

Casos prácticos del uso de Plásticos y Composites en Defensa y Seguridad

Practical cases of the use of Plastics and Composites in Defense and Security

Inma Roig-Asensi¹

¹ Responsable de Composites de AIMPLAS (Instituto Tecnológico del Plástico), España

iroig@aimplas.es

RESUMEN. Entre las ventajas de los materiales plásticos y composites (materiales compuestos) respecto a otros que se venían utilizando hasta ahora en diversas aplicaciones del sector de defensa y seguridad destacan la reducción del peso, el diseño, la facilidad de montaje, el bajo mantenimiento y su mejor comportamiento frente a la corrosión. La ligereza es un aspecto fundamental en estos sectores, así como en el sector del transporte en general, puesto que permite un ahorro del combustible empleado. Por este mismo motivo, también se reducen las emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo que implica una ventaja para el medio ambiente.

En este artículo, se indagará en estas ventajas del uso de plásticos y composites en defensa y seguridad a través del estudio de una serie de casos prácticos, como son los blindados de embarcaciones patrulla, las infraestructuras y las construcciones modulares para situaciones de emergencia, entre otros.

ABSTRACT. Among the advantages of plastic and composite materials compared to others that have been used up to now in various applications in the defense and security sector are weight reduction, design, ease of assembly, low maintenance and its better behavior against corrosion. Lightness is a fundamental aspect in these sectors, as well as in the transport sector in general, which allows a saving of the fuel used. For this same reason, CO₂ emissions to the atmosphere are also reduced, which implies an advantage for the environment.

In this article, we will investigate these advantages of the use of plastics and compounds in defense and security through the study of a series of practical cases, such as blind patrol boats, infrastructures and modular constructions for emergency situations.

PALABRAS CLAVE: Composites, Plásticos, Ligereza, Blindaje, Defensa, Aligeramiento de peso.

KEYWORDS: Composites, Plastics, Lightness, Shielding, Defense, Lightening.

1. Introducción

Entre las ventajas de los plásticos y los materiales compuestos respecto a otros que se venían utilizando hasta ahora en diversas aplicaciones del sector de defensa y seguridad destacan su menor peso, el diseño, facilidad de montaje, bajo mantenimiento y su mejor comportamiento frente a la corrosión.

El mercado del plástico, en general, y el de los composites, en particular, es un mercado en alza, con buenas perspectivas de crecimiento en el futuro más inmediato, y mucho más importante en el largo plazo (Witten, 2015).

Algunos casos prácticos del uso de los plásticos y materiales compuestos de aplicabilidad en los sectores de defensa y seguridad, se pueden observar en blindados de embarcaciones patrulla, infraestructuras y construcciones modulares para situaciones de emergencia, entre otros.

1.1. Blindaje

Las embarcaciones, vehículos rodados, aviones, helicópteros, así como prendas de protección personal son los elementos que más se suelen blindar con el fin de protegerlos frente a proyectiles de diferente calibre. Lo más importante en protección balística es la elección del tipo de material que va a conformar el blindaje, debe ser lo más ligero posible y que al mismo tiempo cumpla los requisitos de seguridad establecidos según normativa para cada nivel de amenaza.

Los materiales más utilizados para el blindado de vehículos o ropa de protección son aceros especiales, aleaciones de aluminio y materiales compuestos. Los materiales compuestos están formados por diferentes tipos de fibra (fibra de carbono, vidrio o aramida) impregnadas con resinas, de estas fibras la que proporciona mejores resultados es la fibra de aramida, conocida comercialmente como Kevlar® (fabricada por Dupont) o Twaron® (fabricada por la empresa TeijinTwaron). Es importante un correcto diseño del blindaje, eligiendo los materiales y sus combinaciones, así como el espesor final que dependerá del nivel de protección requerido.

