

Materiales híbridos con base de grafeno

Autores: D. Amador Muntó y equipo Gnanomat.

Palabras clave: nanomateriales, grafeno, fabricación, RAM.

Líneas I+D+i ETID relacionadas: 3.2.1, 3.2.3, 3.3.1, 10.2.1.

Introducción

Desde la Unión Europea, tanto desde los organismos militares como de los civiles, se insiste en la necesidad de desarrollar nuevos materiales avanzados para el desarrollo de productos con mejores prestaciones, lo que implica mejoras en los procesos de obtención para que sean más

Lo que se denomina materiales avanzados son parte importante de la solución a los retos tecnológicos, industriales y sociales que van surgiendo, con los que se busca un mejor rendimiento en su uso, menores necesidades de recursos y energía en su fabricación y la sostenibilidad durante todo el ciclo de vida de los productos originados a partir de ellos.

Nanomateriales híbridos

El físico R.P Feynman fue el primero en utilizar la expresión «nanotecnología» en su conferencia «Hay mucho espacio al fondo» en 1960 M (1). La definición comúnmente aceptada de «nanomaterial» es un material con al menos dos de sus dimensiones en el rango de 1 a 100 nanómetros (abreviado nm), siendo un nanómetro, una

dimensión máxima de unos 0,3 nm. De manera que unas 3 moléculas de agua alineadas según su mayor dimensión «midan» aproximadamente 1 nanómetro.

Es fácil imaginar —aun no sabiendo gran cosa del asunto—, que los nanomateriales habrán de jugar un papel importante en aquellos ámbitos donde la miniaturización sea un aspecto crítico del progreso tecnológico. La microelectrónica y la optoelectrónica son ejemplos donde la miniaturización jugó un papel determinante en la década de los 70 y 80 del siglo pasado, pero en actualidad, campos como el de la sensorística y el del almacenamiento de energía eléctrica sin lugar a duda son otros dos, entre otros, donde estos desarrollos están mostrando todo su potencial.

