

Sobre la modernización de los vehículos blindados y su relación con el coste de ciclo de vida

On the armoured vehicles upgrading and its connection to life cycle cost

Vicente González-Prida Díaz^{1,2}

¹ Universidad de Sevilla, España

² UNED, España

v.gonzalezprida@gmail.com

RESUMEN. La decisión de afrontar un gran programa de adquisiciones para la defensa suele tener muy presente los costes que supone. Si bien en ocasiones tal decisión queda delimitada a la consideración de costes de adquisición, es menester entrar exhaustivamente en el resto de costes que supondrá el mantenimiento durante un determinado ciclo de vida de las funciones esperadas de los activos. En ese sentido, el presente artículo pretende dar una visión o panorámica general al asunto de la modernización de activos militares, en particular, los vehículos blindados. Concretamente, a lo largo de este documento se observará qué es lo que motiva a esa modernización y en qué ámbitos parece más apropiado aplicarlos. Todo ello, relacionándolo con conceptos procedentes del ámbito de la gestión de activos industriales como son la vida útil, el ciclo de vida o la fiabilidad de un sistema que, en nuestro caso, será el vehículo de combate.

ABSTRACT. The decision to undertake a large procurement program for the defense takes obviously into account the involved costs. However, this decision is occasionally limited to the acquisition costs without considering exhaustively other aspects required for the maintenance of the fleet during a certain life cycle. In this sense, the present article is intended to provide a general overview to the subject of upgrading military assets, in particular, armored vehicles. Specifically, throughout this document it will be seen what motivates this upgrade and in what areas should be applied. All these topics will be linked also to concepts from the field of industrial asset management such as the useful life, life cycle or asset reliability that, in our case, regards to the combat vehicle.

PALABRAS CLAVE: Ciclo de Vida, Fiabilidad, Modernización, Vehículo de Combate de Infantería (VCI).

KEYWORDS: Life Cycle, Reliability, Upgrade, Infantry Fighting Vehicle (IFV).

1. Introducción

Históricamente, la infantería y la caballería han tenido siempre el objetivo o la misión de conquistar a pie y a caballo un territorio, ocuparlo y mantenerlo. Hoy en día, esa ocupación del territorio no es tanto por un afán de ampliación territorial (que seguirá habiendo casos) sino con un objeto más bien enfocado a la pacificación y estabilización de regiones en donde han surgido o se han originado determinados conflictos.

A modo de inciso histórico, la Primera Guerra Mundial puso en aplicación los avances tecnológicos heredados de la Revolución Industrial del siglo anterior, el Siglo XIX. Es decir, la industria aeronáutica con la aviación (Anderson, 2002; Morris, 1999) la naval con la inclusión por ejemplo de submarinos (Mille, 2010), la industria química con el uso de gases tóxicos (Williams, 1987) y, como no, la industria de la automoción entre muchos otros avances han tenido su efecto sobre la evolución del concepto del conflicto bélico o guerra. En dicho ámbito de la automoción, surgieron los vehículos blindados para dar apoyo a esa infantería y caballería que iba a pie o a caballo y que se encontraba desprotegida ante tantos artilugios industriales novedosos (Macksey & Batchelor, 1970).

Desde su origen por tanto (y hoy sigue siendo prácticamente igual), hay una serie de funciones que han caracterizado y caracterizan a los vehículos blindados: la protección de los soldados que lleva en su interior, la movilidad para superar obstáculos y acercarse al destino de su misión y la potencia de fuego tanto para defenderse como para atacar (Figura 1). A estas funciones básicas hay que unirle hoy en día una característica técnica fundamental que es la fiabilidad de estos sistemas.



Figura 1. Características Técnicas Básicas. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en cualquier nación de nuestro entorno, la demanda de sistemas para la defensa no se satisface (ni debe satisfacerse) exclusivamente de importar tecnologías desde el exterior. Lo contrario conllevaría a una alta dependencia externa, que está sujeta a la incertidumbre de la variabilidad de los ciclos económicos así como a los cambios en las estrategias geopolíticas. En este contexto, y especialmente en el sector de la defensa, la realidad de los procesos industriales demuestra que una mayor flexibilidad conduce a la mejora de la productividad, de la eficiencia y, por tanto, a la mejora de los resultados globales de los cuales se ve obviamente beneficiado el usuario final con productos más robustos y fiables durante toda la vida del activo.

Desde esta perspectiva, la incorporación del análisis de fiabilidad en los sistemas para la defensa puede contribuir de manera significativa a una mejor aplicabilidad de éstos, promoviendo a la par el crecimiento y mejora económica del sector y, por tanto, contribuir al desarrollo y consolidación de una industria nacional de



defensa mediante mejores productos y servicios como es también la prestación de asistencia postventa (González-Prida & Crespo, 2014).

Hasta ahora, la decisión sobre los sistemas para la defensa (como los vehículos blindados) se ha basado principalmente en las características operativas de los equipos (por ejemplo, el cumplimiento de determinadas misiones bajo ciertas condiciones geodésicas y meteorológicas, capacidad de tiro funcional y de precisión a determinada velocidad y dirección del viento, autonomía, requisitos de equipamiento, etc. etc.) y, por supuesto, factores económicos (por ejemplo, coste de adquisición, repuestos, herramientas especiales, mantenimientos, etc.).

Como es sabido, los programas de adquisiciones de defensa son inversiones particularmente complejas y de gran escala. Esto implica que desde el diseño hasta la fase operativa las variables para su gestión y desarrollo deban ser cuidadosamente investigadas, evaluadas y proyectadas para conseguir los resultados esperados en cuanto a dotación de sistemas que resulten útiles en el largo plazo para el ejército. A este respecto, el análisis de fiabilidad es un tema no relativamente nuevo, pero escasamente abordado en estudios y trabajos de investigación, sobre todo en el ámbito de los vehículos terrestres.

La evaluación del impacto en fiabilidad (Parra & Crespo, 2015) facilita configurar flotas con mayor capacidad y seguridad operacional, así como menor variación en cuanto a su disponibilidad. Es decir, el estudio de la fiabilidad y su aplicación en los análisis de costes de ciclo de vida permiten ajustar los sistemas (en este caso, los vehículos blindados) obteniendo un dimensionamiento de la flota más eficiente y controlado mejorando su nivel de servicio y, resultando atractivo tanto al ente público como al sector industrial privado.

