. ....	74
Ilustración 16. Ejemplo de simbología de código de barras. Fuente: GS1.....	75
Ilustración 17.Ejemplo de simbología de Data Matrix. Fuente: GS1.....	76
Ilustración 18.Etiqueta de RFID. Fuente: ACTA.....	77
Ilustración 19.Diagrama de Gantt para la implantación del DPP en el PCMASA 2. Fuente: Elaboración propia. ....	80



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Artículos que tratan el DPP. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 2: Artículos que hacen alusión al DPP. Fuente: Elaboración propia. ....	20
Tabla 3: Actividades de estandarización solicitadas. Fuente: Elaboración propia.....	26
Tabla 4: Estructura de un OLC. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Tabla 5: Fases de la logística militar inversa. Fuente: Elaboración propia.....	39
Tabla 6.Perfiles de usuario dentro del sistema del DPP. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 7.CU-001 ‘Completar información’. Fuente: Elaboración propia. ....	52
Tabla 8.CU-002 ‘Visualizar información’. Fuente: Elaboración propia. ....	52
Tabla 9.CU-003 ‘Administrar usuarios/ sistema’. Fuente: Elaboración propia.	
.....	53
Tabla 10.CU-004 ‘Validar información’. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 11.CU-005 ‘Modificar información’. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 12. Información estática recopilada del TOA. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 13.Información dinámica recopilada del TOA. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 14.Información estática recopilada del TOA y sus componentes. ....	59
Tabla 15.Información dinámica recopilada del TOA y sus componentes. ....	60
Tabla 16. Tipos de datos. Fuente: Elaboración propia.....	65
Tabla 17.Entidad 'Componente'. Fuente: Elaboración propia. ....	66
Tabla 18.Entidad 'Ciclo de vida'. Fuente: Elaboración Propia.....	67
Tabla 19.Entidad 'Mantenimiento'. Fuente: Elaboración Propia. ....	68
Tabla 20.Entidad 'Inspección'. Fuente: Elaboración Propia.....	68
Tabla 21.Entidad 'Trazabilidad'. Fuente: Elaboración Propia. ....	69
Tabla 22.Entidad 'UsoFuncionamiento'. Fuente: Elaboración Propia. ....	69
Tabla 23.Entidad 'Materiales'. Fuente: Elaboración Propia. ....	70
Tabla 24.Entidad 'TransferencialInternacional'. Fuente: Elaboración Propia...	70
Tabla 25. Catálogos TIC. Fuente: Elaboración propia. ....	73
Tabla 26. Comparativa de los códigos que permiten la conexión físico – digital de los productos. Fuente: Elaboración propia. ....	77
Tabla 27.Definición de perfiles para la estimación del presupuesto. Fuente:	
Elaboración propia. ....	81
Tabla 28.Cálculo del presupuesto. Fuente: Elaboración propia.....	82



## GLORSARIO DE ABREVIATURAS

BLET	Base Logística del Ejército de Tierra
CE	Comisión Europea
CD3R	Centro de Desmilitarización 3R
CEN	Comité Europeo de Normalización
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
CIRPASS	Circular Product Information System for Sustainability
DOUE	Diario Oficial de la Unión Europea
DPP	Digital Product Passport (Pasaporte Digital del Producto)
EDA	European Defence Agency (Agencia de Defensa Europea)
EEEC	Estrategia Española de Economía Circular
ERP	Enterprise Resource Planning (Planificación de Recursos Empresariales)
ESPR	Ecodiseño para Productos Sostenibles (Reglamento)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
FK	Foreign Key (Clave Foránea)
GS1	Global Standards 1 (organismo de estandarización de códigos)
IEC	International Electrotechnical Commission
IoT	Internet of Things (Internet de las cosas)
IOTA	Defence digital product Passport for Body Armour Components
MALE	Mando de Apoyo Logístico del Ejército
MCD	Modelo Conceptual de Datos
MLD	Modelo Lógico de Datos
MITERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
NFC	Near Field Communication
OLC	Órgano Logístico Central
PCMASA 2	Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Acorazados nº 2
PLM	Product Lifecycle Management (Gestión del Ciclo de Vida del Producto)
PK	Primary Key (Clave Primaria)
QR	Quick Response (código)
3R	Recuperación, reutilización y reciclaje



REACH	Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas
RFID	Radio Frequency Identification
ROHS	Restricción de Sustancias Peligrosas
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TOA	Transporte Oruga Acorazado
UE	Unión Europea
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UML	Lenguaje Unificado de Modelado
UNE	Asociación Española de Normalización
UNSPSC	United Nations Standard Products and Services Code





## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

#### 1.1. Introducción: Contexto y justificación

En el marco de las estrategias europeas orientadas a la sostenibilidad y la eficiencia operativa, surge el Pasaporte Digital del Producto o Digital Product Passport (DPP), promovido por la Comisión Europea (CE), como una herramienta clave para garantizar la transparencia, la trazabilidad y el acceso a información sobre productos a lo largo de su ciclo de vida. Esta iniciativa, que parte del Plan de Acción para la Economía Circular y del Reglamento de Ecodiseño para los Productos Sostenibles (ESPR), responde a la necesidad de disponer de datos estructurados y accesibles sobre la composición, reparabilidad, huella de carbono, impacto ambiental y el cumplimiento normativo de los productos.

En España, este compromiso se refleja en la aprobación de la Estrategia Española de Economía Circular 2030, que promueve un uso más racional de los recursos, y en distintas iniciativas del Ministerio de Defensa, como la Instrucción 31/2023 sobre la contratación medioambiental o la Estrategia ante el cambio climático. Además, el Ejército explora soluciones prácticas como la creación de un centro de desmilitarización (CD3R), con el objetivo de aplicar la logística inversa a la recuperación y reutilización de componentes en vehículos militares.

En este contexto, la aplicación de un DPP en el ámbito de la defensa se presenta no solo como una oportunidad, sino como una necesidad estratégica. Los sistemas militares, por su complejidad técnica, su elevado coste y su impacto ambiental, requieren herramientas que permitan gestionar de forma eficiente y segura el ciclo de vida de sus componentes. La trazabilidad, la interoperabilidad y la digitalización de la información son fundamentales para garantizar la sostenibilidad operativa, la reutilización de materiales y el cumplimiento normativo en un entorno cada vez más exigente.

Además, la defensa no puede quedar al margen de las políticas europeas de economía circular. La integración del DPP en los procesos logísticos militares permitiría optimizar recursos, reducir residuos, mejorar la toma de decisiones y facilitar la transición hacia una defensa más moderna, transparente y alineada con los objetivos de sostenibilidad de la UE.



Todo ello, evidencia la necesidad de contar con herramientas digitales que estructuren y gestionen la información técnica de forma fiable y sostenible. En este contexto, el presente Trabajo de Fin de Grado tiene como finalidad plantear el diseño y modelado de un prototipo de DPP orientado a la mejora y modernización de la logística militar, utilizando como caso de estudio el Transporte Oruga Acorazado (TOA) M-113 A2. La propuesta parte de un enfoque técnico, alineado con los principios de economía circular, digitalización y sostenibilidad promovidos tanto por la UE como por el Ministerio de Defensa español.

### 1.2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es diseñar y prototipar un DPP en el entorno operacional del Ejército, facilitando el acceso seguro y eficiente a la información que contenga sobre los productos utilizados en operaciones militares, pudiendo servir este prototipo como base a futuros estudios y aplicaciones. Como objetivos específicos se plantean:

- Analizar la normativa europea sobre el DPP, así como su aplicabilidad en el ámbito militar.
- Establecer unas etapas genéricas de implementación del DPP en el PCMASA 2, estimando los recursos y el presupuesto necesarios.
- Definir los perfiles de usuario con distintos niveles de acceso y permisos dentro del sistema.
- Proponer una estructura de datos para el TOA M-113 A2 que permita gestionar de forma eficiente los ciclos de vida de los componentes militares.
- Validar el modelo mediante su aplicación a tres componentes del TOA M-113 A2: motor, sistema contra incendios y eslabón del tren de rodaje.

Con este enfoque, se busca ofrecer una solución digital escalable que sirva como base a futuros desarrollos tecnológicos en la logística militar, alineados con las políticas europeas de defensa sostenibles.

### 1.3. Análisis de ventajas e inconvenientes de implementar un DPP

En el contexto actual de transformación digital y sostenibilidad, la implantación de un DPP representa una herramienta estratégica de gran valor. Sin embargo, su implementación también conlleva una serie de retos técnicos, económicos y organizativos que deben ser considerados. A continuación, se presenta un análisis de las principales ventajas e inconvenientes de implementar un DPP:



## Ventajas

- Trazabilidad completa del ciclo de vida, desde la fabricación hasta el reciclaje o baja.
- Fomenta la sostenibilidad al permitir el seguimiento de emisiones, materiales reciclables y huella de carbono.
- Transparencia y acceso a la información.
- Mejora la interoperabilidad digital.
- Apoya la toma de decisiones, al poseer información fiable sobre reciclaje, baja o reutilización de equipos.
- Optimización logística y operativa.
- Digitalización de la información y reducción de la dependencia a soportes físicos.

## Inconvenientes

- Coste de desarrollo e implementación elevado.
- Alta complejidad técnica de implantación.
- Requiere de infraestructura digital.
- Requiere de formación del personal para su correcta implementación.
- Riesgos de ciberseguridad, al manejar datos sensibles y requerir de medidas de protección adecuadas.
- Complejidad en la interoperabilidad, pues no siempre es fácil integrarlo con sistemas preexistentes.
- Necesidad de mantenimiento constante para que la información que contiene el DPP esté siempre actualizada.

### 1.4.Organización de la memoria

Este trabajo se estructura siguiendo una lógica progresiva, que parte del marco normativo y conceptual del DPP, y avanza hacia su aplicación concreta en el entorno militar.

En primer lugar, en capítulo 2, se contextualiza la normativa europea y las estrategias nacionales que impulsan la economía circular y la trazabilidad digital. A continuación, en el capítulo 3, se estudia el funcionamiento de los centros logísticos del Ejército como base para la implantación del modelo propuesto. Posteriormente, en el capítulo 4 se desarrolla la propuesta técnica del DPP, detallando la definición de requisitos, la identificación de roles de usuario y la estructura de datos mediante modelos conceptuales y lógicos. Esta propuesta se valida aplicándola a tres componentes representativos del TOA-113 A2, en el capítulo 5, analizando su viabilidad y adaptabilidad. Además, en el capítulo 6, se han explorado tecnologías TIC clave para garantizar la conexión físico-digital del DPP. En el capítulo 7 se presenta una planificación temporal y



estimación del presupuesto de acerca del proceso de implementación del DPP en el PCMASA 2. Finalmente, en el capítulo 8, se presentan las conclusiones extraídas del proyecto y se plantean futuras líneas de desarrollo e implementación del sistema en contextos reales.

## CAPÍTULO 2

### PASAPORTE DIGITAL DE PRODUCTO (DPP): NORMATIVA CIVIL Y MILITAR

#### 2.1. ¿Qué es el DPP?

El DPP impulsado por la legislación europea, es una herramienta tecnológica innovadora diseñada para recopilar y compartir digitalmente información clave sobre los productos durante todo su ciclo de vida (desde su fabricación hasta su reciclaje), con el objetivo de mejorar la transparencia en la cadena de valor de los productos a través del acceso a la información completa de los mismos, gestionando así los productos de manera más eficiente [1].

Con la implementación del DPP, la Comisión Europea (CE) busca garantizar el cumplimiento de normativas ambientales además de fomentar la sostenibilidad, extender la vida útil y la optimización de los productos, mejorar la transparencia en la cadena de valor e impulsar la transición a la economía circular.

A modo ilustrativo, la siguiente imagen (Ilustración 1), muestra cómo el DPP actúa como eje central en todo el ciclo de vida del producto, desde el diseño y la fabricación hasta su consumo, reciclaje y gestión final como residuo, permitiendo una trazabilidad segura, promoviendo la reutilización y facilitando el cumplimiento de las políticas de economía circular impulsadas por la Unión Europea (UE).

#### PASAPORTE DIGITAL DE PRODUCTO

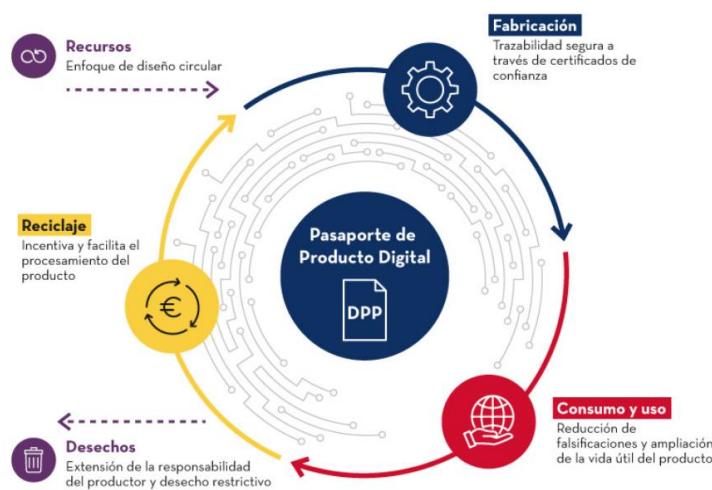


Ilustración 1: Ciclo del Pasaporte Digital de Producto. Fuente: datos.gob.es



La necesidad de desarrollar un DPP es debida a la creciente necesidad de fomentar la economía circular y reducir el impacto ambiental de los productos. Con ello, la UE ha liderado el desarrollo de políticas y normativas que apoyen la sostenibilidad, con iniciativas como el **Plan de Acción de Economía Circular de la UE** [2], el cual establece directrices para hacer más sostenible la producción y consumo de bienes en Europa, incluyendo su aplicación al sector defensa. Además, promueve durabilidad, reparabilidad, reciclaje y trazabilidad. Por otro lado, está la **Estrategia Española de Economía Circular “España 2030” (EEEC)** [3], aprobada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), que promueve un modelo productivo basado en la reducción de residuos y el aprovechamiento máximo de recursos. En su despliegue, incluye la necesidad de extender estos principios a todos los sectores, incluido el militar.

Además, existen otras plataformas de apoyo a la implementación del DPP como el proyecto **CIRPASS** (Circular Product Information System for Sustainability), que, en colaboración con la Comisión Europea, busca mejorar la trazabilidad y gestión de los datos de los productos durante todo su ciclo de vida. Este proyecto se divide en dos fases:

- CIRPASS I: es un proyecto clave para el desarrollo del DPP, puesto que sienta las bases para su implementación en la UE. Sus funciones clave se resumen en definir los requisitos y especificaciones técnica del DPP, crea un marco digital interoperable para conectar a fabricantes, consumidores y recicladores, y apoyar sectores clave en la adopción del DPP como electrónica, baterías y textiles [4]
- CIRPASS II: es la evolución del CIRPASS I, que se enfoca en la implementación práctica y las pruebas piloto, con el objetivo de ampliar la interoperabilidad del sistema con más industrias y desarrolla herramientas y guías para facilitar la adopción del DPP a nivel empresarial [5].

## 2.2.Normativa civil europea y nacional. Estandarización UNE

El DPP es una pieza clave en el Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles (ESPR) para garantizar la seguridad, la trazabilidad y la transparencia en la cadena de suministro, así como para promover la sostenibilidad, impulsar la economía circular y proteger el medio ambiente. Sin embargo, existen además otros reglamentos específicos de cada tipo de productos como son la Estrategia de la UE para el Textil sostenible y circular [6], Reglamento de Productos de Construcción (CPR) [7], Reglamento de baterías [8] y Directiva de Información Corporativa en Sostenibilidad (CSR) [9].



Además, la protección de datos por partes de las empresas y plataformas digitales es esencial, y por ende será necesario que cumplan con normativa de protección de datos como el Reglamento (UE) 2016/679 General de Protección de Datos [10].

### *2.2.1. Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles (ESPR)*

En primer lugar, se establece que el DPP debe cumplir con el Reglamento ESPR del Parlamento Europeo y del Consejo del 13 de junio de 2024, por el que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles. Con él, se modifican la Directiva (UE) 2020/1828 y el Reglamento (UE) 2023/1542 y se deroga la Directiva 2009/125/CE [11].

El Reglamento ESPR incluye los requisitos generales que debe contener el DPP, las áreas de información en términos de sostenibilidad (impacto ambiental, huella de carbono), la circularidad del producto (durabilidad, reparabilidad, reciclabilidad) y el cumplimiento con las normativas legales, y la determinación específica que los actos delegados detallarán para cada categoría de productos.

### *2.2.2. Elementos clave*

Los **elementos clave** centrados en el ecodiseño y sostenibilidad se resumen en los siguientes puntos:

- **Derogación de la Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE:** este aspecto se aborda en el Artículo 79 del reglamento.
- **Aplica a** todo bien físico que se introduzca en el mercado o se ponga en servicio, incluidos los componentes y los productos intermedios, con excepciones como alimentos, piensos, medicamentos y determinados vehículos: en el Artículo 1, apartado 2, se detalla el ámbito de aplicación del reglamento, especificando los productos incluidos y las excepciones. Los vehículos excluidos son aquellos a los que se refieren:
  - El artículo 2, apartado 1, del Reglamento (UE) nº 167/2013 [12].
  - El artículo 2, apartado 1, del Reglamento (UE) nº 168/2013 [13].
  - El artículo 2, apartado 1, del Reglamento (UE) nº 2018/858 [14].

Por ende, los vehículos militares están exentos.