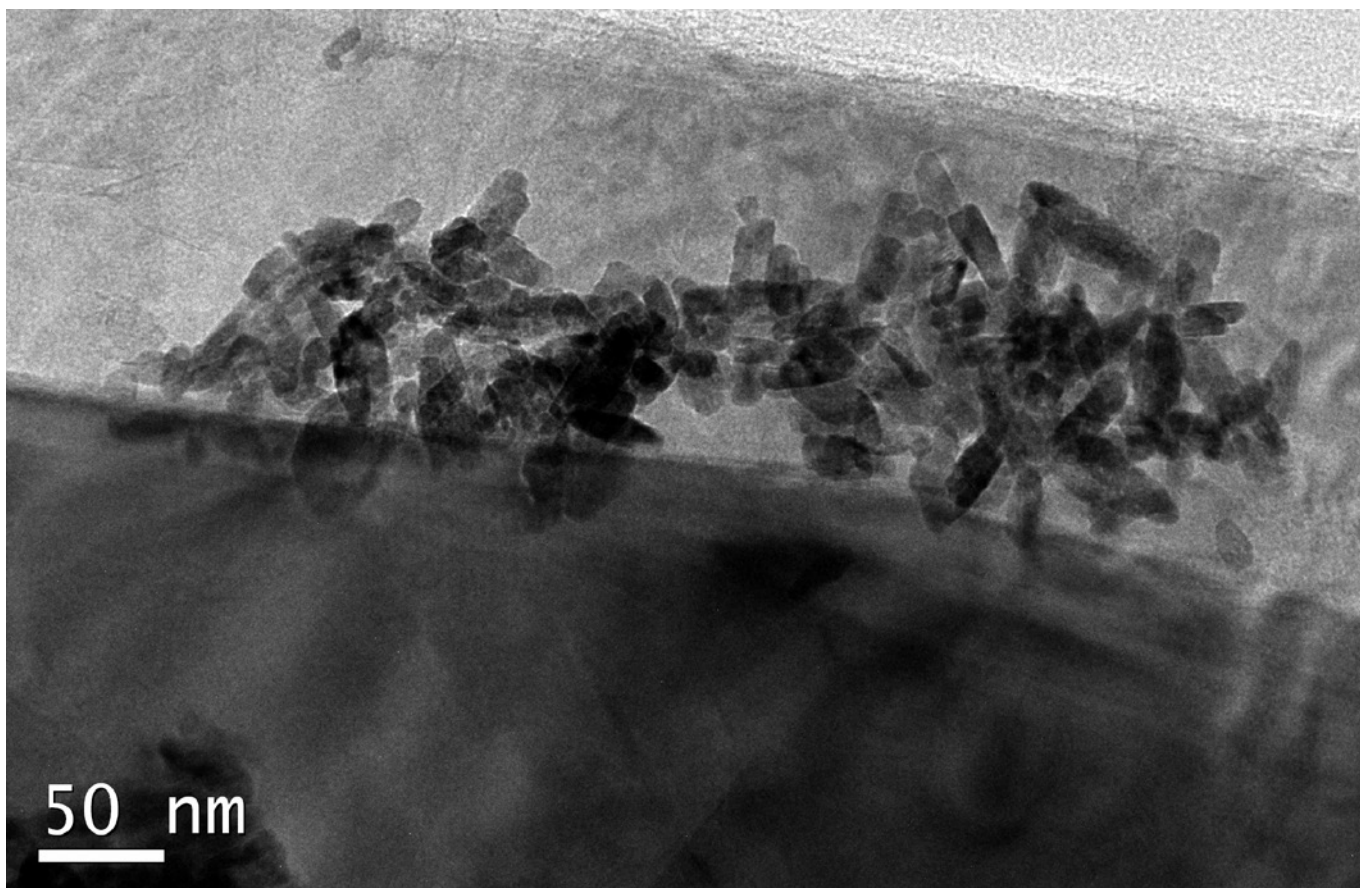


Figura 1. Imagen obtenida a través microscopía electrónica de transmisión (TEM) de un nanocomposite grafeno/nanopartículas de óxido metálico. (Fuente: Gnanomat)

rentables y sostenibles, y para buscar alternativas que permitan la sustitución de recursos actuales con dificultades de disponibilidad o que se consideren estratégicos.

milésima parte de una micra, que es a su vez una milésima parte de un metro.

Una molécula de agua tiene un tamaño medio aproximado en su

Recientes avances en esta rama de la tecnología de materiales que se ha denominado nanomateriales —que deriva directamente de la nanotecnología—, y en particular, en las tecnologías

del grafeno, han abierto nuevas posibilidades en ámbitos de interés para la defensa como son: los materiales estructurales, los revestimientos y el almacenamiento de energía eléctrica (2). Aunque los materiales de base carbonosa y grafeno aportan un notable abanico de propiedades, riqueza química y funcional a los materiales convencionales, por sí solos ofrecen esas capacidades interesantes y deseables desde un punto de vista funcional, como son las propiedades magnéticas, la actividad biocida o la catalítica.

Las nanopartículas en general, debido a su pequeño tamaño, presentan propiedades fisicoquímicas totalmente diferentes a las partículas de mayores dimensiones, entre ellas una mayor relación área superficial/masa de material. Así, por ejemplo, las

Dependiendo de la aplicación, tener más sitios activos significa tener una mayor actividad catalítica, mayor interacción con microorganismos, mejoras en sus propiedades magnéticas o mayor respuesta electroquímica, lo que les permite desempeñar mejor y de manera más eficiente sus funciones (3). Además, la deposición de las nanopartículas sobre la superficie de grafeno ayuda a evitar el reapilamiento de este, haciendo más accesible el área superficial, y preservando sus características y propiedades.

Combinando el grafeno o cualquier otro material de base carbono (óxido de grafeno, carbonos activados, nanofibras de carbono, etc.) y las nanopartículas de óxidos de metales de transición obtenemos unos materiales que se pueden denominar «híbridos»

supercondensadores, así como en su uso como materiales absorbentes de radar (RAM), reduciendo el nivel de energía electromagnética dispersada por su superficie. Por otro lado, el material grafénico actúa como soporte de las nanopartículas, permitiendo una mayor estabilización y dispersión de estas, y evitando la tendencia de las propias nanopartículas a la aglomeración.