Los materiales compuestos ofrecen ventajas adicionales sobre los metales, que son los materiales tradicionalmente usados para blindajes. La principales ventajas son su buen comportamiento mecánico frente a impacto manteniendo un peso bajo, y su gran resistencia a la corrosión. Esto es muy apreciado sobre todo en el blindado de embarcaciones ya que los ambientes marinos son altamente corrosivos.

1.2. Faro del Puerto de Valencia

Ante las ventajas que plantean los composites, la Autoridad Portuaria de Valencia y la empresa ACCIONA han culminado el izado de la estructura del nuevo faro del puerto de la ciudad, que es el primero del mundo construido con materiales compuestos y en cuya construcción se ha contado con el asesoramiento técnico de AIMPLAS. Esta maniobra ha consistido en la colocación en su emplazamiento definitivo -la ampliación norte del Puerto de Valencia- de la estructura del nuevo faro, de 32 metros de altura, fabricada con materiales compuestos que otorgan una mayor resistencia a la exposición al ambiente marino, reducen las labores de mantenimiento y minimizan el impacto ambiental.

El menor peso de los materiales compuestos desarrollados específicamente por el Centro de I+D de ACCIONA Infraestructuras, convierte el proceso de construcción del faro en pionero en el mundo, ya que la estructura se ha fabricado en la localidad toledana de Noblejas y se ha trasladado por carretera hasta Valencia, donde, una vez en el puerto, se ha izado y fijado en su emplazamiento definitivo, lo que minimiza la duración de las obras y evita una quinta parte de la contaminación asociada a la construcción de estas infraestructuras con el método tradicional. Las tareas de izado de la estructura requirieron menos de tres horas, reduciendo al mínimo las interferencias en la operativa del puerto. Tras el izado de la estructura, se prosiguió con las obras así como con la colocación de la linterna hasta completar su instalación.

El nuevo faro también es innovador por su mayor autosuficiencia energética, ya que cuenta con diez



Roig-Asensi, I. (2017). Casos prácticos del uso de Plásticos y Composites en Defensa y Seguridad. *Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE*, 2(1), 79-86.

paneles solares orientados al sur y un aerogenerador de eje vertical, lo que reduce significativamente el consumo energético de la instalación. Además, se ha dotado al faro de tecnología LED, que permite un alcance de 25 millas náuticas, con un consumo eléctrico de 70 vatios.

1.3. Construcciones modulares. Refugios

La reconstrucción ante una situación de emergencia comienza inmediatamente después del desastre. Es la postura que actualmente asumen las organizaciones de ayuda internacional (Transitional Shelter Guidelines - International Organization for Migration (IOM), 2016). La vivienda transitoria es un proceso incremental que apoya el refugio de familias en condiciones de desprotección, y lo define según las siguientes características: 1. Actualizable, 2. Reutilizable, 3. Reubicable, 4. Revendible, 5. Reciclable.

Tomando como base este concepto, la constructora Urbana de Exteriores ha desarrollado unos módulos habitables para misiones de paz y situaciones de emergencia. Se trata de un producto diseñado por Barbarella Studio, con la colaboración de la Universidad de Alicante (UA) y el Instituto Tecnológico del Plástico (AIMPLAS). El módulo ofrece mejoras de habitabilidad respecto a las tiendas de campaña o contenedores metálicos que se utilizan habitualmente en catástrofes o guerras a un coste competitivo. Son diversos los usos de estas construcciones modulares: alojamiento humanitario, situaciones de emergencia, sanitario, militar, agrícola y forestal, ocio, eventos, restauración, vivienda, invernadero, almacenaje, educativa, alojamiento temporal,...

2. Desarrollo

2.1. Blindaje

La norma utilizada para el desarrollo relacionado con blindaje es la STANAG 4569, publicada por NATO (North Atlantic Treaty Organisation). Esta norma abarca los niveles de protección necesarios para los ocupantes de vehículos blindados livianos. Se divide en cinco niveles, desde el menos letal en términos de habilidad de penetración (1) y va incrementando la amenaza conforme aumenta el número hasta el nivel 5 (General Amour, 2016).

