

---

# TRANSICIÓN HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR Y SOSTENIBILIDAD DE LA INDUSTRIA DE DEFENSA. ESTUDIO DE LOS CASOS DE NAVANTIA Y AIRBUS MILITARY

**VALENTÍN MOLINA MORENO**

Universidad de Granada

**PEDRO NÚÑEZ-CACHO UTRILLA**

Universidad de Jaén

**FRANCISCO GÁLVEZ SÁNCHEZ**

Universidad Miguel Hernández

La preocupación de la sociedad por cuestiones medio ambientales es cada día más notable. Desde los acuerdos de París 2015, se continúa el proceso de identificación de acciones que posibiliten la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, adicionales a las ya comprometidas por estos países firmantes. Los retos de la Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible, persiguen un proceso de transformación de los insostenibles modelos

de producción actuales (Montalbán, Gassó, Garro y Sallé, 2018; Carrasco, Mataix y Carrasco, 2018). Por tanto, se necesitan estrategias de transición hacia los modelos más sostenibles, generando menos externalidades negativas, considerando éstas como el efecto de desbordamiento de cualquier transacción que tiene lugar entre dos individuos o entidades, como puede ser la contaminación (Ozsabuncuoglu, 1996). Por otro lado, es evidente el estrés sistémico medioambiental de nuestra sociedad actual, caracterizado por el crecimiento exponencial de ciertos indicadores clave, como el crecimiento de la población, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, la energía, el agua, los minerales y los recursos naturales (Reh, 2013).

Este rápido deterioro ambiental ha llevado a los países más industrializados a alcanzar nuevos acuerdos que implican una reorientación de la forma en que estamos produciendo, según los compromisos del Acuerdo de París (2015), en el marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, donde

se establecieron medidas para reducir las emisiones de dióxido de carbono a partir de 2020. Por todo ello desde instituciones supranacionales como la ONU se han elaborado estrategias para que todos los países tengan como referente el concepto de desarrollo sostenible (Agenda para desarrollo sostenible, 2015). Los nuevos enfoques de política adoptados por la Unión Europea (Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, Hoja de ruta hacia una economía hipo carbónica competitiva en 2050) requieren que las empresas cambien su posición actual al nuevo escenario de la Economía Circular (CE), según los reglamentos de la Comisión Europea (2012; 2015<sup>a</sup>). En sus resoluciones, se han diseñado programas específicos para promover la economía circular. Y lo más importante, se ha creado un calendario regulatorio que incluye restricciones ambientales, con una serie de desafíos específicos para las próximas décadas.

Por todas estas razones, la sostenibilidad, entendida como su capacidad de supervivencia a largo plazo,

ha entrado de lleno en la cultura de las organizaciones (Uruburu, Fisac, Yáñez y Carrasco, 2018). Hay que prestar atención a los problemas ambientales, que cada vez son más relevantes, especialmente desde el desarrollo de teorías como la funcionalidad, la ecología y el desarrollo sostenible. Además, de esta preocupación global y creciente de las empresas por la sostenibilidad, encontramos una serie de desafíos globales relacionados con esta materia que están afectando no solo el desarrollo actual de los negocios, sino también el futuro de la actividad empresarial (Stafford, Duncan, Dane y Winter, 1999).

En estas circunstancias, el desafío para las empresas es preservar el medio ambiente y, al mismo tiempo, abordar la escasez de recursos. Aquí los principios de la economía circular aparecen como una respuesta a la demanda de las empresas causada por sus preocupaciones ambientales (Lieder y Rashid, 2016; Núñez-Cacho *et al.* 2018b; Zengwei y Moriguichi, 2016). La economía circular es un paradigma de gestión empresarial que facilitará la transición de la empresa hacia un modelo más sostenible.

La industria de defensa necesita incorporar los principios de la economía circular a su manera de gestionar. La propia Unión Europea quiere impulsarlo mediante el fomento de programas de ayudas en el entorno H2020. Estos incentivos de hoy pueden dar paso en un futuro próximo a una serie de exigencias medioambientales relacionadas con la producción de este sector.

Por ello, el objetivo de este artículo es conocer la situación actual de la aplicación de políticas de economía circular de las empresas de la industria de defensa, de modo que les permita diseñar estrategias y generar un nuevo modelo de gestión hacia la E.C. Este trabajo se articula en dos partes diferenciadas, por un lado, damos a conocer las principales características de la EC y planteamos un modelo de gestión para que pueda ser utilizado por el sector de la industria de defensa y le sirva como referente de metodología. Posteriormente, analizamos los casos de dos firmas del sector de defensa y de sus buenas prácticas relacionadas con la EC.