Fabricación de los materiales híbridos

La empresa española Gnanomat S.L. (4) ha desarrollado una plataforma tecnológica para el diseño, fabricación y ensayo de nanomateriales híbridos, que combinan materiales de grafeno y carbono con nanopartículas

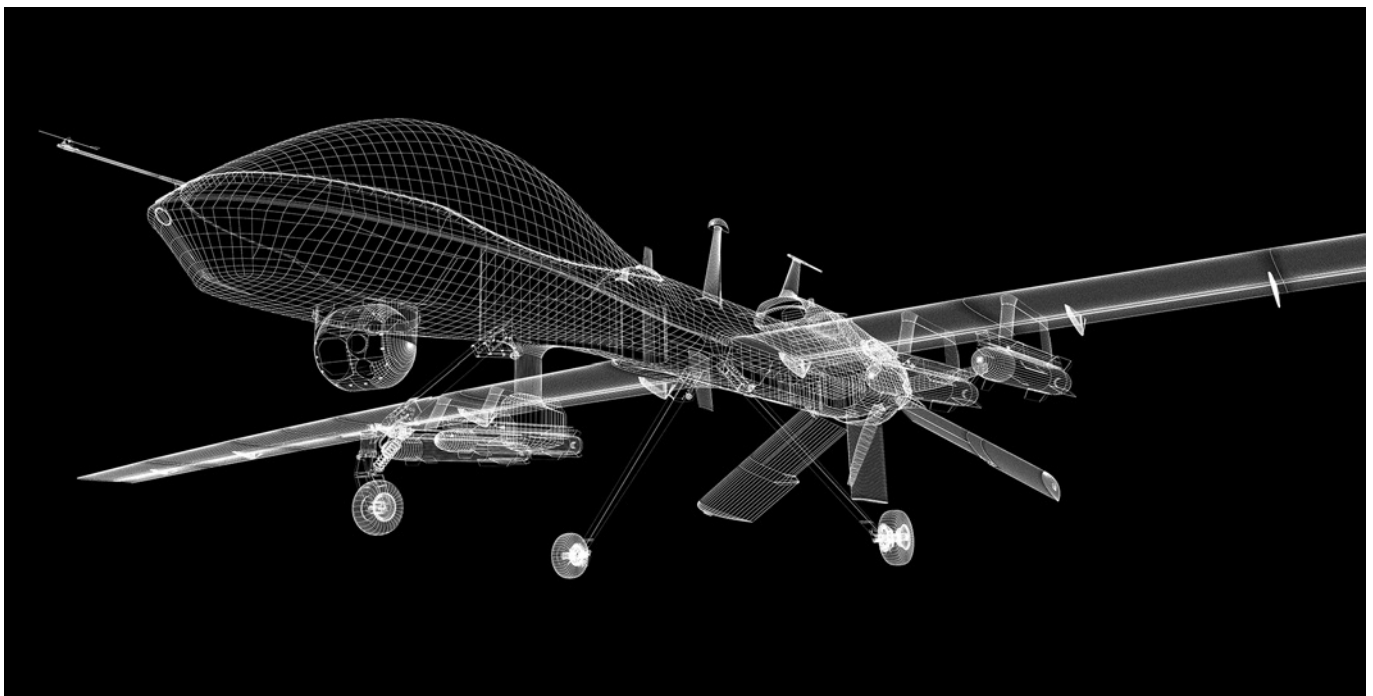


Figura 2. Dron. Los materiales híbridos con base de grafeno pueden ser aplicados en distintos sistemas de defensa. (Fuente: Gnanomat)

nanopartículas de óxidos metálicos de transición, depositados en materiales de base carbonosa y grafeno, forman y ofrecen una familia amplia de materiales con una elevada área específica. Una mayor área superficial significa tener más sitios activos en superficie, lo que se traduce en una mayor reactividad química con otras sustancias químicas o reactivos, afectando esto al comportamiento óptico, eléctrico y magnético de los materiales.

o nanocomposites. Las nanopartículas de los óxidos están ancladas en la superficie del grafeno y lo «decoran». El grafeno añade conductividad eléctrica a los óxidos, que suelen ser malos conductores. La inyección de electrones del grafeno en los óxidos aumenta la conductividad del material híbrido, observándose beneficios debidos a esta sinergia entre materiales en diversas aplicaciones, como, por ejemplo, en los electrodos de baterías y

de metales y óxidos metálicos de transición mediante procedimientos a escala preindustrial. Con este enfoque es posible conferir nuevas o mejoradas propiedades al grafeno y bases carbonosas, lo que permite mejores oportunidades para abordar aplicaciones duales de interés e impacto estratégico, como los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica y la reducción de firma electromagnética.