Se han realizado importantes esfuerzos dirigidos a la obtención de materiales blindados de bajo peso (Übeyli et al., 2011; Medvedovski, 2006). La mayoría de estos sistemas de blindaje están compuestos por una capa frontal de un material cerámico avanzado y una capa posterior de aluminio, acero o composite (fibra y resina). Los materiales cerámicos más utilizados son: óxidos cerámicos (principalmente diferentes grados de alúmina: Al_2O_3) y no óxidos (B_4C , SiC , Si_3N_4 , AlN y otros). Los materiales cerámicos suponen un componente importante en la fabricación de blindajes de bajo peso ya que es el primer material con el que el proyectil entra en contacto modificando la morfología de la bala, además consiguen disipar parte de la energía cinética que genera el impacto, previniendo la propagación de grietas. Por su parte, la capa trasera del laminado disipa la energía residual del impacto y soporta además, el impacto posterior de la capa cerámica y lo que queda del proyectil.

AIMPLAS ha colaborado en el desarrollo de un proyecto de investigación con el objetivo de obtener un blindaje de bajo peso para embarcaciones patrulla que cumplieran el nivel de protección 1 según la norma STANAG 4569. Se realizaron distintos laminados, cada uno de ellos con un espesor diferente. Todos ellos compuestos por una capa cerámica (mezcla de resina termoestable y alúmina) y otra capa de composite formado por una resina termoestable y capas intercaladas de fibra de vidrio y fibra de aramida. Algunos laminados se combinaron con los materiales comerciales: acero MARS 240, MARS 300 y PVC-Flex. Las características de cada laminado se detallan en la tabla 1.

En todos los casos, la obtención del composite (fibra de vidrio, fibra de aramida y resina) se realizó mediante el proceso de bolsa de vacío. Este proceso consiste en laminar a mano la fibra junto con la resina y posteriormente, con la ayuda de una bolsa, realizar vacío para eliminar el exceso de resina y el aire ocluido.

Roig-Asensi, I. (2017). Casos prácticos del uso de Plásticos y Composites en Defensa y Seguridad. *Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE*, 2(1), 79-86.





Figura 1. Muestra 2, parte posterior de composite (a) y parte delantera cerámica con 2 capas de fibra de aramida (b), y muestra 5 unida con adhesivo epoxi (c). Fuente: Elaboración propia.

2.2. Faro del Puerto de Valencia

El faro de la ampliación Norte del Puerto de Valencia (Navarro, 2016) se compone de un casetón que sirve para alojar el equipamiento necesario para el funcionamiento del sistema lumínico y como elemento soporte y de cimentación. Esta estructura sirve además como elemento soporte del sistema de abastecimiento energético y del sistema de seguridad de protección contra rayos, así como elemento soporte de la escalera que permite los trabajos de inspección y mantenimiento.

La estructura del faro consta de 8 columnas tubulares de composites de fibra de carbono de 31 metros de altura obtenidas mediante el proceso de pultrusión. La conexión y rigidización horizontal entre los ocho tubos se materializa por un doble sistema: cuatro anillos horizontales con forma de octógono, compuestos por tubos de composites de fibra de vidrio dispuestos cada 6 metros y por cinco forjados horizontales de planta octogonal, formados con paneles sándwich de composite de 0,20 metros de espesor distribuidos con pieles de composite de fibra de vidrio y núcleo de material de baja densidad ($0,30 \text{ kN/m}^2$).

Para las labores de inspección y mantenimiento se dispone en el eje de la estructura una escalera de caracol de 2,40 metros de diámetro y 27,00 metros de altura fabricada composites de fibra de vidrio.

Como elemento de seguridad tanto en la escalera, como en las plataformas visitables, se dispone una barandilla realizada en composites de fibra de vidrio de 1,20 metros de altura.