- **Requisitos de diseño ecológico** que deben cumplir los productos para su introducción en el mercado o su puesta en servicio, mencionados en el Artículo 1, apartado 1.
- **Sostenibilidad y eficiencia de recursos:** El Artículo 5, apartado 1, enumera los aspectos del producto que los requisitos de diseño ecológico buscan mejorar, incluyendo durabilidad, eficiencia energética y uso de recursos, entre otros.
- **Vigilancia del mercado** y requisitos de cumplimiento: El Capítulo VIII del reglamento, titulado "Conformidad de los productos", aborda los métodos de ensayo, medición y cálculo, así como la prevención de la elusión y el empeoramiento del rendimiento, estableciendo las bases para la vigilancia del mercado y el cumplimiento de los requisitos.
- **Simplificar el acceso digital** a la información del producto en toda la cadena de valor y partes interesadas: El Artículo 1, apartado 1, menciona la creación de un pasaporte digital del producto como parte de las disposiciones del reglamento y en el Artículo 9 se detallan además los requisitos y características que debe cumplir.
- **Responsabilidad del operador económico:** El Capítulo VI del reglamento, que abarca los Artículos 27 al 38, establece las obligaciones de los operadores económicos, incluyendo fabricantes, importadores y distribuidores, en relación con el cumplimiento de los requisitos de diseño ecológico y la información que deben proporcionar, y serían las siguientes:
  - a) Garantizar la disponibilidad del DPP, asegurando que cumpla con los requisitos establecidos en el reglamento y actos delegados.
  - b) Verificar la integridad del DPP, asegurándose de que incluya toda la información obligatoria especificada en el Acto delegado correspondiente para cada grupo de productos.
  - c) Asegurar la autenticidad, fiabilidad y verificación de la información contenida en el DPP, de acuerdo con los requisitos establecidos en el Acto delegado específico del grupo correspondiente.
  - d) Disponer de un proveedor de servicios certificado para el DPP externo, que garantice el almacenamiento seguro y la conservación de una copia de respaldo durante el tiempo exigido.
  - e) Facilitar el acceso al DPP a distribuidores y mercados en línea, proporcionando una copia del soporte de datos o el identificador único del producto para su comercialización.
- **Soporte a otras políticas de la UE:** El artículo 21 del reglamento señala que, al preparar los requisitos de diseño ecológico, la Comisión debe



tener en cuenta una serie de elementos, incluyendo las prioridades de la Unión y el Derecho de la Unión pertinente, asegurando la coherencia con otras políticas y objetivos de la UE.

- **Declaración de conformidad final** (asociado al marcado CE): en el Artículo 36 se establece la obligación de que los fabricantes elaboren una declaración de conformidad para los productos que cumplan con los requisitos del reglamento y además, en el Artículo 39, se menciona que los productos conformes deberán llevar el marcado CE, indicando que cumplen con las disposiciones del ESPR.
- **Ecoetiquetado, contratación pública ecológica, productos vendidos y sustancias preocupantes:** el artículo 66 y el Artículo 21 mencionan la posibilidad de que el DPP incluya información relevante para sistemas de ecoetiquetado y otras certificaciones ambientales. El Artículo 26 establece que los criterios de contratación pública ecológica deben alinearse con los requisitos del ESPR para fomentar la compra de productos sostenibles dentro de la UE, el artículo 22 trata sobre la identificación de sustancias preocupantes, estableciendo que deben declararse en el DPP, y finalmente, el Artículo 5 cubre los requisitos de sostenibilidad y eficiencia de los recursos, lo que impacta en la venta de productos dentro de la UE.

### 2.2.3. Artículos que hacen alusión al DPP

El Reglamento ESPR define en el artículo 2 el DPP como “un conjunto de datos específicos de un producto que incluye la información especificada en el acto delegado aplicable adoptado en virtud del artículo 4 y al que se puede acceder por medios electrónicos mediante un soporte de datos de conformidad con lo establecido en el capítulo III”, y le **dedica** los artículos y anexos resumidos en la Tabla 1:

Artículo	Título
(*) Artículo 9	Pasaporte digital del producto
Artículo 10	Requisitos aplicables al pasaporte digital del producto
Artículo 11	Diseño técnico y funcionamiento del pasaporte digital del producto
Artículo 13	Registro de pasaportes digitales de productos



<b>Artículo 14</b>	Portal web sobre los datos del pasaporte digital del producto
<b>Artículo 15</b>	Controles aduaneros relativos al pasaporte digital del producto
<b>Anexo III</b>	Pasaporte del producto digital (mencionado en los artículos 9 al 12)

Tabla 1: Artículos que tratan el DPP. Fuente: Elaboración propia.

(\*) En el apartado 2 del **artículo 9**, se establecen las especificaciones que los actos delegados deberán de detallar sobre el DPP para los grupos de productos a los que se apliquen:

1. **Datos** para incluir en el DPP.
2. **Soportes de datos** que deben utilizar.
3. **Formato** en el que debe presentarte el soporte de datos y su ubicación.
4. **Nivel** para establecer el DPP y su definición (modelo, lote y artículo).
5. La manera en la que el DPP debe ponerse a **disposición** de los **clientes**.
6. **Acceso** a los datos y el tipo de datos.
7. **Crear o actualizar** los datos del DPP y el tipo de datos que pueden introducir o actualizar.
8. **Modalidades** detalladas de introducción o actualización de datos.
9. **Período de tiempo** durante el cual, el DPP debe estar disponible.

Además, existen otros artículos que, a pesar de no ir dedicados específicamente al DDP, hacen **alusión** al mismo, y se muestran en la Tabla 2:

Artículo	Título
<b>Artículo 1</b>	Objeto y ámbito de aplicación
<b>Artículo 7</b>	Requisitos de información
<b>Artículo 12</b>	Identificadores únicos
<b>Artículo 27</b>	Obligaciones de los fabricantes
<b>Artículo 29</b>	Obligaciones de los importadores
<b>Artículo 30</b>	Obligaciones de los distribuidores
<b>Artículo 31</b>	Obligaciones de los comerciantes

Tabla 2: Artículos que hacen alusión al DPP. Fuente: Elaboración propia.



## 2.2.4. Requisitos Reglamentarios del ESPR para la Comercialización en la UE

Los **requisitos** que el producto debe cumplir para poderse vender dentro del mercado europeo son los requisitos mencionados en los artículos 5, 6 y 7, que tratan sobre los requisitos de diseño ecológico, los requisitos de rendimiento y los requisitos de información, respectivamente.

### 1. Requisitos de diseño ecológico

Mencionados en el artículo 5 del Reglamento (ESPR) y sobre los cuales se hace alusión a ellos en el anexo I, son los requisitos que tienen como objetivo mejorar la sostenibilidad medioambiental a través de la mejora de los siguientes aspectos de los productos, que clasificaremos según el alargamiento de la vida útil, el impacto y el final de vida:

- a) Alargamiento de la vida útil
  - Durabilidad
  - Fiabilidad
  - Reutilizabilidad
  - Actualizabilidad
  - Reparabilidad
  - Posibilidad de mantenimiento y reacondicionamiento
- b) Impacto
  - Presencia de sustancias preocupantes
  - Uso de energía y eficiencia energética
  - Uso de agua y eficiencia hídrica
  - Uso de recursos y eficiencia de recursos
  - Contenido reciclado
  - Impacto ambiental, incluidas la huella de carbono y la huella medioambiental
  - Generación prevista de residuos
- c) Final de vida
  - Posibilidad de remanufacturación
  - Reciclabilidad
  - Posibilidad de valorización de materiales

### 2. Requisitos de rendimiento

Son los requisitos mencionados en el artículo 4 del Reglamento ESPR y contemplados en el anexo I, que están basados en el aspecto específico



de cada una de las familias de productos y pueden ser cualitativos y/o cuantitativos.

### 3. Requisitos de información

Son los requisitos que tienen un mayor impacto sobre el DPP, mencionados en el artículo 5 del Reglamento ESPR, por los cuales se establece la información obligatoria suministrada sobre el producto para una determinada familia de productos. Estos requisitos de información se fijarán en los actos delegados para cada tipo de familia producto como las clases de rendimiento, la información a clientes y otros actores, la información para las instalaciones de tratamiento y las etiquetas. Sin embargo, siempre deberán fijarse como mínimo sin tener en cuenta el tipo de familia de producto, los requisitos asociados al DPP y a las sustancias preocupantes.

Finalmente, la Comisión Europea identifica los **productos prioritarios** en el artículo 18 del Reglamento, como aquellos productos clave para la transición hacia una economía más sostenible y circular. Además, serán los primeros en estar sujetos a los requisitos de diseño ecológico del reglamento. Entre estos productos se encuentran:

- Hierro y acero
- Aluminio
- Productos textiles, en particular prendas de vestir y calzado
- Muebles, incluidos los colchones
- Neumáticos
- Detergentes
- Pinturas
- Lubricantes
- Productos químicos
- Productos relacionados con la energía
- Productos de tecnología de la información y la comunicación (TICs) y otros artículos electrónicos

Otros posibles candidatos son los identificados en el estudio preliminar JRC [15].

#### 2.2.5. Estructura del DPP

La estructura del DPP, se divide en dos componentes principales: la información que debe contener, y el sistema que soportará.



1. **Información:** la información incluida en el DPP será específica para cada tipo de productos y se determinará en los actos delegados. Las áreas claves de información incluyen:

- a) **Presentación técnica:** Descripción del producto, especificaciones y manuales de uso.
- b) **Desempeño ambiental:** Impacto en la sostenibilidad, huella de carbono y eficiencia energética.
- c) **Circularidad:** Durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad del producto.
- d) **Cumplimiento legal:** Conformidad con normativas y leyes aplicables
- e) **Información adicional:** Incluirá manuales, etiquetas y cualquier otro dato relevante sobre el producto.

2. **Sistema:** el sistema será flexible y aplicable a todos los tipos de productos.

- a) **Registro del DPP:** cada producto contará con un registro digital único (podrá ser un código, número de serie o identificador único), que almacenará toda la información relevante de acuerdo con su grupo y normativas aplicables:
- b) **Portal web** con capacidad de búsqueda: el DPP estará disponible a través de un portal web que permitirá a los usuarios (fabricantes, autoridades y consumidores) realizar búsquedas y acceder fácilmente a la información sobre cada producto.
- c) **Estándares y protocolos** relacionados con la arquitectura de tecnologías de la información:
  - a. Identificadores únicos: Cada producto tendrá un identificador único para garantizar su trazabilidad y accesibilidad.
  - b. Soporte de datos: El sistema gestionará y almacenará diferentes tipos de datos relacionados con el producto (técnicos, ambientales, legales).
  - c. Gestión de derechos de acceso: Se implementarán medidas para asegurar que solo las personas autorizadas puedan acceder o modificar la información del DPP.
  - d. Protocolos de intercambio de datos: El sistema utilizará protocolos estándar para garantizar que los datos puedan intercambiarse de manera eficiente entre diferentes plataformas y actores.
  - e. Integridad de los datos: Se asegurarán mecanismos para mantener la integridad de la información, evitando



alteraciones no autorizadas y garantizando la fiabilidad del DPP.

#### *2.2.6. Características del DPP*

El DPP, de acuerdo con el Reglamento ESPR, debe tener las siguientes características:

- **Almacenamientos descentralizados de datos:** La CE solo gestionará el registro central, mientras que el almacenamiento de los datos será distribuido.
- **Vinculación exclusiva del DPP:** Cada DPP estará asociado de manera única a un producto concreto.
- **Acceso basado en un identificador único:** La consulta de datos se llevará a cabo mediante un identificador persistente del producto, almacenado en un soporte digital y respaldado por un mecanismo de búsqueda.
- **Disponibilidad según el perfil del usuario:** El acceso a los datos será gratuito, con una parte de la información pública y otra restringida para ciertos perfiles.
- **Diferentes niveles de granularidad:** Los datos del DPP podrán gestionarse según estos tres niveles:
  1. Modelo
  2. Lote
  3. Artículo individual
- **Requisitos de identificación:** Se exigirán cuatro identificadores únicos:
  1. Identificador del producto
  2. Identificador del operador económico
  3. Identificador de la instalación
  4. Identificador de registro
- **Copia de seguridad obligatoria:** Los operadores económicos deberán garantizar la disponibilidad del DPP mediante un proveedor certificado e independiente.

#### *2.2.7. Impacto del DPP en los actores claves de la cadena de valor*

Según el Reglamento ESPR, el DPP afecta a varios actores clave dentro de la cadena de valor de los productos, principalmente aquellos involucrados en la fabricación, distribución, comercialización y regulación de productos en la UE, que están mencionados a lo largo del Reglamento (artículos 1, 3, 5, 6 y 8). Los principales afectados son:



1. **Fabricantes:** encargados de crear y mantener DPP además de garantizar el cumplimiento normativo de los productos en cuanto a los requisitos técnicos y ambientales establecidos por las regulaciones.
2. **Autoridades Competentes:** encargados de la verificación y control de las normativas aplicables.
3. **Distribuidores y Comerciantes (operadores económicos):** tendrán acceso a la información almacenada en el DPP para asegurar que los productos que venden cumplen con las normativas de la UE y obtener información sobre su desempeño ambiental, reciclaje y otros aspectos clave.
4. **Consumidores:** también tendrán acceso a la información almacenada en el DPP, para consultar la información detallada sobre los productos que compran, como sus características, impacto ambiental, sostenibilidad y reparabilidad.
5. **Recicladores y Gestores de Residuos:** podrán acceder a la información sobre cómo desmantelar, reciclar o disponer del producto al final de su vida útil para facilitar el cumplimiento de los objetivos de economía circular y la reducción de residuos.
6. **Terceros (Consultores, Organizaciones Certificadoras, etc.):** realizarán verificaciones de cumplimiento o auditorías en nombre de los fabricantes, autoridades o consumidores.

#### 2.2.8. Estándares asociados al DPP

El DPP posee un marco legal establecido que define los principios generales para su creación e implementación, pero debido a la ausencia de actos delegados que desarrollen progresivamente dicho marco, todavía no se han elaborado las normativas correspondientes al DPP que establecerán los requisitos concretos para cada tipo de producto, su trazabilidad y la información que deberá incluir. Sin embargo, la Comisión Europea, encargó el pasado 31/7/2024 a través de una solicitud de normalización, al Comité Europeo de Normalización (CEN), el Comité Europeo de Normalización Electrónica (CENELEC) y el comité Europeo Instituto de Norma de Telecomunicaciones (ETSI), que desarrollen los estándares necesarios para la implementación del DPP para productos sostenibles y baterías y sus residuos, que tendrá como fecha límite el 31/12/2025 [16].

Por ende, la UNE, para participar en la elaboración de estos estándares, ha constituido un nuevo comité técnico de normalización nacional, el CTN 333-“Pasaporte digital del producto. Marco y sistema”, centrado en la infraestructura TIC [17].

En el artículo 1 de la solicitud que realizó la Comisión Europea, se definen las actividades de estandarización solicitadas, que deberán cumplir con los

requisitos establecidos en el Anexo II de dicha solicitud [16] y que se muestran en la Tabla 3 junto con su plazo de adopción:

Lista de normas europeas por elaborar		Plazos para su adopción
1.	Norma(s) europea(s) sobre identificadores únicos	31-12-2025
2.	Norma(s) europea(s) sobre soportes de datos y enlaces entre físicos producto y representación digital	31-12-2025
3.	Norma(s) europea(s) sobre gestión de derechos de acceso, información, seguridad del sistema y confidencialidad empresarial	31-12-2025
4.	Norma(s) europea(s) sobre interoperabilidad (técnica, semántica, organización)	31-12-2025
5.	Norma(s) europea(s) sobre procesamiento de datos, protocolos de intercambio de datos y formatos de datos	31-12-2025
6.	Norma(s) europea(s) sobre almacenamiento, archivo y persistencia de datos	31-12-2025
7.	Norma(s) europea(s) sobre autenticación, fiabilidad e integridad de datos.	31-12-2025
8.	Normas europeas sobre interfaces de programación de aplicaciones (API) para la gestión del ciclo de vida del pasaporte del producto y la capacidad de búsqueda	31-12-2025

Tabla 3: Actividades de estandarización solicitadas. Fuente: Elaboración propia.

Mientras estas normativas no se desarrolle ni estén publicadas en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE), los identificadores únicos y soportes de datos deberán cumplir una o varias normas del Anexo III del Reglamento ESPR o con las respectivas normas europeas o internacionales equivalentes.

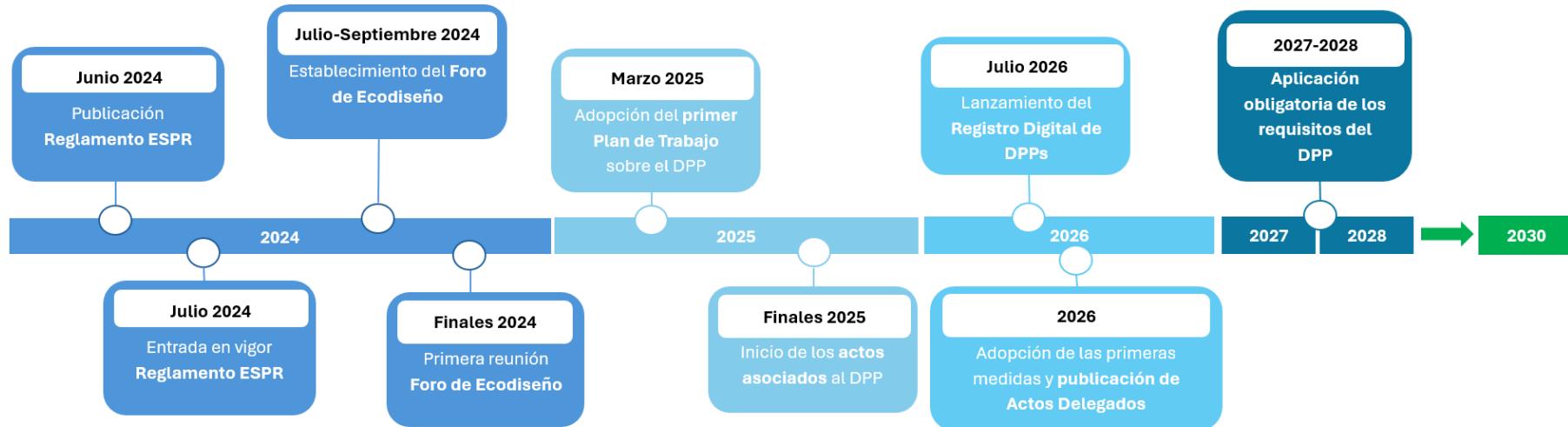


Ilustración 2: Cronología de implementación del DPP. Fuente: Elaboración propia.



## 2.2.9. Cronología de implementación del DPP

La implementación del DPP, enmarcada en el Reglamento ESPR, se desarrollará de forma progresiva a lo largo de varios años, con la sucesión de los acontecimientos.

A partir de 2024, se inicia la publicación y entrada en vigor del reglamento, seguido por la creación de espacios de consulta como el Foro de Ecodiseño. A lo largo de los siguientes años, se desarrollarán planes de trabajo, se definirán medidas específicas, y se pondrá en marcha un registro digital que permitirá centralizar la información sobre los productos. La fase obligatoria comienza entre 2027 y 2028, cuando los requisitos del DPP deberán cumplirse legalmente para ciertos productos. Finalmente, para 2030, se espera que el sistema esté plenamente integrado en el mercado, apoyando los objetivos de sostenibilidad y transparencia. En la Ilustración 2, se muestra una línea de tiempo con los acontecimientos que se van a llevar a cabo para la implementación del DPP:

## 2.3. Directrices Agencia de Defensa Europea y Ministerio de Defensa

En este apartado se describen las principales instituciones y sus iniciativas en defensa, orientadas a la sostenibilidad, digitalización y economía circular. Se analiza el papel de la Agencia de Defensa Europea o European Defence Agency (EDA) y el Ministerio de Defensa español en la promoción de estos enfoques innovadores. Asimismo, se presentan los proyectos clave que impulsan la transformación del sector.