Tecnologías emergentes

Los métodos actuales de producción de materiales híbridos con base de grafeno requieren transformaciones químicas en múltiples reactores, lo que hace que su producción industrial sea complicada y costosa. Tratando de buscar soluciones a estos retos, el proceso (bajo patente) (5) presenta un método más sostenible y relativamente sencillo para la producción de materiales híbridos, en un procedimiento de síntesis de un solo reactor, que se presta a una producción preindustrial de menor coste. Se trata, por tanto, de un método para tener en cuenta para la producción industrial de nanomateriales híbridos, ya que ofrece un nuevo enfoque para su explotación real en aplicaciones industriales.

La tecnología de fabricación es muy versátil y ofrece diferentes proporciones y combinaciones de material carbonoso/grafeno y nanopartículas, nanopartículas derivadas de diferentes materias primas (típicamente sales/complejos metálicos), integración de dos o más tipos de nanopartículas en el mismo material híbrido y la posibilidad de tener estructura cristalina o amorfa de nanopartículas, entre otras.

Actualmente, como ya se ha comentado, se cuenta con la capacidad de producción preindustrial. La producción a escala piloto se ha desarrollado a través de dos proyectos de Horizonte 2020: GRAPHEEN (*Green and straightforward process for the synthesis of Graphene-based nanomaterials*) e INN-PRESSME (*open INNOVation ecosystem for sustainable Plant-based nano-enabled biomaterials deployment for packaging, transport and consumer goods*). Este último está catalogado como OITB (*Open Innovation Test Bed*), proporcionando acceso común a instalaciones físicas, capacidades y servicios necesarios para el desarrollo, ensayo y escalado de la nanotecnología y los materiales avanzados en entornos industriales.

Aplicaciones

Mediante el empleo de esta tecnología de fabricación, es posible el desarrollo de soluciones tecnológicas integrales, en estrecha colaboración con los usuarios finales de las distintas aplicaciones. Se ha elaborado

una lista preliminar de materiales disponibles para fines académicos y a pequeña escala, con diferentes formulaciones, según su aplicación. Algunas de estas aplicaciones ya se están explorando con usuarios finales e integradores, que aportan información notoria de adecuación al mercado para su explotación, tanto en el ámbito civil como militar. Los nanomateriales pueden proveer a los Ejércitos de materiales más resistentes y ligeros, vendajes para curar heridas y detener hemorragias, materiales con propiedades antibacterianas y antivirales, y sensores de gases y biológicos. Además de emplearse en desarrollos punteros como los elementos de protección pasiva, el ahorro de combustible, la fabricación de plataformas aéreas, terrestres y navales más ligeras y resistentes o la reducción de la firma radar de las mismas.

La industria de defensa, como sector estratégico en España (6), aporta y empuja el desarrollo de nuevas capacidades tecnológicas e industriales. Existe una creciente demanda tecnológica, impulsada por proyectos e