Con tales objetivos, este artículo comienza describiendo brevemente unos antecedentes históricos donde ya se definen las características primordiales de los vehículos blindados. A continuación, se revisará la actualidad industrial desde finales del Siglo XX hasta ahora, aportando unas tendencias plausibles en el sector para el Siglo XXI. Tras ello, revisaremos conceptos procedentes del ámbito del análisis de ciclo de vida relacionándolos con la peculiaridad de los vehículos blindados, para pasar acto seguido a concretar finalmente los ámbitos de modernización a los que actualmente tiende la industria militar de los vehículos terrestres.

2. Antecedentes históricos: Origen del vehículo blindado

2.1. Primera aparición histórica

Cuando en 1914 estalló la Primera Guerra Mundial, las potencias europeas pensaban que solamente la voluntad de atacar por parte de los soldados sería lo que decidiría la batalla. Si bien hasta esa fecha las batallas habían consistido generalmente en luchas heroicas, hombre contra hombre (y ese era probablemente el pensamiento de una juventud europea que se animaba a la búsqueda de gloria y de cierto ideal caballeresco), la realidad fue bien distinta en tanto que aquella Gran Guerra trajo una modernización en las técnicas bélicas, las cuales eran en gran parte desconocidas por los soldados de aquel momento histórico (Evans, 2004).

La aplicación de armas modernas desplazó las estrategias y las tácticas que fueron válidas para el Siglo XIX. En este sentido, y aunque ya se habían utilizado con anterioridad armas de fuego, las ametralladoras se convirtieron por ejemplo en el arma principal de la infantería, utilizándose otros elementos auxiliares como lanzallamas o piezas de artillería pesada, que permitían el ataque desde arriba a posiciones atrincheradas (Williams, 1987).

Este uso de equipos modernos supuso una matanza sin precedentes. La invención y aplicación de máquinas industriales, gases venenosos, lanzallamas, guerra aérea, submarinos etc. etc. desembocó en una muerte en masa nunca antes conocida y que le valió a este enfrentamiento el apelativo de Gran Guerra. Las tropas arriesgaban a diario sus vidas y la muerte se configuró como un compañero constante de los soldados en el frente. Para escapar de ella, los soldados cavaban trincheras profundamente en la tierra, fijándose en ellas para

protegerse del fuego y de los ataques hostiles. Por el contrario, el atacante que asaltaba estas trincheras enemigas presentaba más bajas aún al encontrarse de frente el fuego defensivo de las ametralladoras.

A todo lo anterior hubo que sumar el importante salto tecnológico que supuso implementar máquinas inventadas previamente para un uso industrial junto con el ingenio desarrollado para utilizarlas con un fin bélico (Fussel, 1992). En general, las grandes ofensivas durante la Primera Guerra Mundial fueron las responsables de la mayor cantidad de víctimas. La conocida por guerra de desgaste tuvo su mayor ejemplo en la Batalla de Verdún y en la Batalla del Somme, ambas en 1916, donde se emplearon por primera vez carros blindados y que se convirtieron en el epítome de la crueldad de la guerra.

2.2. La automoción civil y su aplicación militar

Ya en el Siglo XIX, un ingeniero alemán, el conde Nicholas Otto, diseñó el primer motor de combustión interna que fue inmediatamente seguido y mejorado por sus compatriotas Benz, Daimler, Porsche, Bosch... entre otros. Asimismo, ingenieros como Armand Peugeot en Francia o los empresarios Henry Royce y Charles Stewart Rolls (fundadores de Rolls-Royce) en Inglaterra, desarrollaron también este sector en sus respectivos países. A su vez, el principio del Siglo XX supuso el comienzo de la producción masiva de automóviles siendo su máximo exponente el famoso Modelo T de Henry Ford (Gerold & William, 1992).

Los anteriores vehículos estaban pensados para un uso civil sustitutivo del coche a caballo, sin embargo, cuando comenzó la Primera Guerra Mundial, los británicos idearon automóviles que estuviesen blindados con vistas a proteger a sus soldados a la hora de hacer frente a las trincheras enemigas. Esta primera idea no fue eficaz cuando se trataba de atravesar terrenos accidentados con vehículos de ruedas debido a que eran muy pesados por las planchas metálicas que portaban (Macksey & Batchelor, 1970). Por ello, a fin de mejorar la adherencia con el suelo y se distribuyese mejor el peso total sobre la superficie de contacto (y obtener una menor presión sobre el terreno), se consideró añadir cadenas surgiendo de ese modo los carros de combate.

En febrero de 1916 y bajo el nombre en código "tanque", Inglaterra comenzó la producción en serie de vehículos blindados de combate. Los "tanques" debían superar las brechas en el terreno, las trincheras y las barreras alemanas, permitiendo a la infantería avanzar a través de las líneas enemigas. La primera gran operación tuvo lugar el 20 de noviembre de 1917 en la batalla de Cambrai donde alrededor de 400 carros y "tanques" auxiliares, junto con el apoyo de un cuerpo aéreo, invadieron las posiciones alemanas (Evans, 2004). Tras el éxito de los vehículos blindados en Cambrai, el alto mando del ejército alemán tuvo que cambiar de estrategia en su resistencia contra los vehículos blindados enemigos. No obstante, los recursos alemanes ya para entonces no le permitieron equilibrarse al mismo nivel que las fuerzas aliadas (Kühnl, 1991).

3. Realidad industrial reciente en el sector defensa

3.1. La industria militar de finales del Siglo XX

Tras aquel origen en la 1ª Guerra Mundial de aplicaciones mecánicas y, principalmente, desde el final de la Guerra Fría hasta hoy, la industria militar ha experimentado una acuciante transformación. A principios de los años 90, el sector de la defensa estaba constituido principalmente por empresas locales orientadas prácticamente a la defensa nacional. Se podía no obstante encontrar alguna excepción de compañías de gran envergadura con intereses en diferentes partes del mundo. De acuerdo a los datos de la publicación Defense News "Top 100 Table", se puede observar que las principales compañías europeas en los años 90 y principios del Siglo XXI se ubicaban en Reino Unido y Francia (véanse Tablas 1 y 2 con la clasificación europea según volumen de negocio en defensa en los años 1997 y 2001).



| Clasificación en Europa | Clasificación Mundial | Compañía | País |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------|
| 1 | 3 | British Aerospace plc. | Reino Unido |
| 2 | 6 | General Electric Co. Plc. | Reino Unido |
| 3 | 8 | Thomson Group | Francia |
| 4 | 10 | Lagardere Group | Francia |
| 5 | 13 | Daimler Benz Aerospace AG | Alemania |
| 6 | 14 | Direction des Constructions Navales | Francia |
| 7 | 17 | Alcatel-Alsthom SA | Francia |
| 8 | 19 | Aérospatiale | Francia |
| 9 | 20 | Rolls-Royce plc. | Reino Unido |
| 10 | 24 | GKN | Reino Unido |

Tabla 1. Principales compañías de defensa en la UE en los años 90. Fuente: Elaboración propia a partir de A. Elwell (2013).

| Clasificación en Europa | Clasificación Mundial | Compañía | País |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------|
| 1 | 4 | BAE Systems | Reino Unido |
| 2 | 7 | EADS | Francia |
| 3 | 8 | Thales | Francia |
| 4 | 15 | Rolls-Royce plc | Reino Unido |
| 5 | 17 | Smiths Industries | Reino Unido |
| 6 | 20 | GKN Group | Reino Unido |
| 7 | 23 | Direction des Constructions Navales | Francia |
| 8 | 26 | Finmeccanica | Italia |
| 9 | 28 | Saab Group | Suecia |
| 10 | 32 | Dassault Aviation S.A. | Francia |

Tabla 2. Principales compañías de defensa en la UE en la primera década del Siglo XXI. Fuente: Elaboración propia a partir de A. Elwell (2013).