### 2.3.1. Agencia de Defensa Europea (EDA)

La EDA es una agencia intergubernamental, creada por el Consejo de la Unión Europea el 12 de julio de 2004, a través de la Acción Común 2004/551/PESC, revocada posteriormente por la Decisión del Consejo 2011/411/PESC de 12 de julio que, a su vez, fue modificada por la Decisión del Consejo (PESC) 2015/1835, que busca mejorar las capacidades de defensa de los Estados miembros y la cooperación militar entre los mismos, estimular la investigación y la tecnología de defensa, y fortalecer la industria de defensa europea. Colabora además con los gobiernos nacionales, la Comisión Europea y otras instituciones para coordinar iniciativas en defensa, innovar y estandarizar los equipos y procedimientos militares [18].

La EDA promueve la integración de los principios de economía circular en el sector de la defensa con iniciativas como la plataforma IF CEED (Incubation Forum for Circular Economy in European Defence) [19], que busca fomentar la



aplicación práctica de la economía circular en el sector del defensa europeo. Entre sus objetivos destacan: reducir el impacto ambiental en el sector de la defensa, aumentar la eficiencia en el uso de materiales, componentes y sistemas, fomentar la reutilización, reciclaje, mantenimiento y prolongación del ciclo de vida de los equipos, y promover la autonomía estratégica europea mediante el aprovechamiento de recursos existentes. Dentro de esta plataforma, los trabajos se organizan en dos grupos orientados a cubrir distintos frentes de innovación:

- 1. Materiales y diseño circular:** exploran el uso de materiales reciclables, diseño modular, durabilidad y estándares para facilitar la reutilización prolongación del ciclo de vida útil de productos militares.
- 2. Procesos y digitalización:** investigan herramientas digitales para trazabilidad (como el DPP), logística inversa, mantenimiento predictivo, blockchain y gestión de datos en entornos logísticos complejos.

Uno de los principales proyectos que está llevando a cabo es **IOTA** (Integrated Digital Passports for Defence Products) [19], cuyo propósito es investigar, desarrollar y validar la viabilidad del uso de pasaportes digitales en productos militares, con el objetivo de crear una arquitectura digital común que permita recoger, almacenar y compartir datos clave de cada producto militar durante todo su ciclo de vida. La continuación de este proyecto, **IOTA II** [20], se orienta a validar esta propuesta a través de pruebas de concepto reales aplicadas a chalecos antibalas, permitiendo así comprobar cómo se gestiona su trazabilidad técnica, certificaciones de balística, mantenimiento y retirada.

El proyecto IOTA, confirma que la línea de trabajo planteada en este proyecto (la definición estructurada de un DPP en defensa) está alineada con los esfuerzos europeos actuales en términos de sostenibilidad y digitalización del sector militar.

### *2.3.2. Ministerio de Defensa*

El Ministerio de Defensa es el organismo gubernamental que se encarga de la preparación, el desarrollo y la ejecución de la política de defensa determinada por el Gobierno de la Nación y la gestión de las Fuerzas Armadas. El de España, fue creado el 4 de julio de 1977 mediante el Real Decreto 188/1977, durante la Transición Española [21]

En particular, el Ministerio de Defensa español ha comenzado a adoptar una serie de medidas para integrar las propuestas de economía circular, la digitalización de la trazabilidad y la reducción del impacto ambiental en el sector de la defensa, siguiendo un marco general establecido por la UE. A



continuación, se resumen las principales iniciativas que sirven de base para el desarrollo del presente trabajo:

- 1. Instrucción 31/2023 de la Secretaría de Estado de Defensa:** norma que regula la contratación pública del Ministerio de Defensa con criterios medioambientales. Fomenta la adquisición sostenible y la integración de principios de economía circular en los procesos logísticos y técnicos de defensa [23].
- 2. Estrategia del Ministerio de Defensa ante el reto del cambio climático (2023):** busca adaptar las capacidades militares a los desafíos ambientales promoviendo el uso eficiente de recursos y la reducción de residuos en todos los sectores. En ella se destaca el papel clave de la digitalización, la trazabilidad y herramientas como el DPP para lograr una defensa más sostenible [24].
- 3. Centro de desmilitarización CD3R del Ejército de Tierra (propuesta):** proyecto en fase de estudio por el PCMASA 2, esta instalación busca implementar procesos de logística inversa y recuperación de materiales. Se alinea con los principios de economía circular y tiene como objetivo dar soporte a la futura Base Logística del Ejército de Tierra (BLET) [25].
- 4. Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) 2020:** con una visión alineada al período 2021- 2027, guía las actuaciones en I+D+i del Ministerio, orientadas a fortalecer las capacidades militares del país y preparar a las Fuerzas Armadas frente a desafíos tecnológicos emergentes [26].

#### 2.4.Casos de uso DPP puestos en marcha

El DPP se presenta como una herramienta innovadora y de muy reciente desarrollo, sobre la que se están llevando a cabo diversos estudios para analizar sus aplicaciones y beneficios en diversos sectores. A continuación, se presentan algunos casos de uso del DPP:

##### 1. Sector de los plásticos

El Instituto Tecnológico del Plástico, también conocido como AIMPLAS, ha desarrollado un tótem digital que simula el pasaporte digital de productos de plástico. Se trata de una pantalla interactiva con lectores de códigos y etiquetas, que permite explorar la información de los productos de manera visual e intuitiva, proporcionando a los consumidores información acerca

de la trazabilidad, materiales, reciclado y huella de carbono del producto que adquieren, y fomentando un consumo circular y eficaz [22].

## 2. Sector textil

- a) La plataforma de identificación digital EON, ha creado una identificación digital única, que, a través de la colaboración con sus clientes como Chloé, H&M, Balenciaga, Coach y Mulberry, permite a los clientes obtener información detallada sobre la reventa y la trazabilidad, entre otras, para cada artículo. Esto es posible a su vez por las colaboraciones que ha establecido EON con The RealReal y Vestiaire Collective, facilitando así el proceso de reventa [23].
- b) La firma Paris/64 junto con la empresa zaragozana Bozeta Design, recientemente ha lanzado una colección cápsula limitada en forma de experiencia piloto, de su modelo de bolso Mini Lumièrer, con un certificado digital de autenticidad basado en blockchain, que funciona como un DPP. Este certificado es accesible mediante código QR y ofrecen información a los consumidores sobre la composición, origen y procesos de fabricación de cada producto, promoviendo un consumo responsable, y una experiencia de realidad aumentada (RA), mejorando la interacción del cliente con el certificado y añadiendo valor a la compra. Con esta iniciativa, Paris/64 no solo promueve la sostenibilidad y el consumo consciente, sino que también busca la preservación de la artesanía española [24].

## 3. Sector automotriz

- a) XPANDER, líder en el desarrollo e implementación de soluciones basadas en blockchain para el DPP Europeo, ha desarrollado un caso piloto con la colaboración de fabricantes del sector de automoción, en este caso Ford, utilizando el parabrisas de vehículos de Ford. Cada parabrisas posee un identificador único (VIN) que permite rastrear la cadena de suministro del producto desde la fabricación hasta su instalación, mejorando la trazabilidad, impulsando la economía circular y promoviendo prácticas más sostenibles. Además, esta solución tiene carácter distintivo al incorporar IoT y contratos inteligentes [25].
- b) CarTrack es una iniciativa desarrollada por Blue Room Innovation que, a través de la implementación de tecnología blockchain, permite automatizar la trazabilidad de residuos y piezas recicladas en la industria automovilística en colaboración con socios clave como DRA



Balear y Adalmo. Emplea la plataforma CircularTrust para garantizar la transparencia y el origen certificado de los materiales reciclados, impulsando una economía circular eficiente [26].

#### 4. Sector agroalimentario

La plataforma Panjee ha creado la primera red de intercambio de datos dedicada a los sectores agrícola y agroalimentario. A través de DPPs, proporcionan información sobre la trazabilidad, el método de cultivo, la variedad, la etiqueta, el equipo, la historia del producto, los valores y compromisos, entre otros. Con esta herramienta, buscan brindar la garantía de calidad de sus productos para aumentar su valor y visibilidad, además de facilitar la circulación de la información desde el productor hasta el consumidor [27].

#### 5. Proyectos Europeos

Cirpass-2 es un proyecto que forma parte de las iniciativas de la UE para promover la transición hacia una economía circular en lo que respecta a la implementación del DPP. Con este proyecto, la UE está liderando el desarrollo e implementación del DPP en sectores como textiles, electrónica, neumáticos y construcción, con el objetivo de estandarizar los pasaportes para mejorar la transparencia de la cadena de valor, la trazabilidad y mejorando la gestión sostenible de los productos a lo largo de su ciclo de vida [5].



## CAPÍTULO 3

### CENTROS LOGÍSTICOS DE VEHÍCULOS MILITARES

#### 3.1. ¿Qué es y cómo funciona un centro logístico militar?

Según la Orden DEF/708/2020 o Normativa del Mando de Apoyo Logístico del Ejército [28], de 27 de julio, modificada por la Orden DEF/559/2024 [29], de 29 de mayo, se desarrolla la organización básica del Ejército de Tierra. Posteriormente, la instrucción 14/2021 del Jefe de Estado Mayor del Ejército de Tierra por la que se desarrolla la organización del Ejército de Tierra, determina cuáles son los centros logísticos dependientes del MALE (Mando de Apoyo Logístico del Ejército de Tierra español) [30]. Esta instrucción define que el MALE es el órgano del Apoyo de la Fuerza responsable, en el ámbito del Ejército de Tierra, del material y de los procesos de apoyo logístico como son el abastecimiento, mantenimiento y transporte, incluyendo la correspondiente ingeniería de apoyo. Se articula en:

- la **Dirección de Ingeniería**
- la **Jefatura del Mando de Apoyo Logístico**, encargado del soporte técnico y económico.
- la **Dirección de Adquisiciones**, encargada de dirigir, gestionar, administrar y controlar los procesos de adquisición de recursos materiales.
- la **Dirección de Integración de Funciones Logísticas**, que es el órgano responsable de dirigir los procesos de las funciones de abastecimiento, excluida la adquisición, de mantenimiento y transporte, incluyendo la integración del apoyo logístico en lo relativo a la gestión, administración, control y análisis en los procesos de estas funciones. Este órgano se articula en:
  - la **Subdirección de Gestión Logística**, responsable de la gestión funcional integrada y del control de las actividades ordinarias.
  - la **Subdirección de Análisis Logísticos**, responsable de realizar los análisis de interés para el Sistema de Apoyo Logístico y del estudio del ciclo de vida de los diferentes materiales y sistemas de armas de dotación del Ejército de Tierra.
  - la **Jefatura de Centros Logísticos**, que encuadra los órganos logísticos centrales o también llamados centros logísticos. Un Órgano Logístico Central (OLC), acorde con esta normativa, se encarga de realizar los procesos de control de calidad de las adquisiciones designadas, elaborar los pliegos de



prescripciones técnicas de los materiales y equipos requeridos, y de proporcionar el apoyo logístico de más alto nivel en las funciones de abastecimiento y mantenimiento, de los materiales determinados. Esta instrucción además establece los doce centros logísticos del Ejército de Tierra Español, que se encuentran repartidos por el territorio español (ilustración 3):

1. Parque y Centro de Abastecimiento de Material de Intendencia (PCAMI).
2. Parque y Centro de Mantenimiento de Material de Transmisiones (PCMMLT).
3. Parque y Centro de Mantenimiento de Material de Ingenieros (PCMMI).
4. Parque y Centro de Mantenimiento de Vehículos Ruedas nº 1 (PCMVR 1).
5. Parque y Centro de Mantenimiento de Vehículos Ruedas nº 2 (PCMVR 2).
6. Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Acorazados nº 1 (PCMASA 1).
7. Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Acorazados nº 2 (PCMASA 2).
8. Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Antiaéreos, Costa y Misiles (PCMASCACOM).
9. Parque y Centro de Mantenimiento de Armamento y Material de Artillería (PCMAYMA).
10. Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros (PCMHEL).
11. Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Hardware y Software (PCMSHS).
12. Laboratorio Central del Ejército (LCE).

En la Ilustración 3, se muestra un esquema representativo de cómo se articula el MALE:

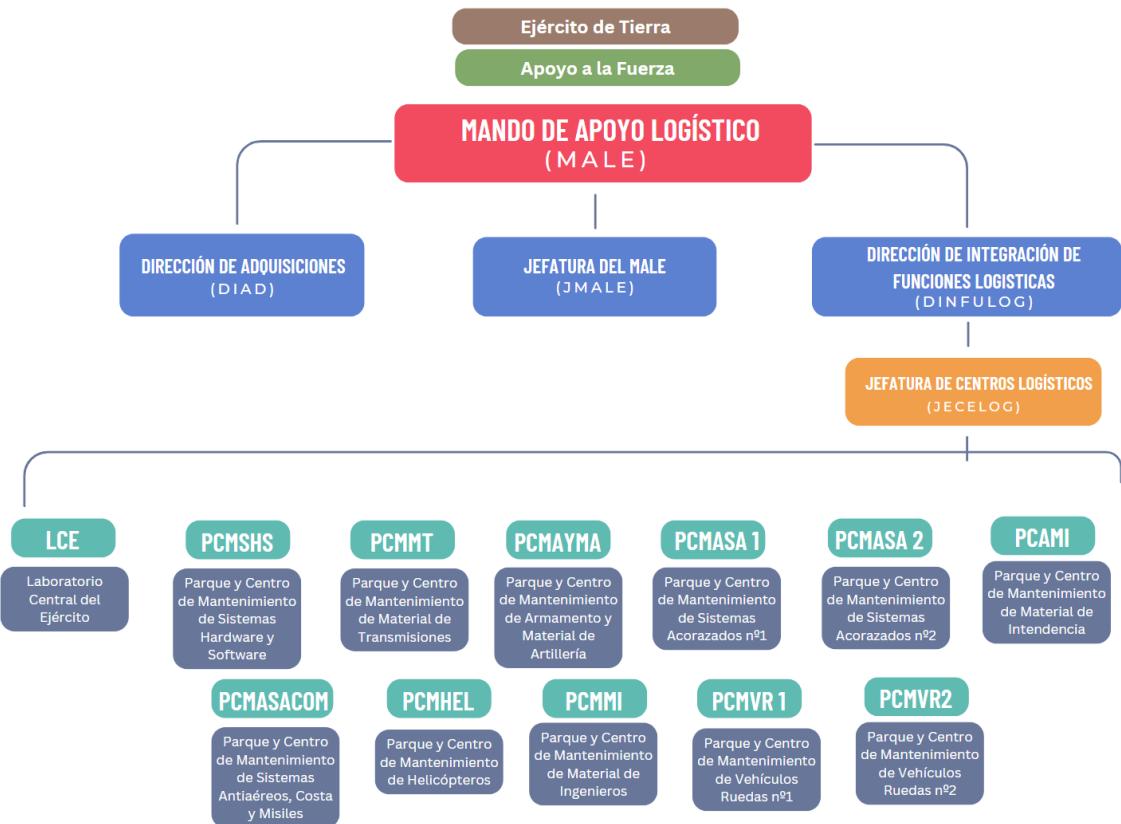


Ilustración 3: Articulación del MALE. Fuente: Elaboración propia.

Bajo la dirección de la Jefatura de centros Logísticos del MALE, un OLC, que es especialista en un determinado material, se encarga de desarrollar las funciones logísticas de mantenimiento de 4º Escalón del material que tengan bajo su responsabilidad, en las Unidades del Ejército de Tierra, tanto a nivel territorial nacional como en zona de operaciones, del abastecimiento de piezas de repuestos de 2º y 3º Escalones de mantenimiento, para atender a las reparaciones de su responsabilidad y aseguramiento de la calidad de los materiales [30].

Por regla general, todos los OLC se estructuran en seis órganos, el Plano Mayor de Mando, la Sección Administrativo Económico, El Centro de Control del Apoyo Logístico, la Unidad Técnica de Mantenimiento, la Unidad de Abastecimiento y la Unidad de Ingeniería. En la Tabla 4 se representan las funciones que tienen cada uno de ellos:



Órganos	Funciones
Plana Mayor de Mando	Órgano de toma de decisiones donde, además, se gestiona el personal y los servicios de acuartelamiento.
Sección Administrativo Económico	Órgano en el cual se gestionan los créditos (presupuestos) y se realizan los contratos.
Centro de Control del Apoyo Logístico	Órgano encargado del seguimiento de los contratos y de la gestión de atención al cliente para todas las Unidades que disponen de material bajo la cabecera técnica del OLC correspondiente
(*) Unidad Técnica de Mantenimiento	Órgano de mantenimiento preventivo y correctivo del material, que posee diversos talleres específicos: motores, soldadura, mecanizado, pintura, carpintería, guarnicionería, óptica, electricidad, electrónica, sistemas hidráulicos, etc.
(*) Unidad de Abastecimiento	Órgano encargado de mantener la operatividad de los sistemas a través de la adquisición de equipos y repuestos. Dispone de almacenes, abastece a las unidades y se ocupa del desembarazamiento del material inútil y obsoleto.
Unidad de Ingeniería	Órgano que realiza informes técnicos, gestión de la configuración de los equipos, catalogación, pliego de prescripciones técnicas, calibración de herramiental y equipos de medición y ensayo, gestión de la calidad, medioambiente y prevención de riesgos laborales, elaboración de procedimientos y adecuación de normativa. Además, se encarga de incorporar nuevas tecnologías a través de proyectos de innovación.

Tabla 4: Estructura de un OLC. Fuente: Elaboración propia.



(\*) En estos órganos, se integra el enfoque de las 3R (recuperación, reutilización y reciclaje) por el cual, surge la necesidad de implementar un CD3R (Centro de Desmilitarización 3R). Bajo este contexto, el pasaporte digital del producto juega un papel crucial al proporcionar trazabilidad y facilitar la gestión eficiente del ciclo de vida del material, asegurando la adecuada reutilización o reciclaje [31].

Concluyendo, los centros logísticos militares juegan un papel clave en la optimización de los recursos y eficiencia operativa de las fuerzas armadas. En este sentido, el Ejército de Tierra español está trabajando en un ambicioso proyecto conocido como ‘La futura Base Logística del Ejército’, que tiene como objetivo mejorar la eficiencia operativa y la gestión de los recursos en el ámbito militar [32].