## MARCO TEÓRICO

### Antecedentes de la Economía Circular

En los últimos años, las empresas han introducido en sus temas de gobierno corporativo aspectos relacionados con las preocupaciones ambientales y sociales. Temas como la responsabilidad social corporativa (Marques, Presas y Simon, 2014) o la economía verde, son predecesores que han allanado el camino para el avance de este nuevo paradigma: la EC. La economía verde, como antecedente de la EC, se basa en la idea de que debemos luchar contra aquellos sistemas que no dan prioridad a los problemas ambientales. Esta corriente promueve una nueva economía preocupada por las bajas emisiones de carbono, la utilización de los recursos de forma eficiente y además es socialmente incluyente, teniendo como principales objetivos mejorar las condiciones de vida y disminuir la desigualdad social, los riesgos ambientales y la esca-

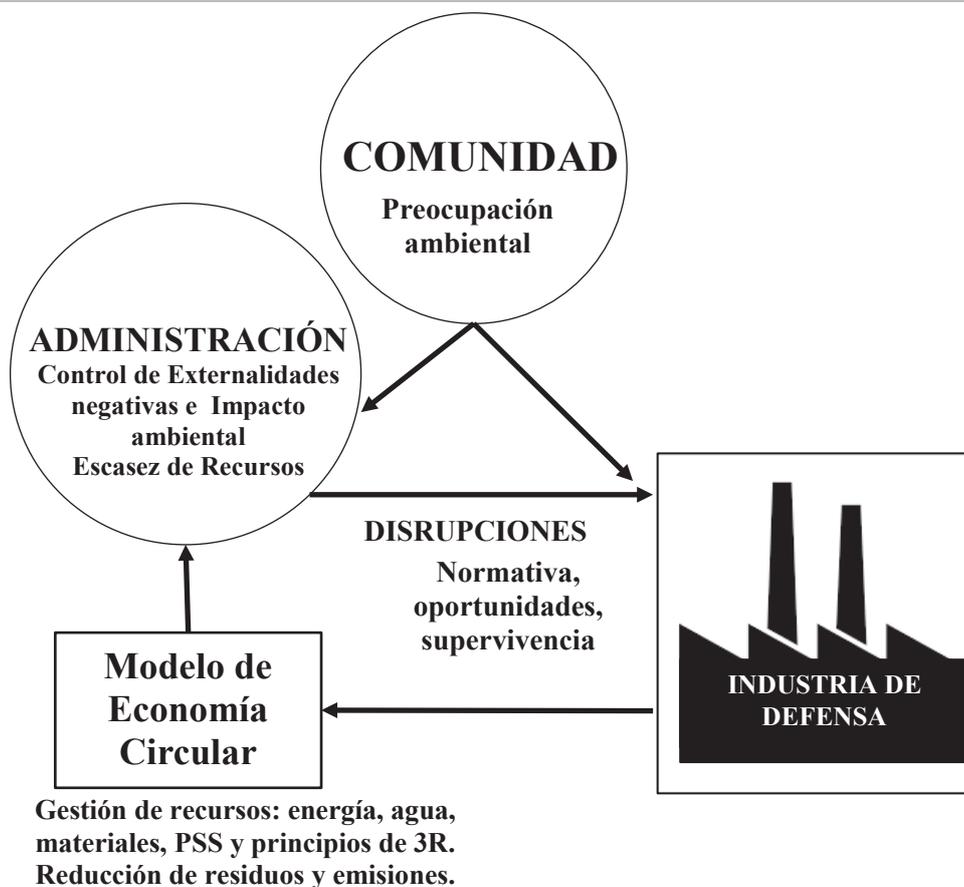
sez ecológica (Campos, 2011). Posteriormente apareció la idea de economía azul, teoría basada en un sistema en cascada, en el que un desecho se reutiliza y se transforma en un nuevo producto para un siguiente proceso. Este concepto fue diseñado por Gunter Pauli, autor del informe al Club de Roma (Pauli, 2012). Finalmente, aparece la EC, que incluye conceptos procedentes de la economía verde, de la economía azul y de la teoría de ecología industrial, entre otros.

### Concepto de Economía Circular

La EC es una economía industrial que es restaurativa y regenerativa por intención y diseño (Lieder y Rashid, 2016; Ellen Macarthur Foundation, 2013). Está diseñada para depender de la energía renovable, minimizando el uso de energía fósil. En general, elimina o mitiga el uso de productos químicos tóxicos y residuos mediante un diseño cuyos principales requisitos son la minimización de recursos empleados en la fabricación y la reducción del balance energético de producción, huella hídrica y huella de carbono. Por todo ello podemos considerar que una empresa produce bajo el paradigma de la EC cuando considera que su proceso de producción es regenerativo respecto a los insumos utilizados y presenta un bajo impacto ambiental en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y de huella hídrica. Por tanto, la producción bajo el paradigma de la EC se busca la optimización del proceso de producción y minimización de externalidades negativas generadas. Es regenerativa por diseño, la energía que utilizada es renovable y reduce el uso de residuos químicos (Núñez-Cacho *et al.* 2018b; Molina *et al.* 2018). Estos conceptos se refuerzan con los siguientes principios:

1. Se vende el uso de los productos y no el material, por lo tanto, el consumidor simplemente usa el producto y el proveedor es el responsable de reciclar el material. Los clientes pueden comprar el uso como un servicio, y cuando el producto se vuelve obsoleto, se recupera y renueva.
2. La reutilización es un símbolo de buena gestión. El principio 3R (reducir, reutilizar y reciclar) contribuye a reducir la presión sobre el stock de recursos globales (Reh, 2013). Según Walter y Stahel (2013): «En el pasado, la reutilización era una escasez de estrategias y la pobreza. Hoy en día, son signos de una gestión eficiente de los recursos».
3. La EC se basa en los biomiméticos del ciclo de vida, pero se traduce en una situación tecnológica. La teoría «de la cuna a la cuna» es un tema importante de la EC, ya que trata de imitar a la naturaleza, es el proceso de reciclaje biológico, pero con materiales industriales (Blériot, 2013). Así aparece el concepto de nutrientes biológicos y tecnológicos. Los nutrientes biológicos son materiales que pueden ser renovados sin proceso humano. El reciclaje del nutriente biológico se realiza mediante diversos procesos bioquímicos, como la conversión en biomasa; la digestión anaerobia en la que material orgánico remueve microorganismos y produce biogás; y el compostaje aplicado a la restauración del suelo.

FIGURA 1  
MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR APLICADO A LA INDUSTRIA DE DEFENSA



Fuente: ROSS *et al* (2006) y elaboración propia

Por su parte, los nutrientes tecnológicos son materiales que no pueden ser procesados por la biosfera, por lo que son los seres humanos los encargados de su proceso. Por ello, para garantizar la sostenibilidad de los sistemas, en esta transformación se debe ahorrar energía y material tanto como sea posible. Los nutrientes tecnológicos necesitan una acción humana específica en cada paso del flujo circular (EMF, 2013). Los materiales se reciclarán completamente, basándose en la idea de biomimetismo, lo que implica que un recurso se transforma y se reintegra a la biosfera sin necesidad de ningún tipo de proceso químico. Gracias a estos procesos de transformación, los productos se convierten en nutrientes tecnológicos y se contribuye a la reducción de emisiones y residuos.

Todos estos principios deben aplicarse progresivamente a las empresas de la industria de defensa, incorporando nuevas soluciones tecnológicas y modelos de negocio con una producción, consumo y gestión de residuos cada vez más sostenible (Urbinati, Chianroni y Chiesa, 2017). Además, en el caso concreto de las fuerzas armadas de la UE, importante consumidores de energía, disminuirán sus costes operativos a través de uso de medidas de eficiencia energética y de energía renovable y generarán menores emisiones de CO<sub>2</sub> (Molina *et al.* 2018).

## ECONOMÍA CIRCULAR E INDUSTRIA DE DEFENSA ↓

### Caracterización del sector ↓

El sector industrial de defensa puede ser considerado como estratégico pues la capacidad defensiva de un país depende de los productos y servicios que proporciona (Martí, 2013), encontrándose históricamente en una situación de oligopolio (Molas, 1990; Álvarez y Fonfría, 2000; Gil, 2002). Esto ha cambiado, pues de acuerdo con la información del 2016 facilitada por el Ministerio, operaban 578 empresas en el sector. De ellas, 407 declararon ventas al mismo, mientras que los 171 restantes sólo operaron en el ámbito civil. El volumen de ventas directas del sector fue de 986 millones de euros, mientras que las ventas indirectas ascendieron a 1.162 millones de euros (DGAM, 2016).

En cuanto a las exportaciones, se elevan hasta los 4.933 millones de euros, mientras que las importaciones ascienden a 2.683 millones de euros (INE, 2017). El perfil del sector industrial en cuanto al tipo de empresas es el siguiente: un 18,2% son grandes empresas, un 26,8% son medianas empresas, el 37,1% son pequeñas empresas, mientras que un

17,9% son microempresas (MINETUR, 2016). Desde el punto de vista del empleo, generan en torno a 188.432 puestos de trabajo directos y 269.458 indirectos. Todos estos datos ponen de relevancia la importancia para la economía española de este sector y la necesidad de que evolucione de acuerdo con las demandas legales, sociales y medioambientales.

### Transición al modelo de producción basado en la EC e impacto ambiental

El proceso de transición hacia la EC es gradual e infinito y necesita impulsores que lo aceleren (Núñez-Cacho *et al.* 2018a). Estos impulsores pueden ser de dos tipos: primero, factores de responsabilidad social y ambiental, que permiten a la empresa reconocer la necesidad de transformarse para ser sostenible en el largo plazo. Segundo, factores legales y éticos, derivados de las normativa regulatorias emitidas por la Administración y que propician la transformación de los procesos de producción buscando mayor eficiencia y menor impacto ambiental.