González-Prida, V. (2017). Sobre la modernización de los vehículos blindados y su relación con el coste de ciclo de vida. *Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE*, 2(2), 45-59.



Hoy en día resulta una obviedad afirmar que el sector industrial de la defensa se encuentra completamente globalizado. De hecho, las compañías de gran dimensión que actualmente operan en el sector militar están presentes en todo el mundo y, en algunos casos, son el resultado de una amalgama de empresas diferentes que aportan a su vez la idiosincrasia propia del país de origen (Guay & Callum, 2001).

3.2. Posibles escenarios para la industria militar en el Siglo XXI

En la Unión Europea y, concretamente, a la vista de la situación industrial durante los años noventa y la primera década del Siglo XXI, se plantean diversas tesis sobre cómo será el mapa industrial para un horizonte cercano como son los años 20 del Siglo XXI. Por lo general, se pueden construir tres escenarios típicos:

- 1 Un escenario enfocado a las necesidades particulares de cada ejército nacional. La cuestión que surge aquí radicaría en la necesidad de una demanda local suficiente de modo que este contexto sea plausible, lo cual puede resultar complejo y poco realista.
- 2 Un escenario enfocado a una Europa coordinada, con una división industrial del trabajo de acuerdo a las capacidades específicas de los países miembros de la UE. Podría decirse que este es el caso del actual consorcio aeronáutico europeo. No obstante, este escenario podría chocar con políticas nacionales reticentes a poner en común o reemplazar su propio know-how.
- 3 Por último, un escenario en el que las principales compañías europeas se muevan hacia un mercado mundial de forma independiente, actuando globalmente y manteniendo una elevada competencia entre ellas. Esta variante exige mantener un alto nivel de competitividad para poder ganar licitaciones de nuevos contratos frente a los competidores del sector.

En cualquiera de los casos, dentro de este sector industrial existen grandes y diversos subsectores (según la vinculación de los mismos a la aviación, los vehículos terrestres, los sistemas de armas, la munición, la construcción naval, los sistemas de comunicaciones etc.). Con lo cual, la evolución que pueda adoptar cada variante puede ser distinta.

Añadido a los mencionados productos y no menos importante, las empresas de este sector ofertan también servicios dedicados al diseño, la ingeniería, el apoyo durante el ciclo de vida, a la tecnología de la información, los sistemas de inteligencia, sistemas tácticos, de vigilancia y reconocimiento, sistemas de seguridad en las comunicaciones, entre muchos otros. Además de los distintos productos y servicios que resultan de la actividad industrial, éstos pueden tener a su vez diversos objetivos. Es decir, pueden estar destinados directamente al combate o bien a facilitar apoyo logístico, proveer ayuda humanitaria, dar auxilio ante catástrofes naturales etc.

4. Fiabilidad en un vehículo blindado y su ciclo de vida

4.1. Sobre el concepto de fiabilidad

En la introducción de este artículo se han comentado tres características técnicas que persisten desde el origen y concepción de los vehículos blindados: la protección de los soldados que lleva en su interior, la movilidad para superar obstáculos y acercarse al destino de su misión y la potencia de fuego tanto para defenderse como para atacar. Como se indicaba en aquel apartado, a estas funciones básicas hay que unirle hoy en día una característica técnica fundamental que es la fiabilidad de estos sistemas.

Según la UNE-EN 15341:2007, “la fiabilidad es la característica de un dispositivo expresada por la probabilidad de que este dispositivo cumpla con una función requerida en las condiciones de utilización y para un periodo de tiempo determinado”. Otras definiciones que se encuentran al respecto son por ejemplo la probabilidad de que un elemento funcione de manera satisfactoria durante un periodo de tiempo determinado en el que es utilizado en unas condiciones de funcionamiento especificadas (Jardine, 1999).

La fiabilidad por tanto corresponde con aquella capacidad de los sistemas (en líneas generales) a no fallar. Es decir, la capacidad de que el sistema cumpla con el funcionamiento requerido o lo que se espera de él. Por



ejemplo, parece obvio que la fiabilidad de que un determinado vehículo no se pare durante un desfile militar será mucho mayor que la fiabilidad de ese mismo vehículo si lo que se espera de él es trasladar a un pelotón a la primera línea de un conflicto. Por tanto, la fiabilidad no es algo exclusivamente intrínseco al sistema y a los propios defectos o peculiaridades del equipo, si no que se ve alterada por el entorno y por cambios operacionales, los cuales son variables externas al propio sistema (Kristjanpoller et al., 2016).

La definición del funcionamiento requerido implicará establecer un nivel de admisibilidad a partir del cual se considera que el sistema falla. De igual forma deben definirse las condiciones de uso del elemento, ya que, evidentemente, un mismo material utilizado en dos contextos de funcionamiento diferentes (como hemos visto) no tiene porqué tener la misma fiabilidad. Las condiciones de funcionamiento indicarán factores ambientales como la localización geográfica donde se espera que el equipo opere, el perfil operacional, el perfil de transporte, los ciclos de temperatura a los que se expone, humedad, vibraciones y un largo etcétera. Factores que además, no sólo corresponden a las condiciones para el periodo en que el sistema (el vehículo en nuestro caso) está operativo sino, también, cuando éste se encuentra almacenado o es transportado. Se define entonces el plazo de funcionamiento como el periodo de explotación del sistema hasta la aparición del estado límite de inoperatividad (Crespo, 2007).