### 3.2. Recuperación, reutilización y reciclaje de componentes.

Como comentábamos en el Capítulo 1, la UE ha iniciado recientemente la implementación de un Plan de Acción de Economía Circular [33], el cual, forma parte del Pacto Verde, y que deberá ser adoptado por los distintos Ministerios de Defensa Europeos. Por otro lado, en España se aprobó la Estrategia Española de Economía Circular “España 2030” (EEEC) [22], en el año 2020, en conjunto con la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, a través de la Subdirección General de Economía Circular (SGEC) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). Este documento tiene como objetivo crear un nuevo modelo donde se aprovechen al máximo y con el mayor alcance posible los materiales y recursos, y se reduzca al mínimo la generación de residuos.

En España, el Ministerio de Defensa quiere impulsar la EEEC 2030 en sus Ejércitos a través de la Instrucción 31/2023 de la Secretaría de Estado de Defensa, sobre política de contratación medioambiental en el ámbito del Ministerio de Defensa [34] y la Estrategia del Ministerio de Defensa ante el reto del cambio climático [24], por lo que será esencial emplear la digitalización de la compra-venta y la puesta en común de recursos, a partir de un proceso de enajenación ágil y riguroso. Actualmente, el OLC del Ejército de Tierra en Segovia, el PCMASA 2, está investigando la posibilidad de implementar un centro de desmilitarización 3R o CD3R, cuyo objetivo principal es la Logística inversa, enmarcado dentro del concepto de economía circular, para apoyar a la BLET, uno de los pilares fundamentales del Ejército 2035, siendo este un componente esencial de la Fuerza Conjunta para dar respuesta al proceso de planeamiento militar. Para ello, la EDA presentó el Foro de economía Circular

en la Defensa Europea (IF CEED) el 1 de octubre de 2021 [35], un foro que busca fomentar proyectos de colaboración innovadores para mitigar el impacto medioambiental del sector de la defensa y que comprende dos grupos de trabajo, uno centrado en los materiales y diseños de innovación, y otro en procesos y digitalización. Este último es sobre el cual se podrá investigar y aplicar la recuperación y la reutilización de los desechos materiales.

Se define así la economía circular como “un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido (Ilustración 4). De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende” [36]. A su vez, se define la logística inversa como “el proceso de planificación, implementación y control del flujo eficiente y rentable de materias primas, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen con el fin de recuperar el valor o la eliminación adecuada” [36].



Ilustración 4: Modelo de economía circular. Fuente: Parlamento europeo.

A pesar de que hoy en día no existe un centro especializado en bajas de material de aprovechamiento circular de recursos en el Ejército, sí que se contemplan medidas que puedan ayudar a impulsarlo como es la recuperación de eslabones de cadenas de todos los vehículos a cadena del Ejército de Tierra, una actividad fundamental que realiza el PCMASA 2. Este proyecto consiste en



la reutilización de más del 70% de los eslabones, economizando la inversión en materia prima de repuestos (ahorro aproximado de 10 millones de euros anuales). Además, con la baja de vehículos antiguos como el TOA M-113, se recuperan piezas como motores, cajas de transmisión y depósitos, que posteriormente, las reutilizan o las venden, obteniendo hasta 70.000 euros por unidad. En el caso de no poder recuperarlas, los materiales se reciclan, especialmente el aluminio, alineándose con la economía circular y el Pacto Verde Europeo, como se muestra en la Tabla 5:

Fases	Objetivos
<b>Recuperación</b>	Identificación y recogida de los materiales y equipos empleados en las operaciones militares.
<b>Clasificación</b>	Separación de los materiales en función de si se pueden reutilizar o si hay que desecharlos.
<b>Reutilización o reciclaje</b>	<p>-<u>Reutilización</u>: reparación o reacondicionamiento de aquellos materiales que pueden usarse de nuevo en otras operaciones militares.</p> <p>-<u>Reciclaje</u>: los materiales que no pueden reutilizarse se reciclan o eliminan de forma segura, cumpliendo así con las normativas ambientales y de seguridad.</p>

Tabla 5: Fases de la logística militar inversa. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, estas prácticas tienen como objetivos mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto medioambiental:

a. **Eficiencia operativa**

1.1. **Recuperación de materiales y equipos**

Facilitar la disponibilidad de recursos en futuras operaciones y evitar el desperdicio de tecnología y armamento que puede ser útil.

1.2. **Gestión de residuos**

Prevenir riesgos ambientales y sanitarios, cumplimiento normativo y reducción del impacto ecológico.

1.3. **Optimización de Recursos**

Ahorrar presupuesto y maximizar el aprovechamiento.



**b. Reducción del Impacto Ambiental**

Contribuir a la sostenibilidad y eficiencia de las fuerzas armadas.



## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DE UN DPP EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

#### 4.1. Etapas genéricas de implantación del DPP en el PCMASA 2

Como comentábamos en el Capítulo 3, el PCMASA 2, tiene como objetivo apoyar a la BLET a través de la posibilidad de implementar un centro de desmilitarización 3R o CD3R. En este contexto, la implementación de un DPP se convierte en una herramienta clave para fortalecer la transparencia, trazabilidad y sostenibilidad dentro del CD3R. El DPP permitiría optimizar la gestión de recursos, facilitar la toma de decisiones y asegurar el cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad, al registrar digitalmente la información detallada sobre los componentes y materiales involucrados en la desmilitarización de equipos militares. Además, no solo contribuiría en el cumplimiento de los objetivos del PCMASA2 como es el apoyo al BLET, sino que también promueve una economía circular más eficiente y responsable en el sector de la defensa.

En el marco de apoyo brindado a través del PCMASA 2, se llevará a cabo un estudio piloto, utilizando como caso de referencia para la aplicación del DPP, el TOA M-113 A2. Este vehículo ha sido seleccionado debido a su amplia presencia histórica en el Ejército de Tierra, su larga trayectoria operativa, y su alto volumen de unidades en proceso de baja o reutilización. Esta situación lo convierte en un candidato ideal para analizar la viabilidad del DPP, puesto que permite aplicar criterios de trazabilidad, sostenibilidad y recuperación de componentes en un contexto real y representativo del material militar actualmente en servicio o en transición.

El objetivo de este estudio es evaluar el potencial del DPP como herramienta de trazabilidad y gestión sostenible para identificar los componentes reutilizables, reciclables o que necesiten una gestión especial, contribuir al desarrollo técnico y conceptual del futuro CD3R y generar una metodología replicable para la aplicación del DPP en otros sistemas militares, contribuyendo a una transición hacia la sostenibilidad y eficiencia de los procesos en el sector de la defensa. Como resultado de un proceso de selección basado en criterios de disponibilidad operativa, valor económico y relevancia ambiental, incluyendo el impacto asociado a residuos y riesgos laborales, se ha decidido aplicar el DPP a tres componentes del TOA M-113 A2: el motor, el sistema contraincendios y el eslabón.



En este capítulo, se describen las etapas genéricas para la implementación del DPP en el ámbito militar, enfocadas en procesos de desmilitarización sostenibles y eficientes. Posteriormente, se presentará una planificación temporal que abarca desde el diagnóstico inicial hasta la mejora continua del sistema, y una estimación presupuestaria.

Las etapas genéricas establecidas para la implementación del DPP en el ámbito militar, en los procesos de desmilitarización sostenibles y eficientes, aplicables a distintos equipos y componentes se resumen en:

▪ **Etapa 1: Diagnóstico y análisis inicial**

- ✓ Identificación del equipo militar a analizar y selección de uno o varios componentes objetivo en base a criterios como: estado operativo, potencial de reutilización, criticidad y sostenibilidad.
- ✓ Análisis preliminar de los productos que requerirán pasaporte digital.
- ✓ Revisión de la normativa vigente (como el Reglamento ESPR) y consideración de su evolución futura.
- ✓ Decisión estratégica sobre si el desarrollo del sistema será interno o se contratará a un proveedor externo. Aquí también se debe valorar el impacto económico y los costes asociados.
- ✓ Selección preliminar de los componentes piloto para validar el modelo (antes de la etapa de prueba).

▪ **Etapa 2: Recopilación y estructuración de la información**

- ✓ Recopilación inicial y análisis de la información disponible para cada componente seleccionado.
- ✓ Identificación de fuentes de datos internas (mantenimiento, logística, Planificación de Recursos Empresariales o Enterprise Resource Planning (ERP)) y externas (fabricantes, manuales, fichas técnicas).
- ✓ Definición de los campos obligatorios del DPP: identificación, materiales, mantenimiento, reciclabilidad, huella de carbono, ciclo de vida, entre otros.
- ✓ Definición de roles de usuario y políticas de acceso y edición: personal técnico, responsables de sostenibilidad, agentes logísticos, etc.

**▪ Etapa 3: Diseño funcional y tecnológico del sistema**

- ✓ Estructuración y digitalización de la información recopilada en formato compatible con los principios del DPP.
- ✓ Diseño de la base de datos para gestionar los pasaportes, permitiendo trazabilidad, interoperabilidad y facilidad de actualización.
- ✓ Definición de flujos de información entre el sistema DPP y sistemas existentes (ERP, Gestión del Ciclo de Vida del Producto o Product Lifecycle Management (PLM) u otras plataformas del Ejército).
- ✓ Selección de herramientas, plataformas y estándares técnicos compatibles con las regulaciones del DPP y el contexto militar.
- ✓ Decisión sobre el formato de identificación del producto ( Quick Response Code (Código QR), etiqueta Radio Frequency Identification (RFID=, blockchain, etc.).)
- ✓ Establecimiento de estándares de interoperabilidad y requisitos de ciberseguridad o confidencialidad (por ejemplo, integración con sistemas protegidos o blockchain militar).

**▪ Etapa 4: Documentación, trazabilidad y prueba piloto**

- ✓ Implementación del DPP en los productos o componentes previamente seleccionados como piloto.
- ✓ Documentación en tiempo real de las operaciones realizadas sobre los productos: inspecciones, sustituciones, reciclajes, etc.
- ✓ Evaluación del funcionamiento del sistema: accesibilidad, usabilidad, eficacia de trazabilidad.
- ✓ Recogida de feedback de los usuarios internos (mantenimiento, logística) y externos (proveedores, organismos reguladores).
- ✓ Medición de resultados obtenidos: reutilización efectiva, cumplimiento normativo, mejora en la gestión del ciclo de vida.

**▪ Etapa 5: Despliegue y consulta operativa**

- ✓ Implementación del DPP en el resto de los componentes.
- ✓ Formación del personal técnico y logístico en el uso, gestión y actualización del sistema.



- ✓ Adaptación de documentación y procedimientos internos para integrar el uso del pasaporte digital.
- ✓ Inclusión progresiva de proveedores y agentes de la cadena de suministro en el ecosistema del DPP.

- **Etapa 6: Evaluación y mejora continua**

- ✓ Análisis de los resultados globales obtenidos tras la implantación completa.
- ✓ Revisión de las limitaciones detectadas y elaboración de propuestas de mejora.
- ✓ Monitorización periódica de los cambios normativos aplicables y actualización del contenido y estructura del DF
- ✓ Optimización progresiva de la herramienta para su reutilización en otros sistemas o componentes similares, en línea con los objetivos de economía circular del PCMASA 2.

En este trabajo se han abordado parcialmente las etapas 1,2 y 3 del proceso, mediante el análisis de la necesidad de implementar un DPP en el ámbito de la defensa, determinando la información y los datos de interés de los productos elegidos y diseñando una estructura de datos que sirva como base para un futuro desarrollo tecnológico del sistema. No obstante, aún queda mucho por hacer, especialmente en lo referente a la implementación, validación práctica y despliegue completo del DPP.

#### 4.2. Conceptos del DPP aplicados al sector de la defensa

El TOA M-113 A2 es un vehículo ligero acorazado sobre cadenas, diseñado para el transporte de personal. Su origen es estadounidense, y fue fabricado en España, por la empresa nacional Santa Bárbara, y desarrollado a partir de 1956 para ser transportado por helicópteros o aviones de carga [37].

Este vehículo cuenta con un casco de aluminio reforzado internamente con acero, diseñado para resistir impactos. En la Ilustración 5, se muestran las especificaciones del TOA M-113 A2, el cual posee una capacidad para 13 personas: 2 tripulantes (el comandante y el conductor) y 11 combatientes, que son soldados completamente equipados. Su movilidad se basa en un sistema de orugas con ruedas de torsión y amortiguadores, permitiendo lanzamientos en paracaídas, operaciones en complejos terrenos y capacidades anfibias. Puede superar obstáculos y vadear aguas, contando además con visión infrarroja para el conductor. En cuanto al armamento, dispone de una ametralladora Browning M2 de 12,7 mm. Su motor diésel GM de 215 CV, junto

con una trasmisión Allison de tres marchas delante y una atrás, le permite alcanzar hasta 65 km/ h y una autonomía de 480 km.



Ilustración 5: TOA M-113 A2. Fuente: 20minutos.

Para el desarrollo del DPP del TOA M-113 A2, se han seleccionado tres componentes clave: el motor, el sistema contraincendios y el eslabón de la oruga. Estos elementos se han elegido por su importancia crítica en el funcionamiento del vehículo y porque abarcan distintas áreas del sistema (propulsión, seguridad y movilidad), permitiendo un análisis más representativo y fiable del comportamiento general de este vehículo militar:

- **Motor:** Es el sistema propulsor principal del TOA M-113 A2. Se trata de un motor diésel de dos tiempos, modelo 6V53. Este componente refleja procesos complejos de mantenimiento, certificaciones técnicas, y tiene una vida útil crítica que lo convierte en una pieza esencial dentro del ciclo de vida del vehículo. En la Ilustración 6, se muestra una parte de lo que es el motor.

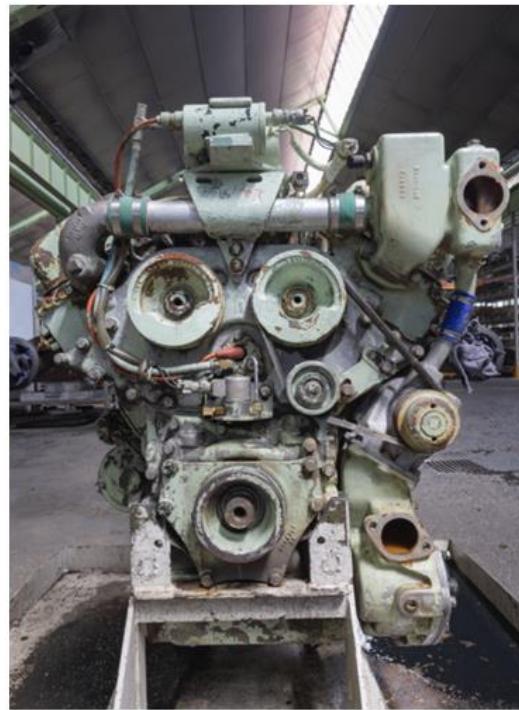


Ilustración 6. Motor del TOA. Fuente: PCMASA 2.

- **Sistema contra incendios:** Es el encargado de prevenir y mitigar incendios en el interior del vehículo, tanto en la zona del motor como en los compartimientos de la tripulación. Comprende extintores portátiles y sensores térmicos. Este sistema representa la dimensión de seguridad activa del TOA M-113 A2, y su seguimiento incluye tareas de mantenimiento preventivo, validación de operatividad y gestión de sustancias peligrosas. En la Ilustración 7 se muestran las partes que componen el sistema contraincendios mientras que en la Ilustración 8 se indica la ubicación de este elemento dentro del TOA M-113 A2.

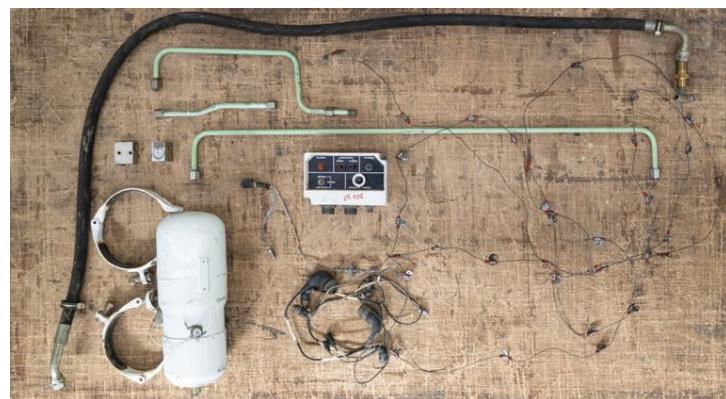


Ilustración 7. Componentes del sistema contra incendios del TOA. Fuente: PCMASA 2.



Ilustración 8. Ubicación del sistema contra incendios dentro del TOA. Fuente: PCMASA 2.

- **Eslabón del tren de rodaje:** Se trata de uno de los componentes fundamentales de la cadena de orugas que permite el desplazamiento del TOA sobre terrenos difíciles. Aunque individualmente es sencillo, este elemento tiene gran importancia en términos de desgaste, reemplazo y reciclabilidad. En la Ilustración 9 se muestra cómo son los eslabones y en la Ilustración 10, las zapatas, que forman parte del conjunto del eslabón, constituyendo la superficie de contacto con el terreno.

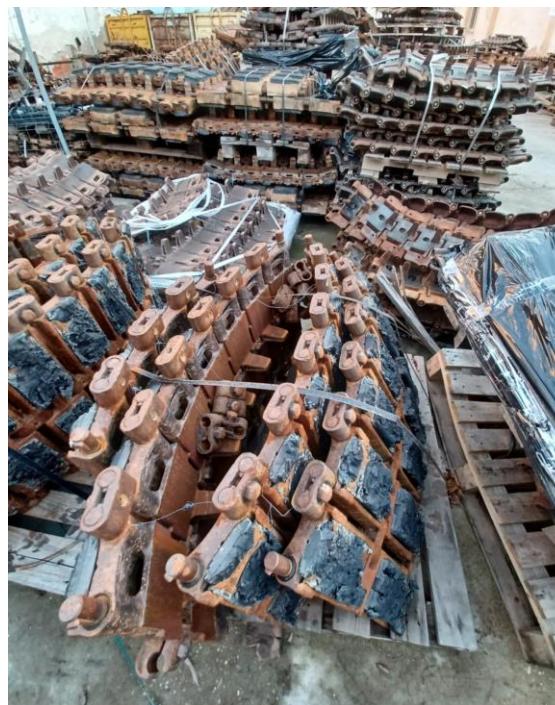


Ilustración 9. Eslabón del tren de rodaje del TOA. Fuente: PCMASA 2.



Ilustración 10. Zapatas del eslabón del tren del rodaje del TOA. Fuente: PCMASA 2.