Tanto las plataformas intermedias, como los peldaños están recubiertos con un recubrimiento (top coat) para garantizar un acabado antideslizante y con protección contra el fuego.

2.3. Construcciones modulares. Refugios

El nuevo concepto de alojamiento para situaciones de emergencia desarrollado en materiales poliméricos destaca por su fácil transporte y montaje, con mejoras de confort y habitabilidad. Se trata de un sistema de arquitectura modular de bajo coste. Los objetivos alcanzados mediante por el desarrollo y diseño del proyecto de construcciones modulares se detallan a continuación:

- 1) Diseño adaptado a soluciones de alojamiento inmediato, transicional y definitivo.
- 2) Cada unidad puede unirse en ambas direcciones, lo que permite formar agrupamientos y proporcionar refugios de diferentes dimensiones para crear cualquier tipo de edificio.
- 3) Aumento del confort higrotérmico mejorando la calidad de vida. Las fachadas son transpirables, impermeables y aisladas térmica y acústicamente.
- 4) Muros rellenables, reduciendo los costes y las dificultades de transporte y permitiendo su refuerzo con materiales locales como tierra, escombros, arena, etc ...
- 5) El diseño permite la entrada de luz natural y la capta proporcionando energía suficiente para el consumo doméstico.
- 6) Se ha diseñado un sistema de recogida de agua para su almacenamiento y potabilización.



7) La unidad es respetuosa con el medioambiente. Basado en un diseño “Cradle to Cradle”, todos los materiales son reciclables, reutilizables o biodegradables.

AIMPLAS ha participado en la evaluación los diferentes materiales termoplásticos para el desarrollo de diferentes estructuras de los módulos, teniendo en cuenta las prestaciones en cuanto a resistencia mecánica, resistencia a la radiación ultravioleta, resistencia al fuego, etc; así como su capacidad para plegarse y adecuarse al diseño tipo “origami” establecido para los módulos de los refugios.



Figura 2. Prototipos fabricados en diferentes materiales termoplásticos del diseño tipo “origami” del módulo de los refugios. Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados y discusión

3.1. Blindaje

Para la comprobación del comportamiento frente al impacto de bala de los laminados fabricados (según el nivel de amenaza 1 de la norma STANAG 4569) se realizaron los correspondientes ensayos de balística con una bala 7.62 x 51 mm ordinario (NATO), softcore.

Los resultados se muestran en la tabla 1.

Muestra	Características		Velocidad del proyectil (m/s)	Penetración
	Composición	Densidad superficial		
1	Composite + 18 mm de capa cerámica	95,12 kg/m ²	855,5	NO
2	Composite + 18 mm de capa cerámica	75,5 kg/m ²	745,5	SI
			693,4	NO
			708,3	NO
			728,5	SI
			834,5	SI
3	Composite + 12 mm de capa cerámica	75,5 kg/m ²	838,1	NO
			836,6	NO
4	1 capa PVC-Flex 1 capa composite 1 capa PVC-Flex	56,1 kg/m ²	841,2	SI
			759,9	SI
5	Acero MARS 300 1 capa composite Acero MARS 240	58,78 kg/m ²	844,8	SI
			759,8	NO

Tabla 1. Resultados de las pruebas de balística. Fuente: Elaboración propia.

Las muestras 1 y 3 han superado el test de resistencia balística según la norma STANAG 4569 (nivel amenaza 1, velocidad del proyectil: 833 m/s), esta última tiene una densidad superficial de tan sólo 75,5 kg/m²; demostrando la viabilidad del uso de materiales compuestos en estructuras blindadas.

3.2. Faro Puerto de Valencia

En las siguientes figuras se observan los diferentes pasos del proceso de montaje del Faro, así como la estructura final.