Si estuviésemos en el caso de un activo industrial, su comportamiento en tiempos operativos y tiempos fuera de servicio se podría ilustrar tal como se muestra en la figura 2. Un sistema podrá entonces encontrarse en un estado de inaptitud para cumplir una función requerida porque se encuentre en estado de incapacidad interna por una avería, o bien a consecuencia de algún factor externo que le impide su funcionamiento (incapacidad externa). Esta incapacidad externa en el caso de un vehículo blindado (y en similitud a cualquier otro activo militar) se ve altamente dependiente de las amenazas que rodean al sistema durante su operación o su almacenamiento.

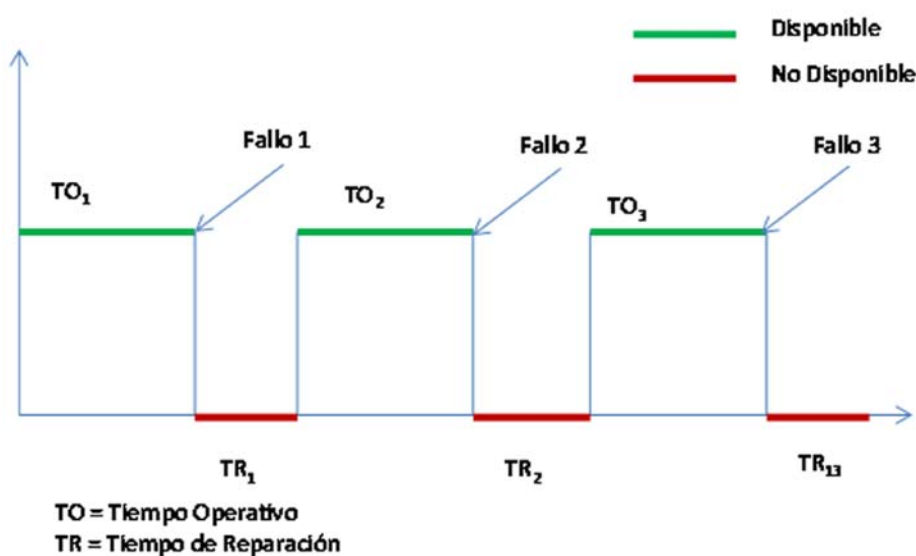


Figura 2. Estados de Disponibilidad e Indisponibilidad. Fuente: Elaboración propia.

En un activo industrial, es factible efectuar el análisis estadístico de la fiabilidad, estudiando básicamente la variable aleatoria continua “tiempo hasta el fallo” (variable representada por el indicador TTF: time to failure, siglas en inglés, en la figura 2). La información básica requerida para este tipo de análisis son las bases de datos donde se almacenan los registros de tiempos históricos de fallos de los equipos (Yañez, 2004). En términos generales, el análisis de fiabilidad en procesos industriales, inicialmente se focaliza en la evaluación estadística de fallos en equipos no reparables (Elsayed, 1996).

El análisis estadístico que se utiliza en un entorno industrial civil, puede aplicarse a un activo militar como es el caso de un vehículo blindado. Si bien, conviene hacer la salvedad que, en este caso, existirán factores externos que acrecentarán la incertidumbre que, per sé, ya tienen los cálculos probabilísticos. Estos factores externos a los que nos referimos son obviamente las amenazas y ataques que puedan sufrir estos sistemas por parte del enemigo. Habría por tanto que ser conscientes de la existencia de tales factores externos, pero no se considerarían si se aplica alguna metodología estadística para el análisis de fiabilidad.

El resultado de este tipo de análisis (sin la consideración de las amenazas enemigas), traerá consigo la obtención de una función de distribución acumulada de probabilidad de que no ocurra el fallo $C(x)$ (también se conoce como función de fiabilidad). Ésta función se distingue por su común forma descendente y relacionan cualquier valor x_i de la variable aleatoria "X", con la probabilidad de observar valores "mayores o iguales" a dicho valor x_i (ver Figura 3).

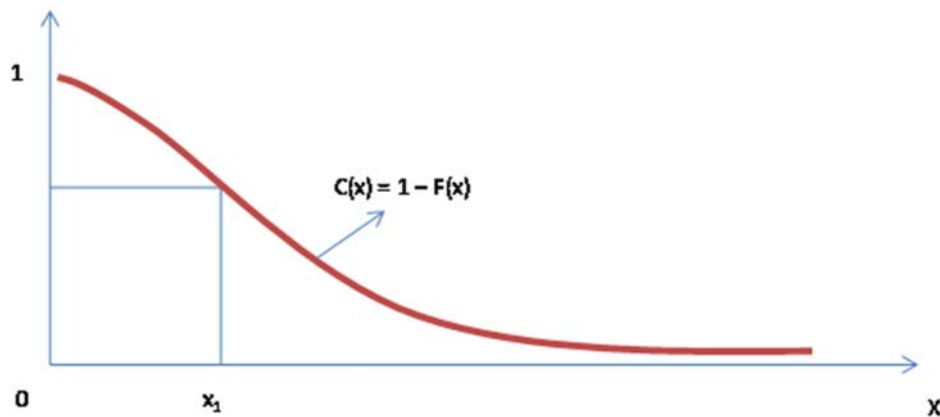


Figura 3. Función de probabilidad de que no ocurra el fallo. Fuente: Elaboración propia.

La función de distribución de probabilidad de que no ocurra el fallo $C(x)$ es el complementario de la función de distribución de probabilidad del fallo $F(x)$, y representa la probabilidad acumulada de no fallar de todos los puntos del espacio de la variable aleatoria (X). A nivel internacional este indicador se conoce como $R(x)$ de Reliability (fiabilidad). A continuación se presentan las ecuaciones generales para el cálculo de este indicador:

$$C(x_i) = p(X \geq x_i) \quad (1)$$

$$C(x_i) = 1 - F(x_i) \quad (2)$$

$$C(x_i) = 1 - \int_{-\infty}^{x_i} f(x) dx \quad (3)$$

Donde $f(x)$ es la función de densidad de probabilidad del fallo que, en su forma más general y ampliamente usada, suele representarse mediante una distribución de Weibull en el estudio del tiempo de vida o tiempo para el fallo de componentes mecánicos:

$$f(x_i) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \cdot (x_i)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{x_i}{\alpha}\right)^\beta} \quad (4)$$



Siendo:

- x_i = tiempo hasta el fallo i
- i = contador correspondiente al dato el tiempo hasta el fallo
- N = número total de fallos
- a = parámetro de escala
- B = parámetro de forma

4.2. Sobre el concepto de vida útil, la obsolescencia y el análisis de costes

Todo lo anterior va alineado con el concepto de vida útil que corresponderá al tiempo durante el cual el sistema sigue cumpliendo con sus funciones (Campbell & Jardine, 2001). Es decir, en el caso de un vehículo blindado cuya misión sea transportar un pelotón de soldados, sus funciones serán, al menos, las de protección y movilidad. Habitualmente se suele asociar la vida útil de los sistemas a un número concreto de años. En realidad, esa duración depende de lo que entendamos por útil o utilidad. En ese sentido, podemos disponer por ejemplo de una flota de vehículos que sea útil para mantener a las tropas instruidas, pero que no lo sea para ir al frente de batalla.