A pesar de que el motor del TOA-M113 A2, el sistema contraincendios y los eslabones (objetos de estudio) no se encuentren incluido dentro del ámbito de aplicación del Reglamento sobre requisitos de diseño ecológico para productos sostenibles de la UE, al tratarse de un componente de uso militar no destinado al mercado civil y, por ende, excluido dentro de los materiales obligados a cumplir con el Reglamento ESPR, se ha considerado utilizar dicho marco normativo como referencia metodológica para este estudio. De esta forma, se aplicarán criterios como trazabilidad, recuperabilidad, eficiencia en uso de recursos y evaluación del impacto ambiental, con el objetivo de evaluar la viabilidad de implementar el DPP en procesos de desmilitarización bajo un enfoque alineado con los principios de sostenibilidad y economía circular.

#### 4.3. Gestión del sistema

En los apartados anteriores, se ha analizado el equipo militar a estudiar y sus respectivos componentes (Etapa 1 del proceso de implementación de un DPP en el PCMASA 2). A continuación, seguiremos con el desarrollo de las etapas 2 y 3. En concreto, en este apartado nos centraremos en los requisitos del sistema y la definición de los perfiles de usuario que intervienen en la gestión del DPP, lo que permite asignar responsabilidades específicas y limitar los permisos de acceso y edición, garantizando así la seguridad, la integridad de ellos datos y la trazabilidad de las acciones dentro del sistema.

##### 4.3.1. Requisitos

Los requisitos **funcionales** son aquellos que describen qué debe hacer el sistema. Están ligados a las funciones, procesos o tareas que el software debe



realizar. En el contexto del diseño de una base de datos para el DPP, los requisitos funcionales serían:

- **F1:** El sistema debe permitir registrar información estática y dinámica por componente.
- **F2:** Cada componente (motor, sistema contra incendios, eslabón) debe tener un identificador único.
- **F3:** Se debe incluir la trazabilidad de mantenimientos e inspecciones con fecha, ubicación y personal.
- **F4:** El modelo debe permitir asociar documentación técnica por componente.
- **F5:** Debe permitir registrar compatibilidad de componentes con modelos de TOA específicos.
- **F6:** El sistema debe contemplar campos específicos según tipo de componente.
- **F7:** Se debe registrar el estado actual y recomendaciones de acción.
- **F8:** Debe permitir anotar indicadores de desgaste o fallo.
- **F9:** Se debe poder registrar certificaciones, fechas de validez y organismos emisores.
- **F10:** Los campos deben tener categorías: identificación, mantenimiento, sostenibilidad, seguridad digital, etc.
- **F11:** El sistema debe gestionar los diferentes perfiles de usuario, cada uno con permisos definidos.
- **F12:** Los usuarios solo pueden visualizar o editar los campos según su rol asignado.
- **F13:** El sistema debe permitir validar o rechazar los datos introducidos por usuarios.
- **F14:** No se debe permitir que usuarios sin permisos agreguen o modifiquen datos.

Los requisitos **no funcionales** son los que definen cómo debe comportarse el sistema, en aspectos como rendimiento, trazabilidad, usabilidad, interoperabilidad, accesibilidad o escalabilidad. En el contexto del diseño de una base de datos para el DPP, los requisitos no funcionales serían:

- **NF1:** La estructura debe ser escalable y adaptable a otros sistemas o componentes futuros.
- **NF2:** El sistema debe ofrecer una interfaz sencilla, legible y editable.
- **NF3:** El sistema debe registrar la trazabilidad de cada modificación.



- **NF4:** La base de datos debe permitir establecer niveles de visibilidad según el rol.
- **NF5:** Se debe garantizar la integridad de datos críticos.
- **NF7:** El modelo debe estar alineado con principios de economía circular y sostenibilidad.
- **NF8:** El sistema no debe permitir registrar un componente sin datos obligatorios mínimos.
- **NF9:** La gestión de usuarios debe estar protegida frente a accesos no autorizados.

#### 4.3.2. Definición de los perfiles de usuario

Con el objetivo de garantizar un uso seguro y eficiente del DPP, se han definido los perfiles de usuario. Cada perfil representa un tipo de actor con unos permisos específicos según su función dentro del ciclo de vida del componente. A continuación, en la Tabla 6, se detallan los perfiles y sus responsabilidades dentro del sistema:

Perfil	Responsabilidad
Técnico operativo	Registra inspecciones, tareas de mantenimiento y actualiza el estado técnico del componente.
Gestor ambiental	Supervisa la información sobre reciclaje, impacto ambiental y decisiones operativas del sistema.
Certificador	Revisa datos clave y emite certificaciones o validaciones.
Administrador del sistema	Configura el sistema, gestiona usuarios, estructura y seguridad de la base de datos.
Usuario lector	Consulta información registrada en el DPP sin modificarla.

Tabla 6. Perfiles de usuario dentro del sistema del DPP. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3. Casos de uso

En el contexto del desarrollo de DPP aplicado al TOA M-113 A2, se han definido una serie de casos de uso representativos que modelan cómo los distintos tipos de usuario (definidos en la Tabla 6) interactúan con el sistema para cumplir unas funciones básicas como son completar, visualizar, administrar, validar o modificar información.

En la Ilustración 11 que se muestra a continuación, se representa un diagrama de casos de uso utilizando el lenguaje UML (Lenguaje Unificado de Modelado)

estandarizado dentro del sistema del DPP. Cada elemento central representa una función básica como completar, visualizar, modificar o validar información. Las líneas que conectan estos elementos con los perfiles (técnico operativo, gestor ambiental, certificador, etc.) indican las acciones que puede realizar cada uno. Este diagrama permite visualizar de forma clara y estructurada los permisos y responsabilidades asociadas a cada rol dentro del sistema.

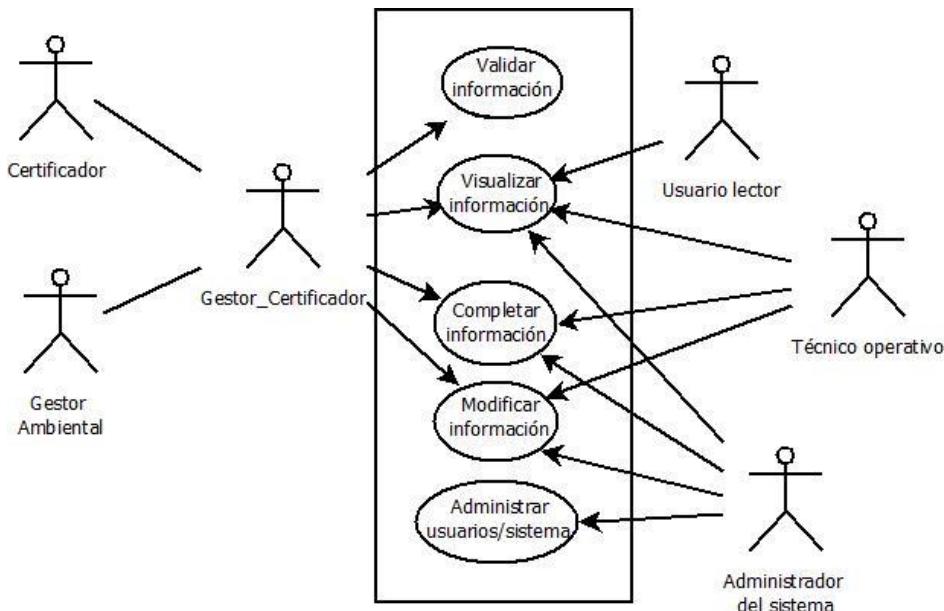


Ilustración 11. Diagrama UML de casos de uso estandarizado. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la Ilustración 11, que sintetiza gráficamente las interacciones clave entre los distintos perfiles de usuario y las funcionalidades del sistema DPP, se han formalizado los casos de uso que se muestran en las Tablas 7, 8, 9, 10 y 11 se detallan los casos de uso identificados:

CU-001		Completar información	
<b>Descripción</b>		El usuario introduce nueva información en la base de datos del DPP.	
<b>Actores</b>		Técnico operativo, Gestor ambiental, Certificador, Administrador del sistema.	
<b>Precondiciones</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El componente debe estar registrado.</li> <li>• El usuario debe tener permisos de edición.</li> </ul>	
<b>Secuencia Normal</b>	Paso	Acción	
	1	El usuario accede al componente.	



	2	Introduce los datos.
	3	El sistema guarda y etiqueta como “pendiente de validación” si procede.
<b>Post condiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Información añadida, registrada correctamente y visible para otros perfiles según los permisos.</li> </ul>	
<b>Excepciones</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El componente no existe, por lo que el sistema muestra error.
	2	No hay permisos, por lo que el acceso es denegado.

Tabla 7.CU-001 ‘Completar información’. Fuente: Elaboración propia.

	<b>CU-002 Visualizar información</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario visualiza la información almacenada en el DPP.	
<b>Actores</b>	Técnico operativo, Gestor ambiental, Certificador, Administrador del sistema, Usuario lector.	
<b>Precondiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acceso al sistema con permisos mínimos de consulta.</li> </ul>	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El usuario inicia sesión.
	2	Selecciona un componente.
	3	El sistema muestra la información permitida.
<b>Post condiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario ha accedido y visualizado correctamente la información.</li> </ul>	
<b>Excepciones</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	Si el usuario no tiene permisos, el sistema oculta información.

Tabla 8.CU-002 ‘Visualizar información’. Fuente: Elaboración propia.



CU-003	Administrar usuarios/ sistema	
Descripción	El administrador gestiona usuarios, roles, estructura de campos y permisos.	
Actores	Administrador del sistema.	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autenticación como administrador.</li> </ul>	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Accede al módulo de configuración.
	2	Selecciona crear/ modificar usuarios, roles o estructura de campos.
	3	Guarda configuración.
Post condiciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>La configuración del sistema queda actualizada y operativa.</li> </ul>	
Excepciones	Paso	Acción
	1	Si hay datos incompletos, el sistema impide guardar los cambios realizados.

Tabla 9.CU-003 ‘Administrar usuarios/ sistema’. Fuente: Elaboración propia.

CU-004	Validar información	
Descripción	El administrador gestiona usuarios, roles, estructura de campos y permisos.	
Actores	Gestor ambiental, Certificador.	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Debe existir información marcada como “pendiente de validación”.</li> </ul>	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario accede al listado de datos pendientes.
	2	Evalúa y marca como aprobado o rechazado.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Información validada y disponible para otros usuarios.</li> </ul>	



<b>condiciones</b>		
<b>Excepciones</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	Si el campo no cumple con criterios, se solicita corrección.

Tabla 10.CU-004 'Validar información'. Fuente: Elaboración propia.

<b>CU-005</b>	<b>Modificar información</b>	
<b>Descripción</b>	El usuario edita campos de información que ya habían sido completados.	
<b>Actores</b>	Técnico operativo, Gestor ambiental, Certificador, Administrador del sistema.	
<b>Precondiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe tener permisos.</li> <li>• El componente debe estar identificado.</li> </ul>	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El usuario localiza la información a modificar.
	2	Realiza los cambios.
	3	El sistema guarda los cambios realizados.
<b>Post condiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información actualizada.</li> </ul>	
<b>Excepciones</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	Si no hay permisos, la edición se bloquea.

Tabla 11.CU-005 'Modificar información'. Fuente: Elaboración propia.



## CAPÍTULO 5

### PRUEBA DE CONCEPTO: DPP EN VEHÍCULO MILITAR

#### 5.1. Recopilación de información del TOA: datos y procesos

Continuando con las etapas de implementación del DPP en el PCMASA 2 descritas en el Capítulo 4, y con el fin de garantizar la trazabilidad, interoperabilidad, mantenimiento y sostenibilidad del TOA M-113 A2 a lo largo de su ciclo de vida, se ha recopilado información técnica acerca de este vehículo militar y sus elementos asociados (Etapa 2), a través de documentos proporcionados por el PCMASA 2 como NT 11-14 MANT TOA A2 (Normas Técnicas de mantenimiento específicas para la versión A2) y Manual TOA M-113 A1 (Documentación base del Sistema en su variante inicial). Cabe señalar que, por tratarse de documentación interna y clasificada del PCMASA 2, los documentos utilizados como fuente no se incluyen en este apartado. No obstante, su contenido ha sido analizado y estructurado respetando los criterios de confidencialidad establecidos, con el fin de garantizar la integridad técnica del modelo DPP sin comprometer información sensible.

Estos documentos han permitido identificar y clasificar la información técnica más relevante del sistema, diferenciando entre información estática (datos que no cambian a lo largo de la vida útil del componente) o dinámica (datos que evolucionan con el uso, mantenimiento, inspecciones, estado técnico, ubicación, reformas o traspasos).

Las Tablas 12 y 13 recogen esta información de forma estructurada, sirviendo como base para el desarrollo funcional del DPP aplicado al TOA M-113 A2. Esta estructuración no solo facilita la gestión técnica del sistema, sino que también permite validar la aplicabilidad del modelo DPP a distintos niveles de detalle.



Información estática del TOA M-113 A2	
Campo	Descripción
Nombre del producto	Denominación oficial del sistema de armas (ej. TOA M-113 A2).
Modelo / Variante	Versión específica del producto según configuración (Ambulancia, Grúa, Portamortero, etc.).
Fabricante	Entidad responsable de su fabricación (empresa, país, instalación).
Número de serie	Código único asignado al equipo para su trazabilidad individual.
Fecha de fabricación	Fecha en la que se completó la producción del vehículo.
Estado de control de exportación	Clasificación según normativas de exportación (ITAR, UE, STANAG, etc.).
Certificación del usuario final	Indica si es necesaria la certificación para el destino del producto.
Nivel de clasificación de seguridad	Grado de confidencialidad: No clasificado, Confidencial, Secreto, etc.
Normativas ambientales aplicables	Listado de directivas que regulan materiales y residuos (REACH, RoHS, etc.).
Configuración teórica	Componentes, sistemas y capacidades esperadas para esa variante.
Equipamiento estándar	Equipos y sistemas instalados de fábrica.
Dimensiones y características físicas	Peso, largo, alto, tipo de blindaje, etc.
Sistemas técnicos	Motor, transmisión, sistema de combustible, eléctricos, etc.
Materiales principales	Composición estructural: aceros, aleaciones, polímeros.
Materias primas críticas	Uso de materiales estratégicos (como tierras raras, litio, etc.).
Sustancias peligrosas	Presencia de materiales regulados por su peligrosidad o toxicidad.
Productos funcionales	Capacidades mínimas que deben mantenerse para declararlo operativo.
Herramientas específicas	Uillaje requerido para mantenimiento y operación segura del equipo.
Elementos seriados	Componentes con número de serie que requieren trazabilidad propia (motor, transmisión...).
Trazabilidad digital (QR, RFID)	Sistemas de seguimiento y lectura para la gestión logística digital.
Reciclaje y desmontaje	Datos sobre materiales recuperables, técnicas y directrices para desmontaje.

Tabla 12. Información estática recopilada del TOA. Fuente: Elaboración propia.



Información dinámica del TOA M-113 A2	
Campo	Descripción
Etapa del ciclo de vida	Situación actual del producto: en uso, en mantenimiento, para reciclaje o reutilización.
Historial de mantenimiento preventivo	Registro de todas las actividades programadas periódicas.
Historial de mantenimiento correctivo	Intervenciones no previstas, como reparaciones o ajustes por fallos.
Tareas realizadas (con código)	Listado detallado de operaciones realizadas, identificadas por su código técnico.
Escalón de ejecución	Nivel técnico responsable del trabajo realizado (1º, 2º, 3º o 4º escalón de mantenimiento).
Ubicación de intervención	Lugar donde se ejecutó la operación: unidad, AALOG, taller logístico, etc.
Modificaciones y reformas	Cambios funcionales, estructurales o técnicos aplicados al vehículo tras su entrega.
Evaluación técnica e inspecciones	Resultados de revisiones técnicas, inspecciones o diagnósticos periódicos.
Estado técnico actual	Diagnóstico más reciente del estado del vehículo (operativo, fuera de servicio, baja propuesta).
Horas operativas	Tiempo total de uso acumulado del equipo desde su fabricación.
Resultado de pruebas funcionales	Resultados de los test operacionales de subsistemas (motor, dirección, armas, etc.).
Certificación estructural y balística	Informe sobre la resistencia del blindaje y la integridad estructural.
Impacto ambiental	Datos cuantificables relacionados con emisiones, residuos y huella ecológica.
Acción recomendada	Siguiente paso sugerido: seguir en uso, reciclar, reparar o dar de baja.

Tabla 13. Información dinámica recopilada del TOA. Fuente: Elaboración propia.

Además, con el objetivo de validar la estructura propuesta para el DPP aplicado al TOA M-113 A2, se ha recopilado información específica de tres elementos que forman parte de este vehículo, como son el motor, el sistema contraincendios y el eslabón del tren de rodaje. Analizado con detalle cada uno de estos tres elementos a través de manuales técnicos proporcionados por el ejército, se ha permitido completar la información técnica del TOA M-113 A2 necesaria para el desarrollo del DPP.

Partiendo de la estructura general del DPP para el TOA M-113 A2 que se muestran en las Tablas 12 y 13, se ha adaptado y concretado la información técnica, teniendo en cuenta cada uno de estos tres elementos seleccionados, lo que permite que no solo se facilite la estructuración de los datos, sino que también permite verificar que el modelo planteado es flexible y escalable, y que puede aplicarse de forma efectiva a diferentes partes del vehículo. De este



modo, el DPP no se limita a una única función o subsistema, sino que se convierte en una herramienta transversal válida para representar, gestionar y seguir el ciclo de vida de múltiples elementos del TOA.