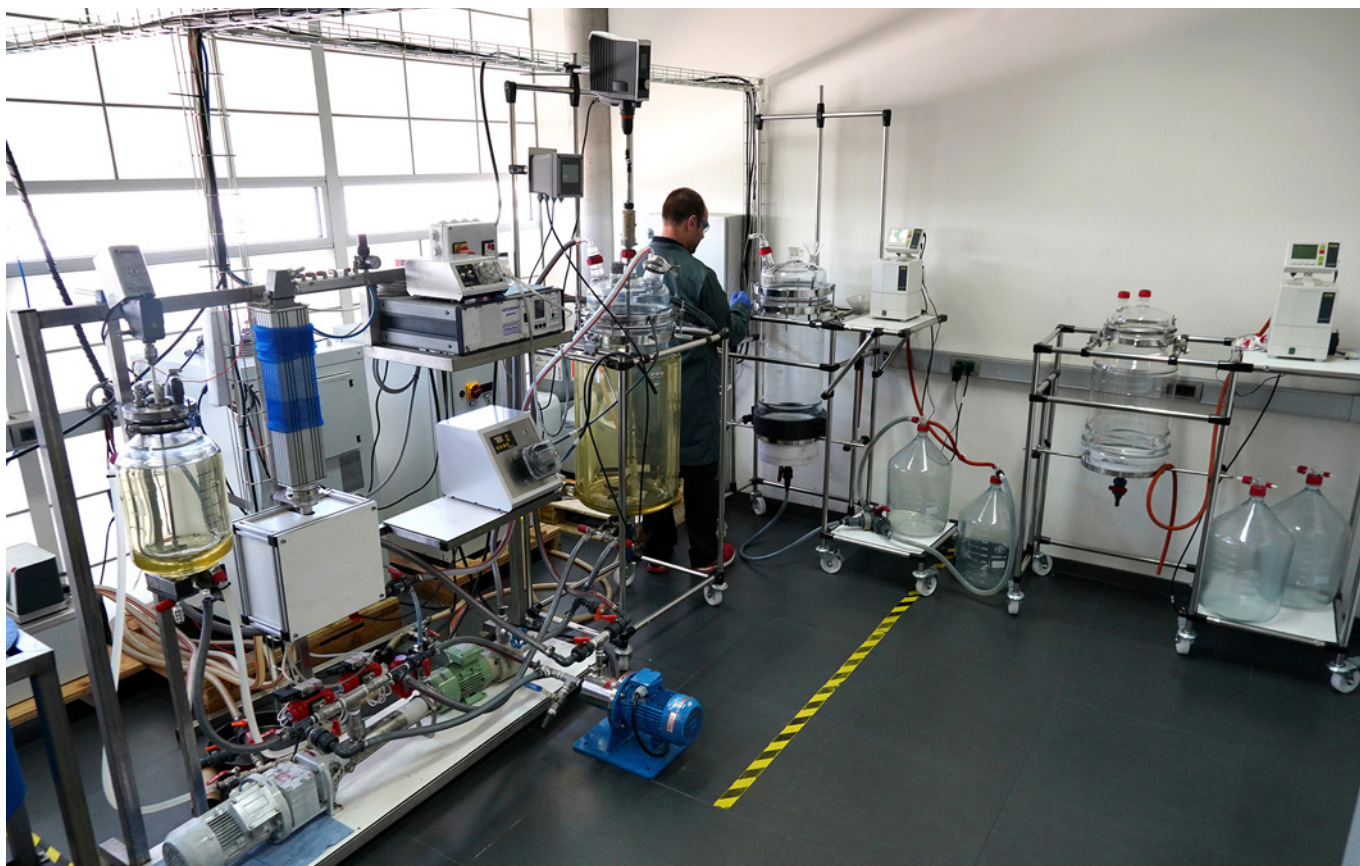


Figura 3. Planta Piloto de Gnanomat. (Fuente: Gnanomat)