La transición de la empresa hacia la EC está también sustentada en elementos como el «*Product as a Service*» PSS (producto como servicio). La empresa no vende el producto, sino el uso del mismo por un periodo de tiempo determinado, creando más valor que la simple compraventa u ofertas de productos y servicios (Mahut *et al.*, 2017). El modelo PSS garantizará el retorno de los bienes tras su uso a las empresas, quienes gestionarán el final de su vida útil. Este retorno se hace a través de la cadena de suministro inversa de la empresa. Así se consigue una interacción dinámica entre el modelo de negocio, el diseño del producto, la gestión de la cadena de producción, proveedores y clientes, al tratar todos estos elementos como parte integral del fabricante (Lieder y Rashid, 2016). Para que el producto vuelva a la empresa tras su uso, se requiere una logística inversa, definida como un proceso mediante el cual una entidad de fabricación recupera sistemáticamente los productos o piezas enviados previamente desde el punto de consumo para su posible reciclaje, remanufactura o eliminación. Un sistema logístico inverso constituye una cadena de suministro que diseñada para gestionar sistemáticamente el flujo de piezas y productos destinados a la remanufactura, al reciclaje o a las actividades de eliminación.

Esta cadena de suministro mejorada, que incluye la logística inversa, es capaz de usar efectivamente recursos que no se consideraron o utilizaron previamente (Dowlatshahi, 2010). La relevancia de la cadena de suministro inversa es que permite cerrar el bucle del producto, convierte el sistema en circular y garantiza la devolución de los recursos a la empresa. Por ello, si no se gestionan los flujos de logística inversa, el sistema de producción no podrá considerarse circular y por tanto, no estaremos dentro del modelo de EC. En la figura 1 recogemos de manera gráfica el modelo propuesto.

## SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR: ESTUDIO DE LOS CASOS DE NAVANTIA Y AIRBUS MILITARY

### Introducción

El propósito de la investigación es comprobar empíricamente como están implementando las empresas de la industria de defensa el modelo de EC. Para ello se emplea la metodología de investigación «*report analysis*». La muestra son dos empresas con una alta participación en este mercado de la industria de defensa española, reconocidas por su experiencia y capacitación en este sector industrial: Navantia y Airbus Military. La evidencia interna recogida para el análisis son las memorias de sostenibilidad, las cuentas anuales, el informe anual, diversos *reports* informes internos de los ejercicios 2014, 2015, 2016 y 2017. La evidencia externa se ha recogido de publicaciones especializadas, de la Administración pública, de las bases de datos SABI y CIVEX, de informes de organismos oficiales y noticias y comunicados aparecidos en medios de comunicación.

### Caso Navantia

Navantia es una empresa incluida en la industria de defensa, concretamente del sector de la Industria Naval. Está dedicada, entre otras actividades, a la construcción y mantenimiento de buques civiles y militares. En el análisis de la información de la empresa observamos que la estrategia de la compañía integra ideas de sostenibilidad, concretamente en su misión señala «...ser una empresa sostenible de la industria naval, estratégica e internacional. El compromiso de desarrollo sostenible, constituye una prioridad en la gestión...». «...es prioritario el respeto y el compromiso con el medio ambiente, estableciendo medidas alternativas respetuosas con el entorno y contribuyendo a la preservación y conservación de la biodiversidad...» (Navantia, 2017).

### Recursos

Para analizar las políticas relacionadas con los recursos, hemos estudiado la aplicación de la filosofía 3R's (reducir, reusar y reciclar). En lo que respecta al reciclaje, Navantia mantiene un convenio de cooperación con Ecoembes en su centro de la Bahía de Cádiz para la recogida y reciclaje de envases domésticos. También se recoge en las Instrucciones internas de contratación de Navantia, de 20-06-2018 en su apartado h) que «...los contratos cuya ejecución pueda tener un impacto significativo en el medio ambiente, en cuya adjudicación se valorarán condiciones ambientales mensurables, tales como el menor impacto ambiental, el ahorro y el uso eficiente del agua y la energía y de los materiales, el coste ambiental del ciclo de vida, los procedimientos y métodos de producción ecológicos, la generación y gestión de residuos o el uso de materiales reciclados o reutilizados o de materiales ecológicos...» De este modo observamos que existe una preocupación dentro de la organización por la reducción de su impacto ambiental, que además se transmite a su cadena de suministro.

Analizando el uso de agua, se observa que Navantia busca la mejora de su eficiencia, por ejemplo ha llevado a cabo actuaciones como la adquisición y montaje de nueva bomba de achique en tanque de lixiviado exterior y puesta en marcha de nuevos decanter y purificadora en la planta de El Ferrol. Además, para mejorar la gestión del agua ha intensificado los controles previos a los vertidos a la red de saneamiento municipal, reduciendo estas externalidades negativas. Por otra parte, en la dársena de Cartagena se están realizando controles de las aguas captadas al mar para la refrigeración de motores del banco de pruebas, previamente a su vertido.