A continuación, en las Tablas 14 y 15, se muestran los campos que son comunes a todos los componentes y cuáles son específicos para cada tipo de pieza:

Información estática del TOA M-113 A2 y sus componentes			
Campo	Descripción	¿Común?	Elemento(s) específico(s)
Nombre del producto	Denominación del sistema, vehículo o componente.	Sí	
Tipo de componente	Clasificación del objeto: plataforma, subsistema o pieza.	Sí	
Modelo / Variante	Versión específica según función o diseño.	Sí	
Código interno / NSN	Identificador técnico interno o de catálogo nacional.	Sí	
Número de serie	Código único asignado al equipo para su trazabilidad individual.	Sí	
Fabricante	Entidad responsable de su producción.	Sí	
País de fabricación	Localización geográfica de producción.	Sí	
Fecha de fabricación	Fecha de producción o ensamblaje.	Sí	
Vehículos compatibles	Plataformas en las que se integra.	Sí	
Ubicación de montaje	Zona del vehículo donde va instalado.	No	Motor, Sistema contra incendios
Peso estimado	Peso aproximado del componente.	No	Motor, Eslabón
Proceso de fabricación	Técnica usada en su construcción.	Sí	Motor, Eslabón
Documentación técnica asociada	TM, planos, fichas, etc.	Sí	
Estado de control de exportación	Clasificación legal de exportación.	Sí	
Certificación del usuario final	Autorización de uso final requerida.	Sí	
Nivel de clasificación de seguridad	Acceso restringido o público.	Sí	
Normativas ambientales aplicables	REACH, ROHS, OTAN, etc.	Sí	
Configuración teórica	Componentes esperados por diseño.	Sí	
Materiales principales	Composición estructural: aceros, aleaciones, polímeros.	Sí	



Materias primas críticas	Tierras raras, litio, etc.	Sí	
Sustancias peligrosas	Presencia de materiales regulados por su peligrosidad o toxicidad.	No	Motor, Sistema contraincendios
Elementos seriados	Componentes con número de serie que requieren trazabilidad propia (motor, transmisión...).	Sí	
Trazabilidad digital	QR / RFID o equivalente, sistemas de seguimiento y lectura para la gestión logística digital.	Sí	

Tabla 14. Información estática recopilada del TOA y sus componentes.

Información dinámica del TOA M-113 A2 y sus componentes			
Campo	Descripción	¿Común?	Elemento(s) específico(s)
Etapa del ciclo de vida	Situación actual del producto: en uso, en mantenimiento, para reciclaje o reutilización.	Sí	
Estado técnico actual	Condición operativa reciente.	Sí	
Horas operativas / distancia	Uso acumulado.	No	Motor, Eslabón
Vida útil estimada	Duración esperada funcional.	Sí	
Indicadores de desgaste	Señales visibles de deterioro.	No	Sistema contraincendios, Eslabón
Versión de software/firmware	Si aplica, última versión.	No	Motor
Recertificación electrónica	¿Requiere revisión técnica?	No	Motor
Resultado de pruebas funcionales	Validación de operatividad.	Sí	
Certificación estructural o funcional	Verificación de integridad.	Sí	
Frecuencia de inspección recomendada	Intervalo técnico estándar.	Sí	
Última inspección realizada	Fecha de revisión técnica.	Sí	
Actividades de mantenimiento realizadas	Historial de operaciones realizadas.	Sí	
Modificaciones y reformas aplicadas	Cambios técnicos registrados.	Sí	
Escalón de ejecución	Nivel logístico que intervino.	Sí	



Ubicación de intervención	Lugar de la intervención.	Sí	
Herramientas específicas utilizadas	Utilaje o software requerido.	Sí	
Personal técnico asignado	Identificación del técnico o unidad.	Sí	
Impacto ambiental asociado	Datos cuantificables relacionados con emisiones, residuos y huella ecológica.	Sí	
Método de desmontaje y tratamiento	Secuencia o pasos para desmontar.	No	Motor, Sistema contra incendios
Historial de transferencias	Movimientos entre entidades/países.	Sí	
Condiciones de entrega internacional	Estado al traspasar: baja, uso, etc.	Sí	
Responsable del traspaso	Organismo o mando de transferencia.	Sí	
Nivel de acceso a los datos	Clasificación de visibilidad.	Sí	
Código QR / Blockchain	Identificación y seguimiento único.	Sí	
Acción recomendada	Siguiente paso: baja, reforma, etc.	Sí	
Preparado por / Firmado	Usuario o entidad que lo documenta.	Sí	

Tabla 15. Información dinámica recopilada del TOA y sus componentes.

Esta información estructurada no solo permite validar la aplicabilidad del modelo del pasaporte digital, sino que será esencial para el diseño de la base de datos, la definición de entidades y relaciones y la implementación de los procesos de registro, consulta y actualización de datos a lo largo del ciclo de vida de los componentes del TOA.

## 5.2. Digitalización: definición de la estructura de datos.

Una estructura de datos sólida es indispensable para centralizar y gestionar toda la información crítica de los equipos militares. En este contexto, y siguiendo con la Etapa 3 de la implementación de un DPP en el PCMASA2, se ha desarrollado un modelo estructurado en los formatos MCD (Modelo Conceptual de Datos) y MLD (Modelo Lógico de Datos), diseñados para registrar y organizar los datos clave de los componentes del TOA.

Al estructurar esta información de forma estandarizada, se facilita su integración con bases de datos relacionales. Además, este modelo permite adaptarse a la información de los diversos compuestos del TOA y constituye

una herramienta clave para garantizar la operatividad, el cumplimiento y la sostenibilidad en el uso de este vehículo militar.

#### *5.2.1. MCD del DPP aplicado al TOA M-113 A2*

Una vez seleccionada la información más relevante del TOA M-113 A2, se ha estructurado para desarrollar un MCD, que permite representar las entidades, relaciones y atributos clave que va a contener el DPP, y que servirá como base para el desarrollo de la base de datos. Las entidades que componen este modelo son:

**1. Componente:**

Es la entidad principal del sistema. Representa a cada elemento físico del TOA que tendrá un DPP único. Contiene los datos identificativos y técnicos fundamentales.

Relación Componente - resto de entidades: todas las demás entidades dependen de ella.

**2. Ciclo de vida:**

Describe el estado actual del componente, desde su uso activo hasta su posible reciclaje.

Relación Componente – Ciclo de vida: un componente tiene asociado un único ciclo de vida activo, que puede ir cambiando.

**3. Mantenimiento:**

Recoge todas las acciones correctivas o preventivas realizadas sobre el componente a lo largo del tiempo.

Relación Componente - Mantenimiento: un componente puede tener muchos mantenimientos realizados.

**4. Inspección:**

Registra las inspecciones técnicas periódicas que se han realizado, así como sus resultados.

Relación Componente - Inspección: cada componente puede haber sido inspeccionado múltiples veces,

**5. Trazabilidad:**

Registra el seguimiento digital del componente mediante códigos QR, RFID o blockchain.



Relación Componente - Trazabilidad: cada componente tiene un registro de trazabilidad asociado

Relación Trazabilidad – TransferencialInternacional: cada identidad digital está vinculado a todas las transferencias realizadas.

**6. Usodefuncionamiento:**

Mide uso real del componente y su impacto.

Relación Componente - Usodefuncionamiento: un componente puede tener varios registros o actualizaciones a lo largo de su ciclo de vida.

**7. Materiales:**

Describe la composición material del componente, incluyendo metales, compuestos, sustancias peligrosas o materias primas críticas.

Relación Componente - Materiales: cada componente tiene una ficha de materiales única o actualizable.

**8. TransferencialInternacional:**

Recoge el historial de cambios de custodia, cesión o exportación del componente entre países u organizaciones. Incluye el historial de transferencias, autorizaciones legales o condiciones de entrega.

Relación TransferencialInternacional - Trazabilidad: cada transferencia debe estar asociada a un identificador digital que permita su seguimiento en todo momento.

En la Ilustración 12, se muestra el MCD desarrollado, teniendo en cuenta todas las entidades y relaciones explicadas anteriormente:

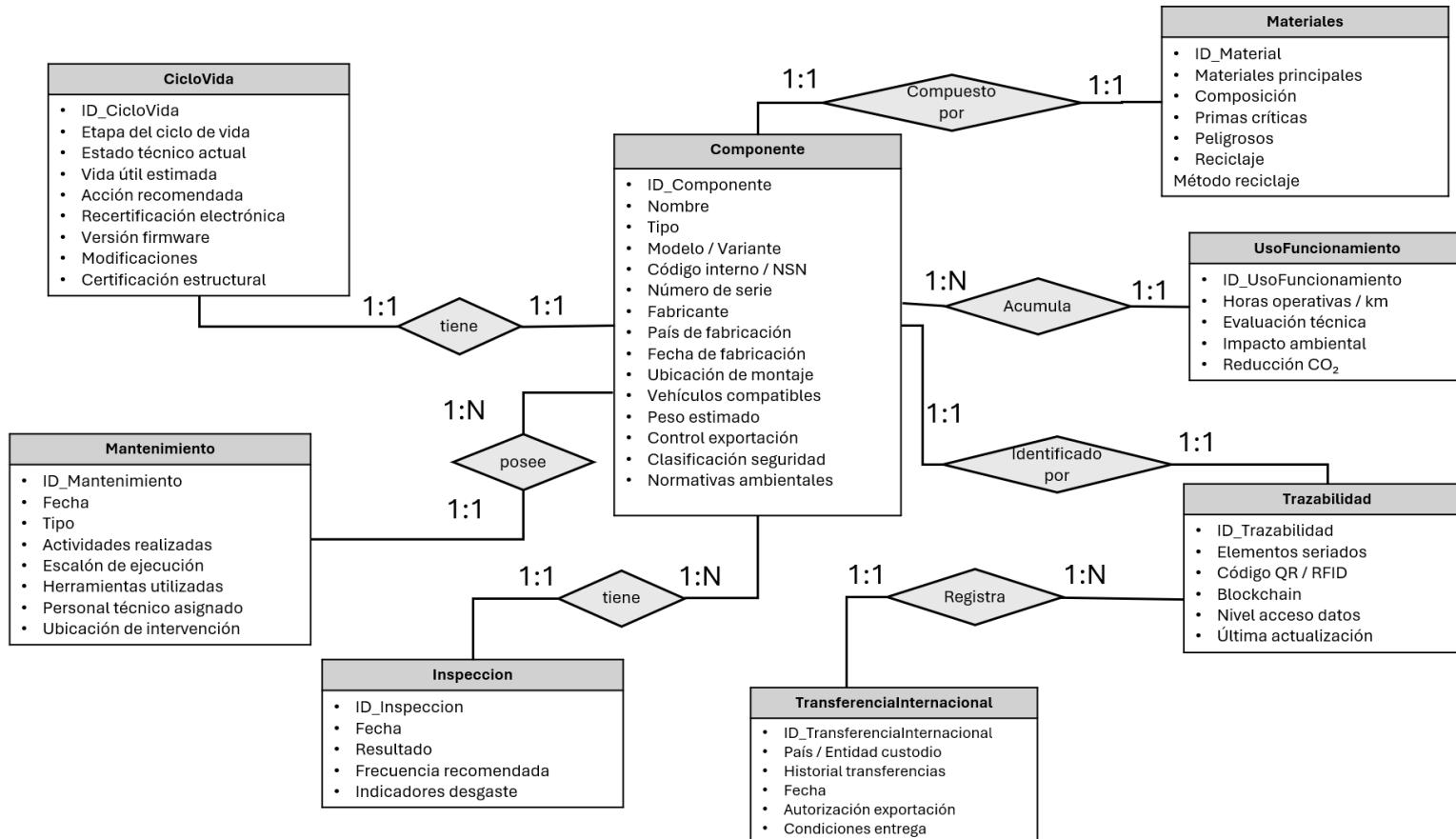


Ilustración 12. MCD del DPP aplicado al TOA. Fuente: Elaboración propia

### **5.2.2. MLD del DPP aplicado al TOA M-113 A2**

Partiendo del MCD, se ha desarrollado un MLD (Ilustración 13), que traduce el modelo conceptual a una estructura organizada de tablas y campos, lista para implementarse en un sistema de gestión de base de datos.

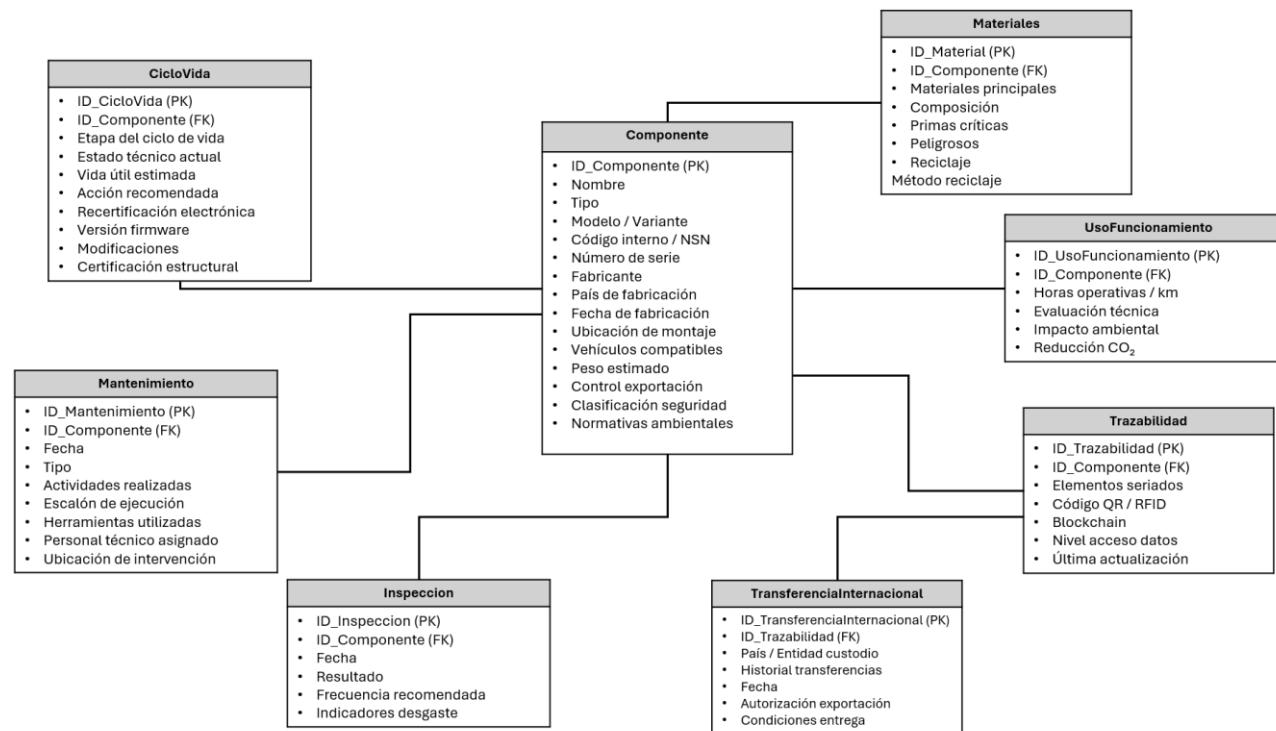


Ilustración 13. MLD del DPP aplicado al TOA. Fuente: Elaboración propia



### 5.2.3. Descripción de las entidades

Los tipos de datos que se van a emplear para describir las entidades comentadas anteriormente se muestran en la Tabla 16:

Tipo de dato	Representación
INT	Número entero.
TEXT	Texto sin límite de longitud.
DATE	Fecha con formato (AAAA-MM-DD).
BOOLEAN	Valor lógico: TRUE (1) o FALSE (0).
Enum (...)	Lista fija de opciones.

Tabla 16. Tipos de datos. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran las Tablas 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 que describen los atributos de cada entidad, las descripciones de dichos atributos y el tipo de dato empleados en la formalización del MCD y del MLD. Además, en dichas tablas se identifican también las claves primarias (PK), que permiten distinguir de forma única cada registro dentro de una entidad, y las claves foráneas (FK), que establecen relaciones entre entidades vinculadas, garantizando la integridad referencial del modelo de datos propuesto.



Componente		
Atributo	Descripción	Tipo de dato
ID_Componente (PK)	Identificador único del componente	INT
Nombre	Denominación del sistema o componente	TEXT
Tipo	Tipo de componente	ENUM (Motor / Eslabón / Sistema contra incendios)
Modelo / Variante	Versión específica	ENUM (TOA / ATP / Centauro)
Código interno / NSN	Identificador técnico	TEXT
Número de serie	Identificador único por unidad	TEXT
Fabricante	Entidad responsable de su producción	TEXT
País de fabricación	País de origen	TEXT
Fecha de fabricación	Fecha de ensamblaje	DATE (AAAA-MM-DD)
Ubicación de montaje	Zona del vehículo donde va instalado	TEXT
Vehículos compatibles	Plataformas donde se integra	ENUM (M113A2/ M1064/ M577A2...)
Peso estimado	Peso aproximado del componente	INT
Control exportación	Clasificación legal de exportación	ENUM (ITAR / UE / STANAG / Otro)
Clasificación seguridad	Acceso restringido o público	ENUM (No clasificado / Confidencial / Secreto)
Normativas ambientales	REACH, ROHS, etc.	ENUM (REACH, ROHS, ...)

Tabla 17. Entidad 'Componente'. Fuente: Elaboración propia.



Ciclo de vida		
Atributo	Descripción	Tipo de dato
ID_Ciclo (PK)	Identificador del ciclo	INT
ID_Componente (FK)	Componente asociado	INT
Etapa del ciclo de vida	Estado actual del componente	ENUM (En uso / Reutilización / Reciclaje)
Estado técnico actual	Condición operativa actual	ENUM (Operativo / Requiere reparación / Fin de vida útil)
Vida útil estimada	Duración esperada	INT
Acción recomendada	Siguiente paso sugerido	ENUM (Reutilización / Reciclaje / Eliminación)
Recertificación electrónica	Proceso mediante el cual se verifica y renueva la validez técnica o funcional de los componentes electrónicos.	BOOLEAN (Sí / No)
Versión firmware	Versión instalada	TEXT (X.X)
Modificaciones	Cambios aplicados al componente	TEXT
Certificación estructural	Verificación de integridad	ENUM (Aprobada / Rechazada)

Tabla 18. Entidad 'Ciclo de vida'. Fuente: Elaboración Propia.



Mantenimiento		
Atributo	Descripción	Tipo de dato
ID_Mantenimiento (PK)	Identificador del mantenimiento	INT
ID_Componente (FK)	Componente vinculado	INT
Fecha	Fecha de intervención	DATE (DD-MM-AAAA)
Tipo	Preventivo o correctivo	ENUM (Preventivo / Correctivo)
Actividades realizadas	Descripción o código técnico	TEXT
Escalón de ejecución	Nivel técnico que interviene	ENUM (1º / 2º / 3º / 4º)
Herramientas utilizadas	Kit o utilaje utilizado	TEXT
Personal técnico asignado	Encargado de la operación	TEXT
Ubicación de intervención	Lugar donde se ejecutó la operación	TEXT

Tabla 19. Entidad 'Mantenimiento'. Fuente: Elaboración Propia.

Inspección		
Atributo	Descripción	Tipo
ID_Inspección (PK)	Identificador de inspección	INT
ID_Componente (FK)	Componente inspeccionado	INT
Fecha	Fecha de la inspección	DATE (DD-MM-AAAA)
Resultado	Estado tras la prueba	ENUM (Aprobado / Fallido)
Frecuencia recomendada	Intervalo estimado para revisar	INT
Indicadores desgaste	Síntomas o signos de deterioro	TEXT

Tabla 20. Entidad 'Inspección'. Fuente: Elaboración Propia.