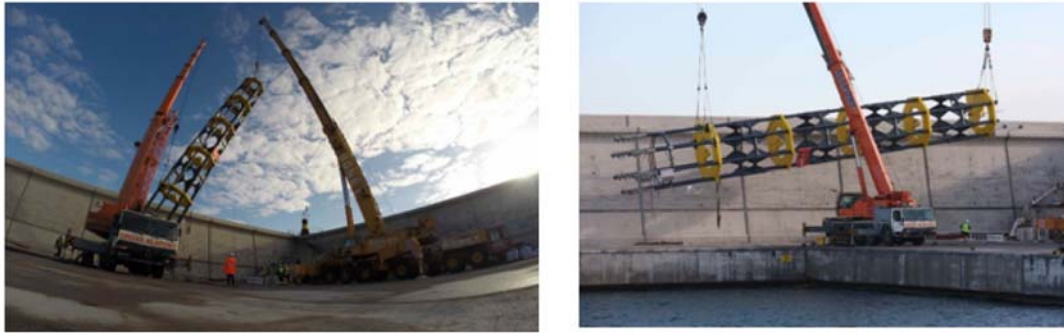


Figura 3. Vista del faro del proceso de colocación del faro. Fuente: Elaboración propia.

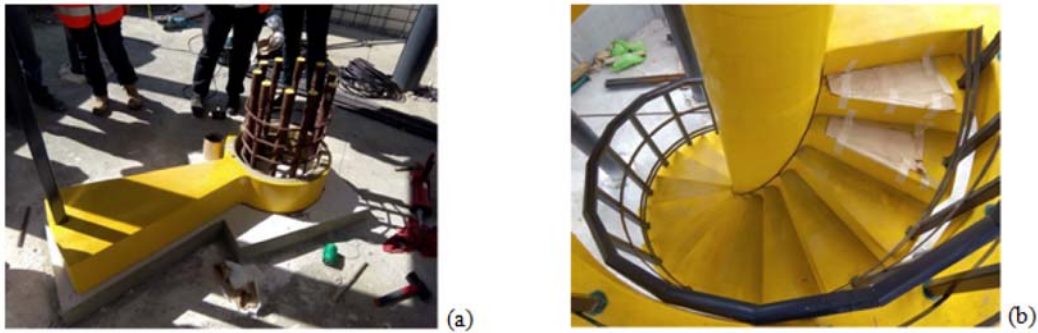


Figura 4. Vista del encofrado superior del forjado del casetón (a). Replanteo del arranque de la escalera de caracol con su núcleo de hormigón (b). Fuente: Elaboración propia.