La vida de cualquier artefacto pasa por distintas etapas desde que se concibe, se diseña, se fabrica, se pone en operación y finalmente se desmantela o se deja de utilizar. El análisis de un activo típico podría incluir costes de planificación, investigación y desarrollo, producción, operación, mantenimiento y retirada del equipo (Figura 4).

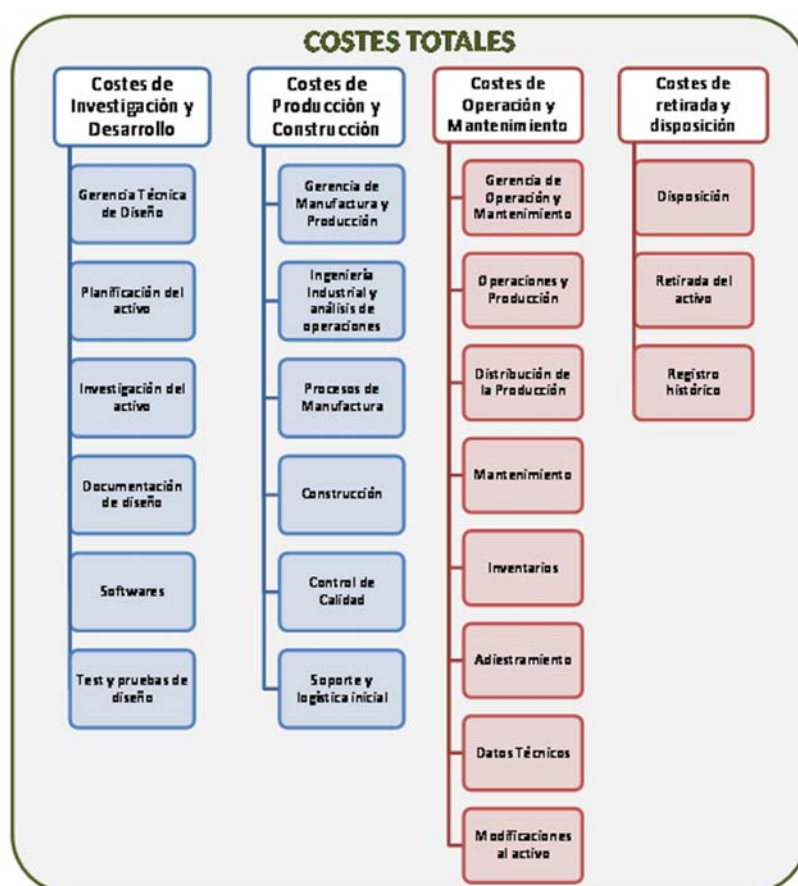


Figura 4. Estructura desglosada de costes. Fuente: Elaboración propia a partir de Fabrycky y Blanchard (1991).

Los costes de adquisición del equipo (que incluyen investigación, diseño, pruebas, producción y construcción) son por lo general obvios, pero el análisis de costes de ciclo de vida depende crucialmente de valores derivados de la fiabilidad, los cuales dependerán del análisis de la tasa de fallos, del coste de las piezas de recambio, de los tiempos de reparación, de los costes de la mano de obra, etc. (Ahmed, 1995). Un análisis de costes de ciclo de vida es importante para tomar decisiones sobre la adquisición de nuevos equipos (reemplazo o la nueva adquisición), proporcionando tres ventajas importantes (Campbell & Jardine, 2001):

- Todos los costes asociados a un activo se hacen visibles.
- Permite un análisis entre funciones del negocio. Por ejemplo, comprobar cómo bajos costes de I+D puede conducir a altos costes de mantenimiento en el futuro;
- Facilitan a la gerencia desarrollar estimaciones.

Desde un punto de vista financiero, los costes generados a lo largo del ciclo de vida del activo se pueden clasificar en dos tipos (Figura 5):

- CAPEX: Costes de capital (diseño, desarrollo, adquisición, instalación, capacitación del personal, manuales, documentación, herramientas e instalaciones de mantenimiento, piezas de repuesto para la garantía y retirada).

- OPEX: Costes operacionales (mano de obra, operaciones, mantenimiento planificado, almacenamiento, reclutamiento y mantenimiento correctivo - penalizaciones por fallos / baja fiabilidad)

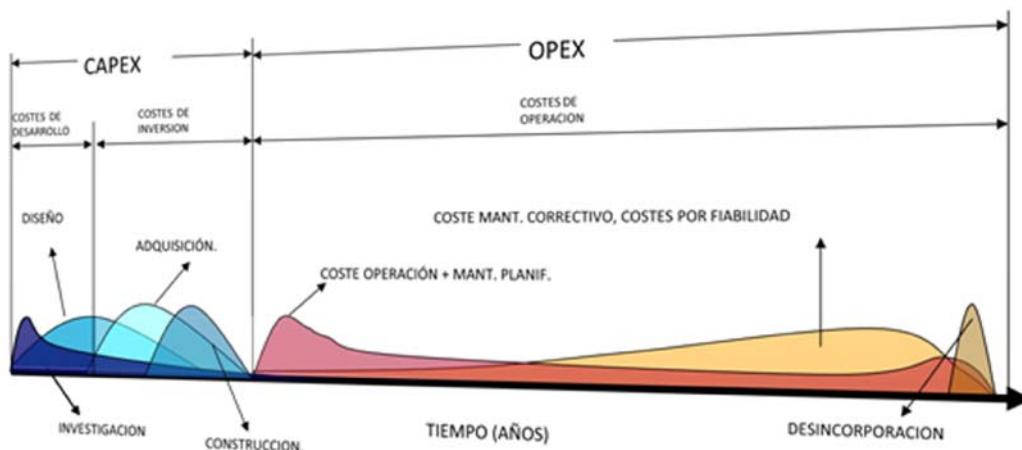


Figura 5. CAPEX y OPEX a lo largo del ciclo de vida de un activo. Fuente: Elaboración propia a partir de Parra y Crespo (2015).