Trazabilidad		
Atributo	Descripción	Tipo de dato
ID_Trazabilidad (PK)	Identificador único	INT
ID_Componente (FK)	Componente vinculado	INT
Elementos seriados	Subcomponentes con número propio de serie para permitir su trazabilidad individual	TEXT
Código QR / RFID	Identificador físico	INT
Blockchain	¿Integrado con tecnología blockchain?	BOOLEAN (Sí / No)
Nivel acceso datos	Visibilidad de los datos	ENUM (Militar / Público)
Última actualización	Última modificación registrada	DATE

Tabla 21. Entidad 'Trazabilidad'. Fuente: Elaboración Propia.

UsoFuncionamiento		
Atributo	Descripción	Tipo
ID_Uso (PK)	Identificador del uso	INT
ID_Componente (FK)	Componente asociado	INT
Horas operativas / km	Cuánto tiempo o distancia ha sido usado el componente	INT
Evaluación técnica	Diagnóstico reciente: ¿funciona bien?, ¿tiene fallos?, ¿requiere sustitución?	TEXT
Impacto ambiental	Emisiones generadas, residuos, consumo energético (si se puede estimar).	TEXT
Reducción CO <sub>2</sub>	Cuánto CO <sub>2</sub> se ha ahorrado por reutilizar o mantener el componente en vez de reemplazarlo por uno nuevo.	INT

Tabla 22. Entidad 'UsoFuncionamiento'. Fuente: Elaboración Propia.



Materiales		
Atributo	Descripción	Tipo de dato
ID_Material (PK)	Identificador del material	INT
ID_Componente (FK)	Componente vinculado	INT
Materiales principales	Metales, compuestos, etc.	TEXT
Composición	% por material	TEXT
Primas críticas	¿Contiene materiales estratégicos?	BOOLEAN
Peligrosos	¿Contiene sustancias peligrosas?	BOOLEAN
Reciclaje	Nivel de reciclabilidad	ENUM (Alto / Moderado / Bajo)
Método reciclaje	Proceso preferido	ENUM (Mecánico / Químico / Térmico)

Tabla 23. Entidad 'Materiales'. Fuente: Elaboración Propia.

TransferencialInternacional		
Atributo	Descripción	Tipo de dato
ID_Transferencia(PK)	Identificador transferencia	INT
ID_Trazabilidad (FK)	Componente transferido	INT
País / Entidad custodio	Quién lo posee actualmente	TEXT
Historial transferencias	Registro estructurado de cambios	TEXT
Fecha	Fecha de transferencia	DATE (DD-MM-AAAA)
Autorización exportación	Permiso de transferencia	TEXT
Condiciones entrega	Estado en que se entrega	ENUM (Operativo / Para reciclaje / Baja técnica)

Tabla 24. Entidad 'TransferencialInternacional'. Fuente: Elaboración Propia.



## CAPÍTULO 6

### TECNOLOGÍAS TIC PARA LA CONEXIÓN FÍSICO – DIGITAL DEL DPP

#### 6.1.Tecnología TIC

Una parte esencial del diseño funcional del DPP es garantizar su capacidad para vincular de forma fiable el producto físico con su representación digital. Este proceso, que se desarrolla en la Etapa 3 del proceso de implementación de un DPP en el PCMASA2, implica seleccionar tecnologías TIC (como sistemas de códigos QR, etiquetas RFID o incluso tecnologías blockchain), que permiten identificar el producto y rastrearlo de forma única en el entorno operativo.

Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), “Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se definen como un conjunto diverso de herramientas y recursos tecnológicos utilizados para transmitir, almacenar, crear, compartir o intercambiar información. Estas herramientas y recursos tecnológicos incluyen computadoras, internet (sitios web, blogs y correo electrónico), tecnologías de transmisión en vivo (radio, televisión y webcasting), tecnologías de transmisión grabada (podcasting, reproductores de audio y video, y dispositivos de almacenamiento) y telefonía (fija o móvil, satélite, videoconferencia, etc.)” [38].

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), en el documento “ICT: new taxonomy based on the international patent classification”, propone una definición de las TIC basada en las clases tecnológicas de la Clasificación Internacional de Patentes (IPC), centrada en identificar y clasificar tecnologías relacionadas con las TIC a través de patentes, proporcionando un taxonomía actualizada que refleja las innovaciones tecnológicas en este campo [39].

Por otro lado, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), a través de diversos documentos, define las TIC como el conjunto de tecnologías que permiten la recopilación, almacenamiento, transmisión y procesamiento de información. estas tecnologías incluyen tanto las telecomunicaciones tradicionales como las tecnologías digitales modernas, abarcando áreas como la telefonía, la radiodifusión, el internet y las redes de datos [40]

#### 6.2.Catálogos TIC existentes que puedan usarse para implementar el DPP

Para el desarrollo y la implementación del DPP pueden usarse una combinación de catálogos TIC que puedan garantizar la trazabilidad, seguridad y la



integridad de los datos asociados a los productos a lo largo de su ciclo de vida, como son los que se muestran en la Tabla 25:

Tecnología	Función	Utilidad en el DPP
GS1 Global Standards	Identificación única de productos	Identificación única global de los productos. Sirve de soporte para GS1 Digital Link.
GS1 Digital Link	Identificación única de productos	Convierte los identificadores de GS1 en URLs que conectan el producto físico con su identidad digital.
IEC 61406	Identificación única de productos	Define identificadores únicos electrónicos para establecer la conexión entre productos físicos y los datos digitales.
Blockchain	Trazabilidad y ciclo de vida	Registros de los eventos en la vida del producto.
ISO 22005	Trazabilidad y ciclo de vida	Define los principios para la trazabilidad en las cadenas de suministro.
PLM (Product Lifecycle Management)	Trazabilidad y ciclo de vida	Gestiona toda la información del ciclo de vida del producto (fabricación, cambios, fin de vida etc.).
ECLASS	Clasificación y normalización de datos	Clasificación estandarizada de productos de forma técnica.
UNSPSC	Clasificación y normalización de datos	Clasificación universal de los productos.
GPC (Global Product Classification)	Clasificación y normalización de datos	Proporciona una clasificación global estandarizada del producto.
UN/CEFACT Core Components	Interoperabilidad y datos abiertos	Estandarización de datos para la interoperabilidad global.
Open Data Standards	Interoperabilidad y datos abiertos	Facilita la accesibilidad, compatibilidad y reutilidad de los datos.
OPC UA (Open Platform Communications)	Interoperabilidad y datos abiertos	Facilita la conexión con máquinas, sensores e IoT.

<b>GDSN (GlobalData Synchronization Network)</b>	Sincronización y publicación de datos	Red para sincronización de datos entre fabricantes, minoristas y sistemas.
--	---------------------------------------	--

Tabla 25. Catálogos TIC. Fuente: Elaboración propia.

### 6.3. Códigos que permiten la conexión del producto físico con el digital

El DPP es una solución tecnológica innovadora que permite conectar el producto físico con su información digital a través de la integración de códigos. Con el simple escaneo de estos códigos, el usuario es redirigido a una base de datos en la cual se almacena la información más relevante del producto. Esta tecnología, además de aumentar la transparencia y confianza del consumidor, facilita la trazabilidad de producto a lo largo de su ciclo de vida. A continuación, se destacan las opciones más adecuadas que podrían emplearse en el DPP:

- **Código QR (Quick Response)**

Un código QR es un método de representación y almacenamiento de información en una matriz de puntos bidimensional. Esta simbología 2D consiste en un conjunto de puntos negros (u oscuros) ubicados según una determinada codificación en un patrón cuadrado sobre fondo blanco (o claro), que, al ser escaneados con un dispositivo móviles o escáneres, muestra el contenido almacenado en él [41]. Entre sus características destacan:

- Alta capacidad de almacenamiento.
- Lectura rápida y desde cualquier ángulo.
- Ocupan poco espacio al imprimirse.
- Soportan varios tipos de datos y lenguajes.
- Permiten corrección de errores y cifrado.
- Son versátiles, gratuitos y compatibles con móviles.

En la Ilustración 14, se muestra un ejemplo de simbología de un código QR.



Ilustración 14. Ejemplo de simbología de código QR. Fuente: ACTA

- **Código NFC (Near Field Communication)**

NFC es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance (hasta 10 cm) y alta frecuencia (13.56 MHz), que permite el intercambio de información entre dispositivos, sin necesitar contacto físico de los mismos. [42]. Entre sus características destacan:

- Interoperable: funciona de forma compatible con sistemas y tarjetas sin contacto ya existentes.
- Segura: su diseño de corto alcance reduce riesgos, y puede complementarse con medidas de protección adicionales.
- Intuitiva: fácil de usar para el usuario, generalmente basta con un simple toque.
- Versátil: se adapta a muchos usos, sectores y entornos gracias a su diseño estandarizado.
- Inherentemente segura: su alcance limitado (unos centímetros) minimiza la exposición frente a otras tecnologías inalámbricas.
- Habilitadora: facilita la conexión e integración con otras tecnologías como WiFi o Bluetooth.

En la Ilustración 15, se muestra un modo de operación de la tecnología NFC.

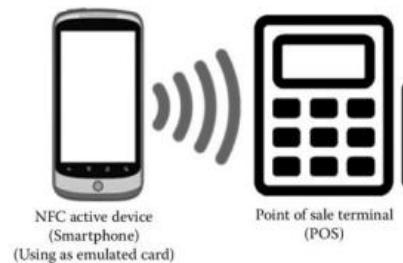


Ilustración 15. Modo de operación tecnología NFC. Fuente: ACTA.

- **Código de barras**

El código de barras es una herramienta compuesta por un símbolo (barras claras y oscuras) y un código, que permite capturar información de manera única y automática a nivel mundial [43]. Su lectura se realiza mediante un escáner. Entre sus características destacan:

- Identificación única y estandarizada en todo el mundo.
- Lectura rápida y automática.
- Tamaño variable, pero manteniendo proporciones estándares que aseguren su correcta lectura por los escáneres.

En la Ilustración 16, se muestra un ejemplo de simbología de los códigos de barras.



Ilustración 16. Ejemplo de simbología de código de barras. Fuente: GS1.

- **Código Data Matrix**

Data Matrix es un código de barras dimensional (2D) formado por una matriz de puntos claros y oscuros que se disponen en forma cuadrada o rectangular, rodeada por un patrón de búsqueda que permite su orientación y lectura por máquinas [44]. Entre sus características destacan:

- Codificación de alta densidad de datos.
- Formato flexible (cuadrado o rectangular) en función del espacio disponible.
- Patrón de localización (Finder Pattern).
- Posee un algoritmo Reed-Solomon que permite recuperar los datos a pesar de que el código esté dañado o sucio.
- Legibilidad omnidireccional.

En la Ilustración 17, se muestra un ejemplo de simbología de los códigos Data Matrix.

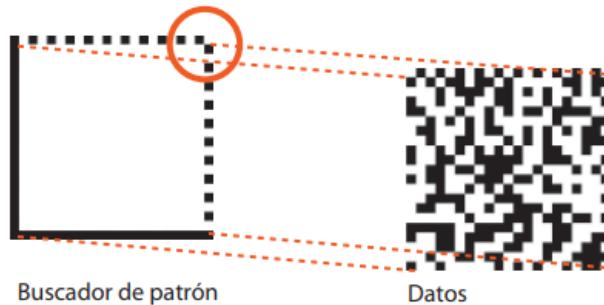


Ilustración 17. Ejemplo de simbología de Data Matrix. Fuente: GS1.

- **Código RFID (Radio Frequency Identification)**

RFID es una tecnología inalámbrica que permite capturar e identificar información almacenada en etiquetas electrónicas (tags), de forma automática, sin la necesidad de contacto físico directo ni línea de visión [45]. Una etiqueta de RFID es como un código de barras, pero incluye un pequeño transceptor radioeléctrico y una memoria en la que se puede almacenar información. Las etiquetas son colocadas en los productos y leídas empleando un dispositivo lector de mano.

Sus características principales son:

- No requiere contacto físico con el lector.
- Utiliza ondas electromagnéticas o electrostáticas para transmitir datos.
- Se asocia a etiquetas inteligentes que almacenan datos y pueden ser leídas rápidamente.
- Permite escanear múltiples productos a la vez sin necesidad de separarlos.
- Se pueden leer a través de diversos materiales, salvo el metal y el agua.
- Eliminan la necesidad de tener una visión directa entre el lector y a etiqueta.

En la Ilustración 18, se muestra un ejemplo de etiqueta RFID.



Ilustración 18. Etiqueta de RFID. Fuente: ACTA.

A continuación, en la Tabla 26, se muestra una comparativa de los códigos mencionados anteriormente, evaluando si el código es escaneable a través de dispositivos como es el móvil, si requiere de una persona para escanearlo, el coste, la capacidad de datos y la facilidad que tiene de adherirse al producto, dependiendo del tipo de material y de su estructura:

	Escaneable con móvil	Con contacto	Costo	Capacidad de datos	Facilidad adherencia producto
Código QR	Si	No	Bajo	Alta	Alta (limitado a algunos materiales por el método de impresión o grabado)
NFC	Si	No	Medio	Alta	Baja (chips no funcionan bien en ciertos materiales)
Código de barras	Si	Si	Muy bajo	Alta	Media (requiere de superficie plana)
Data Matrix	Si	Si	Bajo	Alta	Muy Alta (se adapta a cualquier material)
RFID	No	No	Medio - Alto	Alta	Media (sensible a ciertos materiales)

Tabla 26. Comparativa de los códigos que permiten la conexión físico – digital de los productos. Fuente: Elaboración propia.

Por ende, el código QR y Data Matrix son las tecnologías más equilibradas para implementar el DPP de forma accesible y compatible.





## CAPÍTULO 7

### PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DPP

Una vez definidas las etapas genéricas para la implementación del DPP en el PCMASA 2, descritas en el Capítulo 4, resulta fundamental establecer una planificación temporal y una estimación económica que permitan dimensionar el esfuerzo necesario para su desarrollo. Este capítulo presenta una propuesta de planificación basada en un diagrama de Gantt, que organiza las fases clave del proyecto en un marco temporal estimado, así como una estimación presupuestaria orientativa.

La planificación y los costes aquí descritos no solo permiten visualizar la viabilidad del proyecto, sino que también constituyen una herramienta estratégica para la toma de decisiones, la asignación de recursos y la futura implementación del DPP en otros sistemas o unidades del Ejército. Aunque el presente trabajo no aborda la ejecución completa del sistema, sí sienta las bases para su desarrollo progresivo, evaluando tanto el tiempo como el presupuesto necesario para avanzar hacia una logística militar más digital, trazable y sostenible.

#### 7.1. Diagrama de Gantt

Con el objetivo de visualizar de forma estructurada las etapas genéricas de uso de DPP en el PCMASA 2, se ha elaborado un diagrama de Gantt (Ilustración 19) con una estimación temporal para cada una de las etapas clave. A pesar de que este trabajo no abarca el desarrollo completo de todas ellas, algunas de las etapas deberán solaparse parcialmente en su ejecución. De este modo, se estima que ciertas fases puedan comenzar mientras otras están finalizando, optimizando así los tiempos del proceso. Sin embargo, el análisis detallado de dicha planificación queda fuera del alcance del presente trabajo.

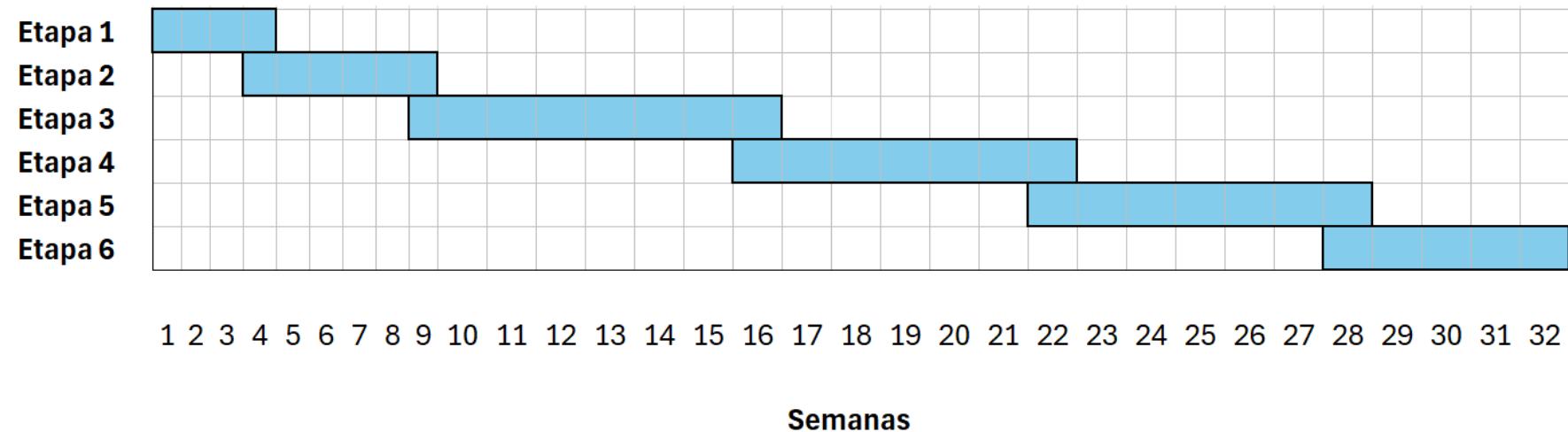


Ilustración 19. Diagrama de Gantt para la implantación del DPP en el PCMASA 2. Fuente: Elaboración propia.



Como podemos observar, se estima un total de 32 semanas para implementar las etapas.

## 7.2. Estimación del presupuesto

A continuación, se presenta una estimación económica del desarrollo de las etapas genéricas de implantación del DPP, que permite orientar y visualizar la dimensión y los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, desde su fase de análisis hasta la implantación y mejora continua del sistema. Para estimar el cálculo, se han definido cuatro perfiles profesionales (Ingeniero, Técnico, Consultor y Supervisor), como se muestra en la Tabla 27, y se ha estimado su coste por hora y descrito su función dentro del desarrollo de las etapas de implantación del DPP en el PCMASA 2.

Perfil	€/h	Función
Ingeniero	50,00 €	Lidera el desarrollo técnico del proyecto: diseña soluciones, realiza ajustes críticos y dirige las pruebas avanzadas.
Técnico	35,00 €	Ejecuta las tareas técnicas más repetitivas o de implementación, como pruebas y despliegue.
Consultor	45,00 €	Rol estratégico en etapas iniciales: define la estructura y guía el diagnóstico inicial.
Supervisor	40,00 €	Presencia a lo largo de todas las etapas: garantiza coherencia, control de calidad y alineación general.