En lo que se refiere a política energética de Navantia, en la información analizada se aprecia un esfuerzo para reducir el impacto ambiental. Por ejemplo, ha firmado un contrato con Acciona para el suministro exclusivo de energía renovable durante 2019 y 2020. Esto supondrá una importante reducción de emisiones y mejorando el balance de sostenibilidad de la compañía. También firmó con la misma compañía un acuerdo de colaboración en el campo de la energía eólica marina, comprometiéndose ambas empresas a desarrollar de manera conjunta proyectos tecnológicos e industriales para el despegue de este tipo de energía renovable, con gran potencial de crecimiento, desarrollo tecnológico y capacidad de generación de empleo.

### Gestión de externalidades negativas

En lo que se refiere a residuos, Navantia gestiona residuos peligrosos y no peligrosos. Se observan actuaciones en centro concretos encaminadas a la mejora de esta gestión, como la creación de un nuevo tanque de almacenamiento de residuos oleosos y la reforma de rebose del tanque de almacenamiento. Además, ha realizado el galvanizado y montaje de casetas anti-derrame. Otra actuación importante en materia de residuos han sido las obras de acondicionamiento del Almacén de Residuos de Ferrol y la continuación de obra de reposición de solera, construcción de muro divisorio y reparación de cubierta de cubetos. Por otra parte, en el astillero de Fene, Navantia ha desmantelado los depósitos de hidrocarburos del antiguo Almacén de Residuos Peligrosos.

Por otra parte, sobre reducción de emisiones, la compañía forma parte desde el 2013, del proyecto JOULES (*Joint Operation for Ultra Low Emission Shipping*), cuyo objetivo es la reducción de gases de efecto invernadero producidos por el sector marítimo europeo. Este proyecto está subvencionado por la Unión Europea bajo el amparo del 7º Programa Marco y está coordinado por el astillero alemán FlensburgerSchiffbau-Gesellschaft y agrupa un consorcio de 39 empresas buscando sistemas de valoración y evaluación de la eficiencia energética global del buque en todo su ciclo de vida, desde su construcción hasta su desguace. Integra por tanto el análisis de ciclo de vida como instrumento para el control de las emisiones. Entre los planteamientos del proyecto aplicables a nuestro caso de estudio destacamos la utilización de modelos y simulaciones inteligentes de gestión energética en buques, desarrollo de tecnologías que permitan la reducción a corto y

largo plazo la emisión de gases de efecto invernadero (GWP), junto al apoyo a análisis intersectoriales para conseguir tecnologías que permitan cero emisiones.

Por otro lado, el empleo de tecnologías 4.0 permite a Navantia desarrollar un catálogo de productos y servicios digitales, incorporando nuevos modelos de negocio más flexibles y adaptados a las necesidades actuales y futuras de sus clientes. Estas tecnologías permitirán a la compañía la reducción de la huella medioambiental a través de soluciones orientadas a reducir desechos, emisiones y consumo de recursos (Navantia, 2017).

### Cadena de suministro

Como se ha recogido en apartados anteriores, Navantia dispone de una normativa específica de adquisición de bienes y servicios que buscan reducir el impacto ambiental global de la cadena de suministro. También desde el proyecto Joules se impulsan acciones tendentes a la mejora tecnológica compartida con los demás proveedores de la compañía, con la misión de mejorar la sostenibilidad ambiental de la empresa.

### Otros aspectos

Uno de los aspectos más destacable de Navantia es su alto grado de implantación de certificaciones ambientales, con un Sistema de Gestión Ambiental implantado y certificado conforme a la Norma UNEEN ISO 14001:2004 y otros complementarios como el análisis de los Riesgos Ambientales de acuerdo a la UNE 150008:2008. Además, verifica los requisitos recogidos en el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques (MARPOL 73/78).

### Caso Airbus Military

Airbus Military es una división de Airbus S.A.S. encargada de la fabricación de aviones para el transporte militar, aunque también dispone de variantes civiles. Se dedica también de la transformación de aviones de pasajeros en aviones militares de reabastecimiento en vuelo y presta servicios de mantenimiento, reparación y actualización para aviones militares.

### Recursos: 3 R, Reducir, reciclar y reusar

En lo que se refiere a la reutilización, la compañía está desarrollando programas de transformación de aviones de pasajeros en aviones de suministro. Sobre el uso de materiales, está trabajando en impresión en 3D con The Biomimicry Institute y con la Fundación Ellen MacArthur para explorar un agente de impresión multipropósito originado a partir de materiales regenerativos de base biológica. Aprovechando los beneficios de la innovación en materiales se podría evitar una cantidad significativa de desperdicio de materiales en el proceso.

Dentro de la gestión del uso del Agua, la compañía realiza diversas actuaciones tendentes a reducir su consumo. Por ejemplo, en lugar de utilizar agua potable para las necesidades industriales y sanitarias, se

está tratando el agua de río, lo que supone un ahorro significativo de este recurso. Otras medidas destacadas han sido la instalación de urinarios sin agua, la utilización de bombas enfriadas por aire en lugar de las refrigeradas por agua y los programas de proceso de miles de toneladas de efluentes líquidos cada año.