En general, cada una de estas etapas tiene unos costes asociados siendo finalmente el coste de ciclo de vida el sumatorio de todos estos costes. Es muy habitual cuando se adquiere un bien, fijarnos únicamente en el coste de adquisición, y no en los futuros costes que nos va a suponer operarlo, mantenerlo y, finalmente, desmantelarlo o desincorporarlo de nuestra flota de vehículos. En referencia al esquema anterior, el modelo de Woodward propone la siguiente expresión para calcular los diferentes costes que genera un activo industrial a lo largo de su ciclo de vida (Woodward, 1997; Blanchard & Fabrycky, 1998):

$$CTCV = \sum_{T=1}^T CI + CO + CMP + CMC + CMM - VR \quad (5)$$



Para aplicar la fórmula anterior, todas las categorías de costes deberán convertirse a un valor presente (P) con una tasa de interés (i) y un período de vida útil esperado (T). Cada término corresponde a:

- CTCV = Costes Totales del Ciclo de Vida en valor presente (P), para una tasa de descuento (i) y un período de vida útil esperado (T).
- CI = Coste Inicial de adquisición e instalación, normalmente dado en valor presente.
- CO = Costes operacionales, normalmente dado como valor anualizado
- CMP = Costes de Mantenimiento Preventivo, normalmente dado como valor anualizado
- CMC = Costes de Mantenimiento Correctivo (o costes por fallos), normalmente dado como valor anualizado. En este caso hay que calcular la tasa de fallos y el impacto en costes por tales fallos.
- CMM = Costes de Mantenimiento Mayor (mantenimientos especiales u overhauls), normalmente dado como valor futuro.
- VR = Valor Residual, normalmente en valor futuro. Puede ir con signo positivo si en su lugar se considera un coste de desmantelamiento o desincorporación.

De todos estos costes, los de mantenimiento nos permitirán precisamente mantener la fiabilidad de nuestro sistema y, en consecuencia, la capacidad de que éste cumpla con lo que se espera de él. Esto es lo que sucede con un activo industrial, y también ocurre en el caso de un activo militar. Sin embargo, cuando se acopia una máquina para un proceso productivo, este proceso puede ser más o menos previsible, mientras que en el caso de un vehículo blindado, y como se ha subrayado con anterioridad, hay que añadirle la incertidumbre del perfil de misión y las condiciones de operación en las que va a ser utilizado.

Es decir, el número de años concreto con el que se puede estimar la vida útil de un activo industrial (por ejemplo 25 ó 30 años según el caso), en el supuesto de un activo militar puede ser diferente y puede que le llegue la obsolescencia mucho antes. ¿Cómo le puede llegar la obsolescencia prematuramente a un vehículo blindado? Pues le llegaría cuando las funciones que se esperan de él, deja de poderlas cumplir antes del tiempo previsto inicialmente. Tal obsolescencia puede ser tecnológica, económica, de utilidad técnica... y todo ello va también en línea con las nuevas amenazas con las que se pueden encontrar estos vehículos.

Como es sabido, las características de una guerra convencional son bajo las que se diseñaron y fabricaron muchos de estos vehículos hasta ahora. Sin embargo, hoy en día hay que añadirle además, la posibilidad de que se encuentren en entornos diferentes, con modos de operación cambiantes y amenazas distintas y que en la actualidad conocemos como guerra asimétrica o guerra no convencional.

5. La industria militar de los vehículos terrestres

A la vista de la realidad industrial reciente (apartado 3 de este artículo), hablar del sector defensa es tratar un espectro tan amplio y de tan diversas aristas y propósitos que conviene acotarlo y delimitarlo, principalmente, cuando se desea describir o plantear una determinada cuestión. Por ese motivo, nos centramos en el caso concreto de los vehículos terrestres. En esa línea particular, se observará seguidamente los requisitos que suelen plantearse para su adquisición, singularizando este hecho como un factor dependiente del escenario y contexto bélico en el que operan estos sistemas. Para ello, vamos a explorar de forma sucinta algunas amenazas que aparecen en el contexto actual de guerra asimétrica y su efecto sobre este ámbito industrial.

Con tal finalidad nos basaremos en el resultado y las conclusiones de una investigación desarrollada por A. Elwell (2013) y publicada en la revista *Defence IQ*. El origen de los datos de dicha investigación deriva de una serie de encuestas realizadas a comerciales, consultores, formadores y funcionarios de la administración pública, todos ellos vinculados con el sector defensa y procedentes de un total de 38 países de los cinco continentes. La figura 6 muestra en términos porcentuales el país de origen de los encuestados, pudiéndose observar que hay una buena representación a nivel global.

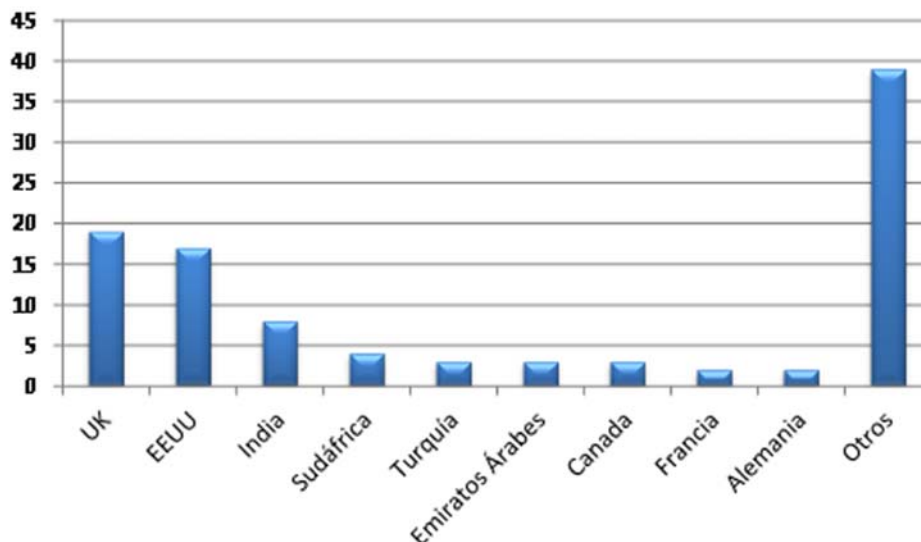


Figura 6. Porcentaje de origen de las encuestas. Fuente: Elaboración propia a partir de A. Elwell (2013).

Como es sabido, el sector de la defensa es un ámbito en el que la innovación es fundamental. Con el objeto de resolver conflictos en los más diversos escenarios del mundo, es necesario contar con la mejor tecnología que el estado del arte pueda garantizar. Asimismo, la personalización de los sistemas de defensa es un aspecto que tiene que ser manejado con un alto nivel de atención debido, no solo a los diferentes contextos en los que estos sistemas deberán operar, sino que hay que sumar al mismo tiempo y entre otros motivos la elevada complejidad tecnológica y el alto nivel de competitividad existente en el sector (Guay & Callum, 2002).