Tabla 27. Definición de perfiles para la estimación del presupuesto. Fuente: Elaboración propia.

Para cada etapa, se han calculado las horas totales necesarias a partir de las semanas estimadas en el diagrama de Gantt, desglosadas por perfil profesional (ingeniero, técnico, consultor y supervisor), que multiplicadas por el coste/ hora de cada perfil, se obtiene el coste económico aproximado, como se muestra en la Tabla 28:



	Semanas	Horas totales (h)	Horas desglosadas por perfil (h)				Coste total (€)
			Ingeniero	Tecnico	Consultor	Supervisor	
<b>Etapa 1</b>	4	160	20	40	70	30	6750,00
<b>Etapa 2</b>	6	220	40	100	50	30	8950,00
<b>Etapa 3</b>	8	300	160	40	70	30	13750,00
<b>Etapa 4</b>	7	270	80	120	30	40	11150,00
<b>Etapa 5</b>	7	270	60	120	50	40	11050,00
<b>Etapa 6</b>	5	180	40	60	50	30	7550,00
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>1400</b>	<b>400</b>	<b>480</b>	<b>320</b>	<b>200</b>	<b>59.200,00 €</b>

Tabla 28.Cálculo del presupuesto. Fuente: Elaboración propia.



Como podemos observar, se ha estimado un coste total de 59.200,00 €. Esta cifra ofrece una aproximación inicial que permite dimensionar el esfuerzo económico requerido, aunque será necesario realizar un estudio de viabilidad más detallado para evaluar su rentabilidad, sostenibilidad y posible financiación.



## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

#### 8.1. Conclusiones

El presente trabajo ha permitido abordar el diseño de un DPP aplicado al vehículo militar TOA M- 113 A2, en el ámbito de la defensa. A través de un análisis detallado de documentación técnica, normativa europea y necesidades operativas del entorno militar, se ha diseñado y construido una estructura de datos flexible, coherente y alineada no solo con los requisitos normativos, sino que también se adapta a la complejidad y particularidades del entorno militar.

El desarrollo propuesto de las etapas genéricas ha facilitado una visión estructurada del proceso de implantación del DPP, permitiendo abordar desde el análisis inicial hasta su despliegue progresivo. Si bien no todas las fases han sido desarrolladas en este trabajo, su planificación ha permitido identificar con claridad los recursos, perfiles profesionales y costes implicados, sentando una base para estudios futuros de viabilidad real y para una eventual implementación piloto en entornos reales.

Por otro lado, el MCD y MLD diseñados han demostrado ser una herramienta potente y adaptable, al haberse aplicado sobre tres componentes del TOA (el motor, el sistema contraincendios y el eslabón del tren de rodaje) que presentan distintos grados de complejidad técnica, criticidad operativa y necesidad de trazabilidad, demostrando que los modelos planteados son lo suficientemente escalables y versátiles como para adaptarse a diferentes tipos de componentes. Su estructura permite registrar datos a distintos niveles del ciclo de vida del producto, facilitando así la trazabilidad completa del componente. Esto resulta fundamental para garantizar que el DPP no se limite a un solo nivel del sistema, sino que pueda abarcar el vehículo en su totalidad.

Del mismo modo, la definición de perfiles de usuario y su relación con los distintos permisos dentro del sistema ha permitido garantizar la seguridad, integridad y responsabilidad en el acceso y modificación de la información, aspecto clave en un entorno tan exigente como el militar. Esta diferenciación por roles es esencial para asegurar un uso controlado, eficiente y auditável del sistema.

Finalmente, desde el punto de vista normativo y estratégico, el diseño propuesto se ajusta a los principios del DPP promovido por la CE y a los compromisos adquiridos en materia de sostenibilidad por el Ministerio de



Defensa español. Así, se posiciona como una base sólida puede servir para el desarrollo de una herramienta real, aplicable y alineada con las estrategias de digitalización, interoperabilidad, trazabilidad y economía circular que marcarán el futuro de la logística militar.

## 8.2. Trabajo futuro

Si bien el presente trabajo se ha centrado en la fase de análisis, recopilación y estructuración de la información, diseño del sistema e implementación del DPP a componentes del TOA M-113 A2 de forma parcial, existen diversas líneas de actuación que deberán abordarse en fases posteriores.

En primer lugar, las etapas desarrolladas en este trabajo deberán ser estudiadas con mayor profundidad y realizar una implementación técnica real que permita validar su funcionamiento en entornos operativos y detectar posibles mejoras. Asimismo, la estimación de tiempos, representada a través del diagrama de Gantt, y del presupuesto incluida en este documento es orientativa, por lo que será imprescindible realizar un análisis más detallado de viabilidad técnica y económica que contemple la infraestructura tecnológica existente en el Ministerio de Defensa y sus necesidades específicas.

También se propone estudiar el desarrollo de la base de datos real a partir del MCD y MLD definidos, utilizando las tecnologías necesarias y compatibles con los entornos del Ejército, así como avanzar en el diseño de un interfaz de usuario que facilite la visualización, edición y validación de los datos por parte de los distintos perfiles de usuario definidos en el presente trabajo. De igual forma, habría que seguir depurando el modelo de roles y accesos, así como desarrollar casos de uso más amplios y realistas.

Por otro lado, será necesaria llevar a cabo la evaluación de los resultados obtenidos con la implantación completa del DPP y propuesta de mejoras con el objetivo de optimizar progresivamente la herramienta en línea con los objetivos de economía circular del PCMASA 2.

Por último, se considera importante estudiar la posibilidad de extender el modelo a otros tipos de vehículos o plataformas del Ejército, validando su escalabilidad y adaptabilidad a diferentes tipos de sistemas, y promoviendo con ello la reutilización de datos y la consolidación de una lógica común de trazabilidad dentro del concepto de economía circular militar.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] datos.gob.es, «Descubriendo el Pasaporte de Producto Digital (DPP) y CIRPASS: una mirada al futuro de la economía circular,» 13 Agosto 2024. [En línea]. Available: <https://datos.gob.es/es/blog/descubriendo-el-pasaporte-de-producto-digital-dpp-y-cirpass-una-mirada-al-futuro-de-la-economia>.
- [2] Comisión Europea (CE), «Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular,» 2020. [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan\\_es](https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_es).
- [3] MITERD, «Estrategia Española de Economía Circular - España Circular 2030,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/>.
- [4] CIRSPASS, «Digital Product Passport for a circular economy,» s.f.. [En línea]. Available: <https://cirpassproject.eu/>.
- [5] CIRPASS2, «Advancing the Digital Product Passport in the EU,» s.f.. [En línea]. Available: <https://cirpass2.eu/>.
- [6] Comisión Europea (CE), «Estrategia de la UE para los productos textiles sostenibles. Iniciativas de mejora de la regulación,» 2022. [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12822-Estrategia-de-la-UE-para-los-productos-textiles-sostenibles\\_es](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12822-Estrategia-de-la-UE-para-los-productos-textiles-sostenibles_es).
- [7] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) 2024/1782 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de junio de 2024 sobre la seguridad general de los productos y por el que se deroga la Directiva 2001/95/CE. Diario Oficial de la Unión Europea, L 1782, 1-43.,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2024-81885>.
- [8] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) 2023/1542 del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de julio de 2023 sobre baterías y residuos de baterías, por el que se modifica la Directiva 2008/98/CE y el Reglamento (UE) 2019/1020 y se deroga la Directiva 2006/66/CE. Diario Oficial,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81096>.
- [9] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) 2022/2480 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de diciembre de 2022 por el que



se modifica el Reglamento (UE) n.º 1024/2012 en lo que respecta al uso del portal digital único para enviar información. Diario Oficial de la Unión Europea,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2022-81871>.

- [10] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general,) 2016. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2016-80807>.
- [11] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) 2024/1781 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, relativo al Pasaporte Digital de Productos y a su armonización en el mercado interior,» 13 Junio 2024. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/doue/2024/1781/L00001-00089.pdf>.
- [12] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) n.º 167/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de febrero de 2013, relativo a la homologación de los vehículos agrícolas o forestales, y a la vigilancia del mercado de dichos vehículos. Texto pertinente a efectos del EEE.,» de *Diario Oficial de la Unión Europea, L 60, 1-51.*, 2013.
- [13] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) n.º 168/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de enero de 2013, relativo a la homologación de los vehículos de dos o tres ruedas y los cuatriciclos, y a la vigilancia del mercado de dichos vehículos. Texto pertinente a efectos d,» de *Diario Oficial de la Unión Europea, L 60, 52-128.*, 2013.
- [14] Unión Europea (UE), «Reglamento (UE) 2018/858 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre la homologación y la vigilancia del mercado de los vehículos de motor y sus remolques y de los sistemas, los componentes y las unidades técnicas independientes des,» de *Diario Oficial de la Unión Europea, L 151, 1-218.*, 2018.
- [15] Comisión Europea (CE), «Preliminary report for the Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) working plan.,» 2023. [En línea].
- [16] Comisión Europea (CE), «Decision of the European Commission (C(2024)5423),» 29 Marzo 2024. [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C\(2024\)5423&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C(2024)5423&lang=en).



- [17] L. Gallego, «Pasaporte digital de producto: una puerta a la transparencia. Revista UNE, (66),» 2022. [En línea]. Available: <https://revista.une.org/66/pasaporte-digital-de-producto-una-puerta-a-la-transparencia.html>.
- [18] European Defence Agency (EDA), «European Defence Agency,» s.f.. [En línea]. Available: <https://eda.europa.eu/>.
- [19] European Defence Agency (EDA), «Incubation Forum for Circular Economy in European Defence (IF CEED),» s.f.. [En línea]. Available: <https://eda.europa.eu/what-we-do/eu-policies/if-ceed>. [Último acceso: 1 Marzo 2025].
- [20] PositiveImpact, «OTA – Exploring the potential of a Digital Product Passport (DPP) in European Defence,» 2023. [En línea]. Available: <https://positiveimpact.eu/iota-exploring-the-potential-of-a-digital-product-passport-dpp-in-european-defence/>.
- [21] European Defence Agency (EDA), « What's a defence digital product passport? IOTA 2 provides answers,» 2025. [En línea].
- [22] Ministerio de Defensa de España, «Ministerio de Defensa,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.defensa.gob.es/>.
- [23] Ministerio de Defensa, «Instrucción 31/2023 sobre política de contratación medioambiental en el ámbito del Ministerio de Defensa. Boletín Oficial de Defensa, Núm. 139,» 2023.
- [24] Ministerio de Defensa, «Estrategia del Ministerio de Defensa ante el reto del cambio climático.Secretaría General Técnica.,» 2023. [En línea]. Available: [https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/e/s/estrategia\\_minisdef\\_reto\\_cambio\\_clim\\_tico.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/e/s/estrategia_minisdef_reto_cambio_clim_tico.pdf). [Último acceso: 30 Marzo 2025].
- [25] M. M. Vélez, «Logística Inversa: Economía Circular para un Ejército sostenible 2035,» pp. 76-81, 2024.
- [26] Ministerio de Defensa, «Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID),» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/estrategia/Paginas/Defensa.aspx>. [Último acceso: 5 Marzo 2025].
- [27] AIMPLAS, «AIMPLAS desarrolla un demostrador del pasaporte digital para productos plásticos.,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.implas.es/blog/implas-desarrolla-demostrador-pasaporte-digital-productos-plasticos/>.
- [28] FashionUnited, «El pasaporte digital de producto y la revolución del data sharing en la moda sostenible,» 1 Marzo 2024. [En línea].



Available: [https://fashionunited.es/noticias/empresas/el-pasaporte-digital-de Producto-y-la-revolucion-del-data-sharing-en-la-moda-sostenible-1709269368/2024030142692?utm\\_source=chatgpt.com](https://fashionunited.es/noticias/empresas/el-pasaporte-digital-de Producto-y-la-revolucion-del-data-sharing-en-la-moda-sostenible-1709269368/2024030142692?utm_source=chatgpt.com).

- [29] FashionUnited, «Paris/64 se arranca con su propio Pasaporte Digital de Producto (con experiencia de realidad aumentada),» 30 Enero 2025. [En línea]. Available: <https://fashionunited.es/noticias/moda/paris-64-se-arranca-con-su-propio-pasaporte-digital-de-producto-con-experiencia-de-realidad-aumentada/2025013044963>.
- [30] XPANDER, «Caso de Éxito: Pasaporte Digital,» s.f.. [En línea]. Available: <https://xpander.es/casos-de-exito/caso-de-exito-pasaporte-digital/>. [Último acceso: 29 Marzo 2025].
- [31] B. R. Innovation, «El pasaporte digital de producto en la automoción.,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.blueroominnovation.com/pasaporte-digital-producto-automocion-economia-circular-blockchain/>.
- [32] Panjee, «El pasaporte digital del producto,» s.f.. [En línea]. Available: <https://letsfoodideas.com/es/initiative/el-pasaporte-digital-del producto/>. [Último acceso: 29 Marzo 2025].
- [33] Ministerio de Defensa, « Orden DEF/708/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica del Ejército de Tierra (BOE-A-2020-8636),» de *Boletín Oficial del Estado.*, 2020.
- [34] Ministerio de Defensa, «Orden DEF/559/2024, de 29 de mayo, por la que se modifica la Orden DEF/708/2020, de 27 de julio, por la que se desarrolla la organización básica del Ejército de Tierra (BOE-A-2024-11777),» de *Boletín Oficial del Estado.*, 2024.
- [35] E. d. Tierra, «Desarrollo orgánico del Ejército de Tierra. Boletín Oficial de Defensa, Núm. 47,» 2021.
- [36] E. d. Tierra, «Agrupación de Apoyo Logístico nº 41,» s.f.. [En línea]. Available: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Zaragoza/aalog41/Organizacion/index.html>. [Último acceso: 30 Marzo 2025].
- [37] J. Benavides, «La futura base logística del Ejército,» 14 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.revistaejercitos.com/articulos/la-futura-base-logistica-del-ejercito/>. [Último acceso: 30 Marzo 2025].
- [38] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), «Plan de Acción de Economía Circular 2021-2023,» 2020.



- [39] Parlamento Europeo, «Economía circular: Definición, importancia y beneficios.,» 24 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201ST005603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>. [Último acceso: 2 Abril 2025].
- [40] M. d. I. Santos, «Logística militar inversa. Revista de la Academia del Guerra del Ejército Ecuatoriano, 11(1), Article 1.,» 2018.
- [41] Ministerio de Defensa, «Armamento, material y equipo del Ejército de Tierra (Número extraordinario). Revista Ejército, (759), 1–179. ISSN 1696-7178.,» 2004. [En línea].
- [42] UNESCO, «Information and communication technologies (ICT). IIEP Learning Portal.,» s.f.. [En línea]. Available: <https://learningportal.iiep.unesco.org/es/node/5419>.
- [43] T. y. S. M. Inaba, «ICT: A new taxonomy based on the international patent classification (OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2017/01.,» 2017. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1787/ab16c396-en>.
- [44] UIT, «Definiciones, estándares y metodología. ITU-D Estadísticas.,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/definitions/default.aspx>.
- [45] J. L. Ordóñez, «Códigos QR,» *Manual formativo de ACTA*, p. no 63, 2012.
- [46] E. R. López, «Tecnología NFC,» ACTA, 2021.
- [47] G. Colombia, «Guía práctica de apoyo: Estudio Calidad Sistema GS1,» 2010. [En línea]. Available: <https://gs1co.org/sites/default/files/libreria-archivos/guia-practica-apoyo-estudio-calidad-sistema-gs1.pdf>.
- [48] GS1, «GS1 DataMatrix,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.gs1.org.ar/documentos/DATAMATRIX.pdf>.
- [49] J. M. Huidobro, «La tecnología RFID,» ACTA, 2010.
- [50] Gobierno de España – Portal de la Administración Electrónica «El nuevo pasaporte digital de productos de la UE mejora su transparencia y sostenibilidad,» 20 Septiembre 2024. [En línea]. Available: [https://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/pae\\_Actualidad/pae\\_Noticias/2024/Septiembre/Noticia-2024-09-30-pasaporte-digital-productos-UE-mejora-transparencia-sostenibilidad.html](https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Actualidad/pae_Noticias/2024/Septiembre/Noticia-2024-09-30-pasaporte-digital-productos-UE-mejora-transparencia-sostenibilidad.html).
- [51] Comisión Europea (CE) «Un nuevo Plan de Acción para la Economía Circular por una Europa más limpia y más competitiva (COM/2020/98 final),» 11 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325->



6388-11ea-b735-  
01aa75ed71a1.0018.02/DOC\_1&format=PDF.

- [52] Blue Room Innovation, «Proyectos sostenibles e innovadores,» s.f.. [En línea]. Available:  
[https://www.blueroominnovation.com/proyectos-sostenibles/?\\_gl=1\\*3jdb7q\\*\\_up\\*MQ..\\*\\_gs\\*MQ..&gclid=CjwKC AiAk8G9BhA0EiwAOQxmfj61gEQU6MpblYv6tRNf0grUdV3OogKqDfM9BSzl\\_g4R0DDvb2xbRoCgSAQAvD\\_BwE](https://www.blueroominnovation.com/proyectos-sostenibles/?_gl=1*3jdb7q*_up*MQ..*_gs*MQ..&gclid=CjwKC AiAk8G9BhA0EiwAOQxmfj61gEQU6MpblYv6tRNf0grUdV3OogKqDfM9BSzl_g4R0DDvb2xbRoCgSAQAvD_BwE)
- [53] Ihobe, «Pasaporte Digital de producto: ¿en qué consiste y cómo se va a aplicar?,» s.f.. [En línea]. Available:  
<https://www.ihobe.eus/agenda/pasaporte-digital-producto-en-que-consiste-y-como-se-va-a-aplicar-2>.
- [54] Asociación Española de Normalización (UNE), «Pasaporte digital de producto: una puerta a la transparencia.,» Febrero 2024. [En línea]. Available: <https://revista.une.org/66/pasaporte-digital-de-producto-una-puerta-a-la-transparencia.html>.
- [55] Unión Europea (UE), «BOE,» 13 Junio 2024. [En línea].
- [56] Comisión Europea (CE), «C(2024)5423 – Comunicación de la Comisión: Directrices para la implementación del Reglamento (UE) 2024/1781 sobre productos sostenibles. Bruselas,» 2024. [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C\(2024\)5423&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=C(2024)5423&lang=en).