Sobre uso de energía, Airbus Military busca reducir su consumo de energía mediante distintas medidas, como la utilización de iluminación LED altamente eficiente, la mejora del aislamiento, la utilización de temporizadores mejorados y de sensores de movimiento.

También son destacables las actuaciones en cuanto al reciclaje. Un avión nuevo tiene una vida útil de diseño estimada de 20 a 30 años, tras la cual suele ser almacenado, demolido o reciclado (Chandler, 2013). Actualmente, un importante número de aeronaves están siendo almacenadas en cementerios, estrategia costosa considerando la pérdida de ingresos por revalorización de materiales, mantenimiento de la instalación y el uso de la tierra (Overcash, Asmatulu y Twomey, 2013; Holland, 2014; Jensen y Remmen, 2017).

Además, en los últimos años la vida útil real del servicio está disminuyendo, desechándose aviones de 15 años o menos (Keivanpour, Ait-Kadi y Mascle, 2013; Todd, 2013). El criterio ya no es las horas de vuelo o edad, sino el valor relativo de una aeronave de su vida útil (Heerden, y Curran, 2010). Las estimaciones indican que entre 8.500 a 12.500 aviones estarán al final de su vida útil en los próximos 20 años (Canada, 2014).

Por ello el tratamiento del avión en su última fase del ciclo de vida es un tema clave en la industria de reciclaje. En 2005 se diseñó el proceso de gestión avanzada de final de vida de aeronaves (PAMELA), que demostró la posibilidad de reciclar el 85% de los componentes del avión, lo que supuso un avance significativo sobre la tasa anterior del 60%, con una reducción efectiva de residuos enviados a vertedero. La experiencia de Airbus demostró que un mapeo del material en la fase de diseño, apoyaría el reciclaje de alto valor y eliminaría la necesidad del análisis espectrométrico (ACV). Además, se destacó que la complejidad en la composición de la aeronave y el ensamblaje del material actuaban como un obstáculo para lograr mayores tasas de reciclaje (Life, 2005; Chandler, 2013).

### Gestión de externalidades negativas

En su política de gestión de residuos, las distintas fábricas de la compañía se van incorporando a un modo de producción más sostenible, empleando nuevos sistemas que ayudan a reducir el consumo de papel o a la promoción en áreas de reciclaje del objetivo cero residuos.

Sobre emisiones de CO<sub>2</sub>, la compañía se esfuerza en reducir sus emisiones con medidas muy diversas. Desde flotas de automóviles eléctricos hasta calderas de biomasa que utilizan madera de los bosques locales. Además, se han instalado decenas de miles de paneles fotovoltaicos, además de sistemas combinados de calefacción y energía que ofrecen una forma eficiente de generar calor y electricidad con bajas emisiones.

### Cadena de Suministro

En la cadena de suministro global de Airbus trabajan proveedores de más de 100 países. Se les quiere comprometer en su camino hacia la sostenibilidad, compartiendo un compromiso para mejorar el desempeño social y ambiental, impulsado constantemente valores de integridad y transparencia. La compañía diseña e integra productos aeroespaciales y de defensa complejos, aprovechando una amplia cadena de suministro. Al subcontratar una parte importante de sus actividades, la cadena de suministro es un elemento estratégico y una parte integral de su ecosistema. Por ello la empresa se compromete a garantizar, en la medida de lo posible dentro de su propio ámbito de responsabilidad y obligaciones legales, que los proveedores gestionen los posibles impactos adversos de sus actividades.

### Otros aspectos

Innovación. Para alcanzar el ambicioso objetivo 2050, la compañía está buscando activamente nuevos enfoques disruptivos en tecnología, que les permitan por ejemplo, hacer frente a la entrega de nuevos aviones como el A350 XWB, que es un 25% más eficiente que la generación anterior, o seguir programas de innovación como Bluecopter.

Han progresado rápidamente en la propulsión eléctrica con el E-Fan, un avión completamente eléctrico, y Airbus se basará en sus descubrimientos para desarrollar aún más el potencial de la propulsión híbrida eléctrica desarrollando el demostrador de vuelo a corto plazo E-Fan X a través de una asociación con Rolls-Royce y Siemens. Su investigación y desarrollo también se enfoca en combustibles bajos en carbono, reducción de ruido, formas innovadoras de operar el avión y formas sostenibles de compensar las emisiones.

### CONCLUSIONES

La transición de la industria de defensa hacia modelos de producción más sostenibles es inevitable. Les hará más competitivos y les permitirá sobrevivir en el medio y largo plazo. La EC marca una serie de principios que redundan en la mejora de la gestión de la producción. En este trabajo hemos analizado la necesidad de abordar aspectos como la mejora de la eficiencia energética apoyada en el uso de energías renovables, la implementación de los principio 3R, reducir, reusar y reciclar, la gestión eficiente de los recursos naturales, como el agua o los materiales o la implantación del modelo de producto como servicio. Todas estas medidas contribuirán a reducir el impacto ambiental por la disminución de la huella de carbono de las empresas del sector.