En consecuencia, y aunque obviamente otros factores entren también en juego, en función de las amenazas que tenga que afrontar un sistema y su contexto de operación, así deberán ser sus características y sus capacidades. De ese modo, se observa que la mayor preocupación de los encuestados se centra en los llamados artefactos explosivos improvisados o IED (improvised explosive device). Estos dispositivos consisten en bombas caseras usualmente utilizados por organizaciones terroristas y guerrillas. Aparte de estos dispositivos, en los resultados aparecen otras amenazas como los ataques con lanzagranadas, con armas de elevado calibre, amenazas biológicas o químicas etc., que también se presentan en los entornos actuales de conflicto (Figura 7).

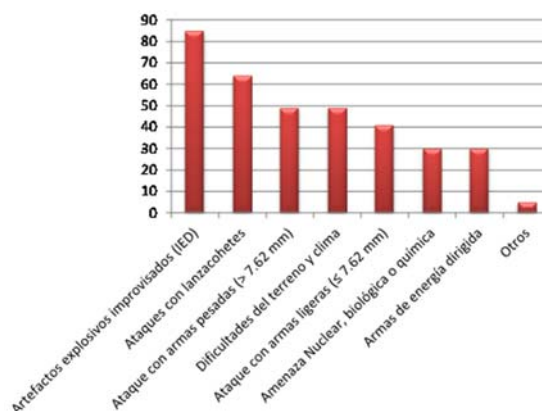


Figura 7. Principales amenazas en la actualidad. Fuente: Elaboración propia a partir de A. Elwell (2013).



Todo apunta a que en el futuro inmediato sigan siendo los dispositivos explosivos improvisados una amenaza importante a tener en consideración. Naturalmente, no sabemos si continuará siendo la principal preocupación, en tanto que su primera posición en la clasificación de amenazas dependerá de múltiples aspectos. Éstos irán desde las propias tácticas que aplique el oponente, a los recursos que disponga éste, las características del terreno y clima en donde tenga lugar el conflicto, e incluso (en cierta medida), de la propia situación económica. Según distintos analistas, el panorama de amenazas para el Siglo XXI deberá ser considerado como un reto a abordar por la comunidad internacional de una manera unida y conjunta, poniendo en común la información disponible y compartiendo los resultados obtenidos, evitando en todo caso el tratamiento aislado e independiente (Marzi et al., 2010).

Ello se debe a que las nuevas amenazas son transnacionales y desafían los enfoques tradicionales y convencionales que fueron útiles en el pasado siglo en cuanto a tácticas, técnicas, procedimientos, medios etc. Esta situación de cambio en realidad no es nueva y, de hecho (por encontrar cierto paralelismo), ha sido una evidencia paulatina a lo largo de la historia. Es decir, el tipo de guerra o conflicto que surgió en el Siglo XX fue muy diferente del que existía hasta el Siglo XIX (como vimos en los antecedentes históricos) y, hoy en día, experimentamos de forma palpable también una evolución y una serie de cambios frente a lo experimentado en el siglo pasado.

Por las razones esgrimidas anteriormente, resulta fundamental que la industria militar ofrezca por tanto productos y servicios adaptados a las necesidades de la situación. Como ya se ha apuntado, el sector industrial de la defensa se caracteriza por una elevada competitividad en donde las empresas tienen que proporcionar un alto nivel de innovación, más aun dado el complejo entorno internacional. Por este motivo, las inversiones suelen ser elevadas, no solo por la naturaleza de los productos servicios en sí mismos, sino también porque en este ámbito es particularmente cierto que un buen activo militar es aquel que es mejor que el del oponente, con lo que es crucial estar a la vanguardia en cuanto a tecnología y estar preparados para aquellas nuevas necesidades y condiciones de contorno que puedan surgir (Ng et al., 2009). En ese sentido y de acuerdo con el análisis de los datos mostrados en la figura 8, los encuestados consideran que los niveles más significativos de inversión deben recaer en las medidas y sistemas de protección contra explosiones procedentes de los dispositivos o artificios improvisados. Tras esto, el mantenimiento de los vehículos y los sistemas de comunicación son las áreas que estiman deben recibir también especial atención. No porque no la reciban actualmente, sino porque los consideran ámbitos fundamentales para el éxito en la actualidad bélica.

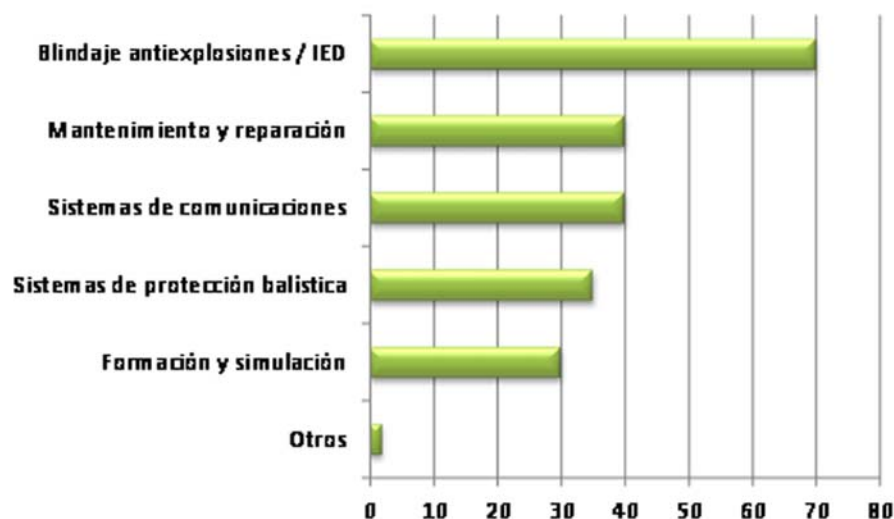


Figura 8. Áreas clave de inversión. Fuente: Elaboración propia a partir de A. Elwell (2013).

Es interesante apuntar que, por encima de los ataques de guerra electrónica, los encuestados perciben una mayor amenaza en la cuestión biológica y química. Posiblemente, el campo de batalla futuro sea más susceptible de ser amenazado por estas armas que incluso por los ataques que puedan proceder de armas de pequeño calibre. No obstante y en cualquiera de los casos, la protección balística será siempre uno de los pilares de los vehículos blindados, siendo la capacidad de reducir o mitigar amenazas impredecibles como la de los IED, la preocupación más acuciante.