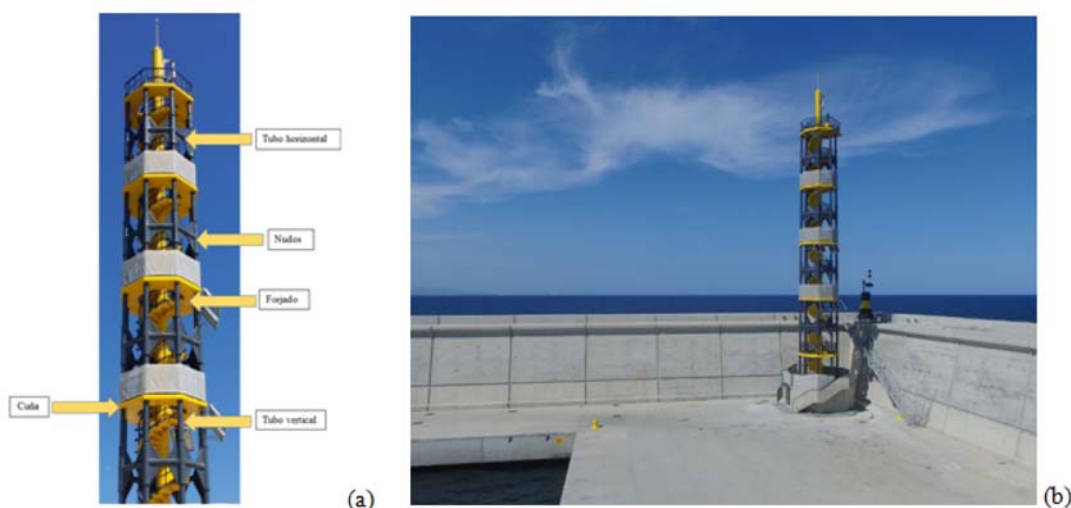


Figura 5. Partes principales de la estructura portante del faro (a). Vistas finales del faro terminado (b). Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el Faro de la ampliación norte del Puerto de Valencia demuestran la aplicabilidad de los materiales compuestos en diferentes tipos de infraestructuras: pasarelas peatonales, escaleras, plataformas, torres de vigilancia y control,...

3.3. Construcciones modulares. Refugios

En las siguientes figuras se observan las estructuras modulares desarrolladas dentro del proyecto SURI, así como diversas aplicaciones de estos módulos en el sector de defensa y seguridad.



Figura 6. Prototipo del refugio (a). Aplicaciones de los módulos en el sector de defensa (b). Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo realizado dentro del proyecto SURI ha dado como resultado unas construcciones modulares fáciles de transportar que pueden ser aplicadas en distintos sectores debido a las características mencionadas con anterioridad.

4. Conclusiones

Tal y como se ha descrito en los tres casos prácticos detallados, los Plásticos y Composites son una alternativa clara para su uso en el Sector de Defensa y Seguridad, debido a sus destacables ventajas en relación a la reducción de peso, facilidad de montaje, mantenimiento y diseño, entre otras:

1) Respecto al sector del blindaje, los resultados descritos en relación al ensayo de resistencia balística según norma STANAG 4569 confirman la aplicabilidad de los materiales compuestos en el sector del blindaje de bajo peso para embarcaciones patrulla cumpliendo con el nivel de protección 1. El blindaje desarrollado está compuesto de una capa frontal de carga cerámica y una capa posterior de composite.

2) La construcción y posterior izado del Faro de la ampliación norte del Puerto de Valencia demuestran la aplicabilidad de los materiales compuestos en este tipo estructuras, pudiendo ser trasladables los resultados obtenidos a distintas infraestructuras utilizadas en el sector de defensa y seguridad.

3) Con el desarrollo del proyecto de investigación y desarrollo de un nuevo refugio (SURI), se ha obtenido un sistema de construcción modular para situaciones de emergencia y falta de alojamiento, que puede mejorar la calidad de vida de las personas que actualmente habitan en tiendas de campaña, y que es aplicable en el sector de defensa y seguridad.

Cómo citar este artículo / How to cite this paper

Roig-Asensi, I. (2017). Casos prácticos del uso de Plásticos y Composites en Defensa y Seguridad. *Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE*, 2(1), 79-86. (www.cisdejournal.com)

Referencias

- General Armour (2016). (<http://www.generalarmour.com/pagesGA/protectionlevel.htm#top>)
- Medvedovski, E. (2006). Light weight ceramic composite armour system. *Advances in Applied Ceramics*, 105(5), 241-245.
- Navarro, A. (2016). Construcción del nuevo faro en la ampliación Norte del puerto de Valencia. *CERCHA. Revista de la Arquitectura Técnica*, (129), 68-75.
- Transitional Shelter Guidelines - International Organization for Migration (IOM) (2016). (<https://www.iom.int/files/live/sites/iom/files/What-We-Do/docs/Transitional-Shelter-Guidelines.pdf>)
- Übeyli, M.; Deniz, H.; Demir, T.; Ögel, B.; Gurel, B.; Keles, O. (2011). Ballistic impact performance of an armor material consisting of alumina and dual phase steel layers. *Materials and Design*, (32), 1565-1570.
- Witten, E. (2015). *Composites Market Report 2015: Market developments, trends, challenges and opportunities*. AVK – Federation of Reinforced Plastics.