Las dos compañías analizadas muestran como avanzan hacia modelos de producción más sostenibles, inspirados en principios de la EC. Están realizando esfuerzos en la aplicación del sistema 3R's (reusar, reducir, reciclar). Como ejemplo, Navantia ha suscrito convenios para mejorar los niveles de reciclaje y gestión de residuos. Igualmente, Airbus Military implementa programas para recuperar los

materiales al final del ciclo de vida de las aeronaves. En lo que respecta a gestión energética, ambas compañías desarrollan prácticas para mejorar su eficiencia. Así, destacamos que Navantia busca el abastecimiento exclusivamente de energías renovables. Por su parte, Airbus está llevando a cabo actuaciones basadas en la utilización de la iluminación LED, o la aplicación del internet de las cosas para la reducción del consumo energético mediante sensores de movimiento y temporizadores mejorados entre otros. De este modo, con estas y otras prácticas, las dos compañías se acercan a los principios de producción de la EC, basándose en la gestión de los recursos, materiales, energía y agua, presentando cada año mejores índices de eficiencia.

Igualmente, en lo que se refiere a emisiones y residuos, ambas compañías han llevado a cabo medidas tendientes a reducir estas externalidades negativas. Así, en el caso de Navantia destacamos la mejora de las instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos y no peligrosos, desmantelándose depósitos obsoletos y reemplazándose por otros más seguros. Otra actuación relevante de este caso es la incorporación al consorcio JOULES para conseguir reducir las emisiones de los buques fabricados. En el caso de Airbus los programas de reciclaje a término de la vida útil de las aeronaves están mejorando los indicadores de residuos generados y la sostenibilidad de sus productos. Han incorporado también otras medidas buscando el objetivo cero residuos, calderas de biomasa, paneles fotovoltaicos y generación de energía con bajos niveles de emisiones.

En resumen, las externalidades negativas generadas en los procesos de producción deben ser reducidas, siendo esto además un argumento de competitividad, toda vez que los clientes muestran cada vez mayor preocupación por el impacto ambiental de los productos. Por tanto, la industria de defensa tiene ante sí un reto fundamental y debe adaptarse, en línea con lo planteado desde la Unión Europea, a los nuevos requerimientos de gestión, producción y prestación de servicios.

Entendemos que es necesario que desde la Administración se deben plantear estrategias específicas para este fin, como el desarrollo de un plan de transición hacia la EC para el sector, que haga referencia a los aspectos que se han ido abordando a lo largo de este trabajo: gestión de los recursos basada en 3R's, cuidado y ahorro de materiales, empleo de energías renovables, gestión eficiente del agua y reducción de externalidades negativas derivadas de las emisiones y desechos generados. En este sentido proponemos la creación de grupos de trabajo para, por un lado caracterizar los recursos e insumos relacionados con su sistema de producción y conocer la potencialidad de los productos finales tras su uso, para emplearse como nutrientes tecnológicos en otros procesos de producción.

## REFERENCIAS

Álvarez, I., Fonfría, A. (2000): «Estructura e innovación en la industria de defensa española», *Economistas*, 85, 102-121.

Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics. *Sustainability Science*, 2, 133-140. Doi: 10.1007/s11625-006-0013-6

Blériot J. (2013). Cradle to Cradle – products, but also systems. Ellen Macarthur Foundation. Retrieved from <http://goo.gl/K87JHB>

Campos, M. (2011). Hacia la sostenibilidad. *Éxito empresarial*, 151, 1-4.

Canaday, H. (2014). Scrambling for Parts. *Aviation Week & Space Technology*, 7 April.

Carrasco, J., Mataix, C., Carrasco-Gallego, R. (2018). La ingeniería de organización en perspectiva: enfoque emergente para afrontar el reto de la sostenibilidad. *Economía Industrial*. 407, 51-60

Chandler, C. (2013). Aircraft Recycling - Going green and growing. *Turbine Technology*, pp. 18-24.

Dirección General de Armamento y Material (2016). *La Industria de Defensa en España. Informe 2016. Version 2.*

Dowlatshahi, S. (2010). A cost-benefit analysis for the design and implementation of reverse logistics systems: case studies approach. *International Journal of Production Research*, 48 (5) 1361-1380 <https://doi.org/10.1080/00207540802552642>

Ellen Macarthur Foundation (2013). Interactive system diagram. Retrieved from <http://goo.gl/uqLP4>

Ellen Macarthur Foundation Editorial Team (2013). The circular model – brief history and schools of thought. Ellen Macarthur Foundation. Retrieved from <http://goo.gl/KHZpJ7>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., Hultink, E.J. (2017). The circular economy- A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 143, 757-768

Gil, J. A. (2002): «Reestructuración de la industria de defensa en España», en *La reestructuración de las industrias de defensa*, Gil, J. A. (coord.), Minerva Ediciones, pp. 53-76.