6. Conclusiones

Iniciando con unos antecedentes históricos, a lo largo de este artículo se han observado unas características comunes en los vehículos blindados entre las que se encuentra la fiabilidad de los sistemas. Este concepto, junto con la idea de vida útil y los análisis de costes de ciclo de vida utilizados en la industria civil, pueden ser de especial relevancia también en el caso de los activos militares. La peculiaridad de estos activos para la defensa y, concretamente, los vehículos blindados en los entornos actuales de operación, hace que obviamente sea menester el enfoque sobre determinados ámbitos de modernización.

Ante las posibles modernizaciones, cabe destacar que, al igual que en cualquier otro sector, la actividad dedicada a la innovación no sólo debe trabajar en función de las características requeridas, sino también debe aplicarse proactivamente en encontrar nuevas soluciones. Éstas, en el caso concreto que tratamos, irían principalmente dirigidas a la protección, la movilidad y a la potencia de fuego, integrándose todo ello con la consideración de una elevada fiabilidad de los sistemas. Cada elemento innovador en defensa, por simple que sea, no sólo sirve para mejorar la capacidad de supervivencia, sino que puede ser el hecho diferencial para obtener el éxito tangible en una misión.

Tal como se ha revisado en el último apartado, según algunos analistas (en este caso, se ha tomado como referencia el journal "Defence IQ", en su informe sobre el Mercado Internacional de los Vehículos Blindados), la previsión de amenazas con las que posiblemente se encuentre un vehículo de combate en los próximos años la encabeza los IED's, o Artefactos Explosivos Improvisados. En ese sentido por tanto, una de las áreas en las que inevitablemente tendrán que adaptarse los vehículos para evitar su obsolescencia operativa es precisamente en el ámbito de la protección antimina y balística. Es decir, de hecho, ese mismo informe confirma que, como consecuencia de esa previsión de amenazas, las áreas clave de inversión, tanto en términos de investigación y desarrollo como de implementación, pasa principalmente por la mejora del blindaje antiexplosiones. Tal informe incluye a su vez otras áreas de inversión como es en el mantenimiento y reparación, lo cual tiene como objeto (entre otros motivos) preservar la fiabilidad de los sistemas. En definitiva, los ámbitos de modernización de los Blindados, ineludiblemente irán encaminados a mejorar y a adaptar a la realidad actual las características técnicas per sé disponen tales activos militares, anteniendo un continuo desarrollo y mejora de productos y servicios para la defensa, con el objeto de proveer al ejército de vehículos de combate que puedan hacer frente a las amenazas que se van a encontrar en los escenarios bélicos actuales.

Cómo citar este artículo / How to cite this paper

González-Prida, V. (2017). Sobre la modernización de los vehículos blindados y su relación con el coste de ciclo de vida. *Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE*, 2(2), 45-59. (www.cisdejournal.com)

Referencias

- Ahmed, N. U. (1995). A design and implementation model for life cycle cost management system. *Information and Management*, (28), 261-269.
- Anderson, J. D. (2002). *The Airplane: A History of Its Technology*. AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics).



González-Prida, V. (2017). Sobre la modernización de los vehículos blindados y su relación con el coste de ciclo de vida. *Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE*, 2(2), 45-59.

- Blanchard, B. S.; Fabrycky, W. J. (1998). *Systems Engineering and Analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Campbell, J. D.; Jardine, A. K. S. (2001). *Maintenance excellence*. New York: Marcel Dekker.
- Crespo Márquez, A. (2007). *The maintenance management framework. Models and methods for complex systems maintenance*. London: Springer Verlag.
- Elsayed, A. (1996). *Reliability Engineering*. New York: Addison Wesley Longman INC.
- Elwell, A. (2013). *International Armoured Vehicle Market Report 2013-2023*. Defence IQ.
- Evans, D. (2004). *The First World War, Teach yourself*. Londres: Hodder Arnold.
- Fabrycky, W. J.; Blanchard, B. S. (1991). *Life Cycle Costing and Economic Analysis*. Englewood Cliff, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Fussel, P. (1992). *La Gran Guerra y la Memoria Moderna*. Oxford University Press.
- Gerold, A.; William, H. (1992). *Historia social y económica de Europa en el siglo XX*. Madrid: Alianza.
- González-Prida Díaz, V.; Crespo Márquez, A. (2014). *After-sales service of engineering industrial assets. A Reference Framework for Warranty Management*. London (UK): Springer International Publishing.
- Guay, T.; Callum, R. (2001). *Globalization, Integration and Europe's Defense Industry*. ECSA 7th Biennial International Conference. Madison WI.
- Guay, T.; Callum R. (2002). *Transformation and future prospects of Europe's defence industry*. *International Affairs*, 78(4), 757-776.
- Jardine, A. (1999). *Measuring maintenance performance: a holistic approach*. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(7), 691-715.
- Kühnl, R. (1991). *La República de Weimar: establecimiento, estructuras y destrucción de una democracia*. Valencia: Alfons el Magnànim.
- Kristjanpoller, F.; Crespo, A.; Lopez-Campos, M.; Viveros, P.; Grubessich, T. (2016). *Reliability assessment methodology for multiproduct and flexible industrial process*. *The Annual European Safety and Reliability Conference (ESREL)*. Glasgow, Scotland.
- Macksey, K.; Batchelor, J. H. (1970). *Tank: A History of the Armoured Fighting Vehicle*. Ballantine Books.
- Marzi, H.; Burmeister, K.; Moltmann, B. (2010). *Branchenreport: Politisches Umfeld der wehrtechnischen Industrie – zwischen Haushaltskürzungen und Exporthoffnungen*. *Wirtschaft Technologie Umwelt*.
- Mille, M. (2010). *Historia Naval de la Gran Guerra (1914-1918)*. Inédita.
- Morris, G. (1999). *The Flying Cavalier – 1914*. The House of Winslow, Book 23. Baker Publishing Group.
- Ng, I. C. L.; Maull, R.; Yip, N. (2009). *Outcome-based Contracts as a driver for Systems thinking and Service-Dominant Logic in Service Science: Evidence from the Defence industry*. *European Management Journal*, 27 (6), 377-387.
- Parra Márquez, C. A.; Crespo Márquez, A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos*. INGEMAN (Asociación Española para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento).
- UNE-EN 15341 (2007). *Indicadores principales de desempeño de Mantenimiento*. European Standard. CEN (European Committee for Standardization), AEN/CTN, INGEMAN, España.
- Williams, T. I. (1987). *Historia de la tecnología – Desde 1900 hasta 1950*. Siglo XXI.
- Woodward, D. G. (1997). *Life Cycle Costing - Theory, Information Acquisition and Application*. *International Journal of Project Management*, 15(6), 335-344.
- Yáñez, M.; Gómez, H.; Valbuena G. (2004). *Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo*. México: R2M.