Holland, J. (2014). From cradle to cradle: The aim of the aircraft recycling industry,» *Aircraft Technology -Engineering & Maintenance*, 30-33.

INE (2017). Instituto Nacional de Estadística.

Jensen, J.P. y Remmen, Arne. (2017). Enabling Circular Economy through product stewardship. *Procedia Manufacturing*. 8, 377-384. 10.1016/j.promfg.2017.02.048.

Keivanpour, S., Ait-Kadi, D. y Mascle, C. (2013). Toward a Strategic Approach to End-of-Life Aircraft Recycling Projects,» *Journal of Management and Sustainability*, vol. 3, no. 3, pp. 76-95.

Lieder M., Rashid A. (2016). Towards Circular Economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry,» *Journal of Cleaner Production*, Volume 115, (1): 36-51.

LIFE - European Commission. (2005).»PAMELA - Process for Advanced Management of End of Life of Aircraft,»Airbus.

Mahut, F., Daaboul, J., Bricogne, M., yEynard, B. (2017). Product-Service Systems for servitization of the automotive industry: a literature review. *International Journal of Production Research*, 55(7), 2102-2120.

Marques, P., Presas, P. y Simon, A. (2014). The Heterogeneity of Family Firms in CSR Engagement: The Role of Values. *Family Business Review* 0894486514539004, first published on June 23, 2014 doi: 10.1177/0894486514539004

MartíSempere, C. (2013). La industria de la defensa. Principales características y eficiencia de un sector estratégico. *Economía Industrial*, 388, 169-182.

MINETUR (2016). Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España.

Molas-Gallard, J. (1990): «Spanish participation in the international developmental production of arms systems», *Defence Analysis*, vol. 6, n.º 4, pp. 351-365.

Molina-Moreno, V.; Leyva-Díaz, J.C.; Sánchez-Molina, J. Pellet as a technological nutrient within the circular economy model: Comparative analysis of combustion efficiency and CO and NOx emissions for pellets from olive and almond trees. *Energies* 2016, 9, 777.

Molina-Moreno, V.; Núñez-Cacho Utrilla, P.; Cortés-García, F.J.; Peña-García, A. (2018). Use of LED Technology and Biomass to Power Public Lighting in a Local Context: The Case of Baeza (Spain). *Energies*, 11, 1783.

Montalbán, J.F., Gassó, J., Garro, I., Sallé, C. (2018). Respuestas organizativas para la agenda de objetivos de desarrollo sostenible. *Economía Industrial*. 498, 77-88.

Núñez-Cacho, P.; Górecki, J.; Molina-Moreno, V.; Corpas-Iglesias, F.A. (2018a). What Gets Measured, Gets Done: Development of a Circular Economy Measurement Scale for Building Industry. *Sustainability*, 10, 2340.

Núñez-Cacho, P.; Molina-Moreno, V.; Corpas-Iglesias, F.A.; Cortés-García, F.J. (2018b). Family Businesses Transitioning to a Circular Economy Model: The Case of «Mercadona». *Sustainability*, 10, 538.

Overcash, M. E. Asmatulu, E. y Twomey, J. (2013) Recycling of Aircraft: State of the Art in 2011. *Journal of Industrial Engineering*, 1-8, 2012.

Ozsabuneuoglu, I. H. (1996). Evaluation of Negative Externality by Polluters. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 14(4), 489-500. <https://doi.org/10.1068/c140489>

Pauli, G (2012). *The Blue Economy*. Retrieved from <http://goo.gl/kiAsmN>.

Reh, L. (2013). Process engineering in circular economy. *Particology*, 11 (2) 119-133. doi:10.1016/j.partic.2012.11.001

Stafford, K., Duncan, K. A., Danes, S. y Winter, M. (1999): «A research model of sustainable family business». *Family Business Review*, 12, (3), 197-208.

Stahel, Walter R (2013). Policy for material efficiency—sustainable taxation as a departure from the throwaway society. *Philosophical Transaction of Royal Society A*. DOI: 10.1098/rsta.2011.0567

Todd, M. (2013). Creative developments: End-of-life solutions. *Airline Fleet Magazine*, pp. 28-31.

United Nations. *The 2030 Agenda for Sustainable Development*; 2015. Available online: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

Urbinati, A; Chianroni, D; Chiesa, V. (2017). Towards a new taxonomy of circular economy business models. *Journal of Cleaner Production*, 168, 487-498

Uruburu, A. Fisac, R., Yáñez, S., Carrasco-Gallego, R. (2018). Organizaciones que apuestan por la sostenibilidad como clave del éxito. *Economía Industrial*. 408, 73-84

Zengwei, Y., Bi, J., y Moriguchi, Y. (2006). The Circular Economy: A New Development Strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), 4-8.