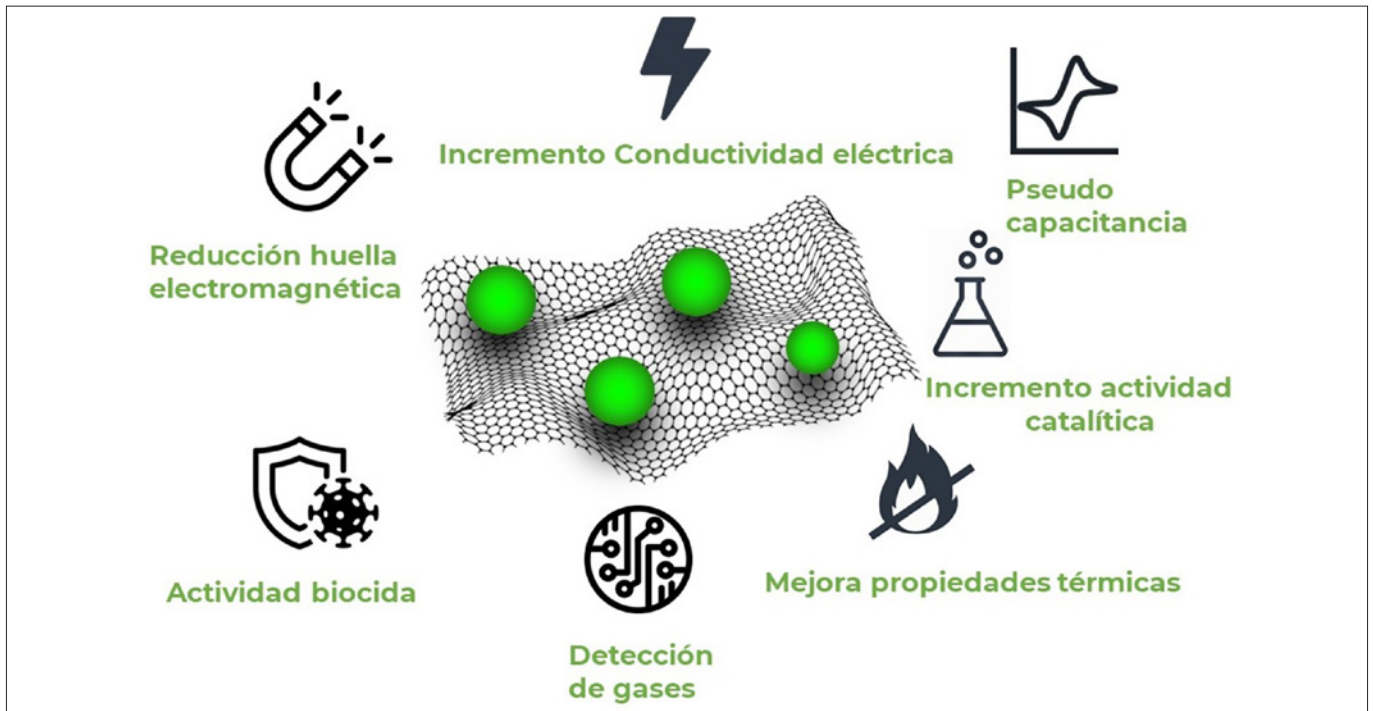


Figura 4. Propiedades materiales híbridos de Gnanomat. (Fuente: Gnanomat)

iniciativas de carácter nacional como internacional. Un ejemplo es el FCAS (Futuro Sistema Aéreo de Combate), con relación a nuevos materiales para tecnologías de absorción de microondas y blindaje contra interferencias electromagnéticas.

Estudios llevados a cabo por Gnanomat en una colaboración con investigadores del Instituto de Magnetismo Aplicado de la Universidad Complutense de Madrid (IMA-UCM) confirmaron propiedades de absorción electromagnética en banda X de los nanomateriales híbridos basados en grafeno. El resultado de estas pruebas sugirió que las formulaciones que contienen materiales híbridos magnéticos, podrían ser una opción plausible para el diseño de tecnologías y productos que reduzcan la huella electromagnética.

También existe un gran interés en el desarrollo de nuevos sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, en concreto para altos pulsos de potencia. La investigación y desarrollo de nanomateriales híbridos y su integración como material de electrodo, así como el diseño y configuración de sus celdas, podría ser también la llave para conseguir sintetizar nanomateriales específicos, capaces de ser empleados en el desarrollo de un supercondensador

híbrido para aplicaciones militares, tales como, armas antidrones o antimisiles basadas en tecnología láser o cañones electromagnéticos.

Conclusiones

Los materiales híbridos con base de grafeno son, por tanto, soluciones que pueden resultar interesantes desde el punto de vista de sus aplicaciones en defensa: reducción de la firma electromagnética, obtención de sistemas de generación de energía eléctrica más eficientes para altos pulsos de potencia, mejora de las propiedades mecánicas de los materiales para la obtención de estructuras más ligeras y resistentes, etc. Son algunos de los ejemplos basados en estudios que ya han sido realizados. Además, ya se ha comprobado que su fabricación a escala preindustrial es viable, suponiendo una alternativa a otros materiales que se han empleado tradicionalmente y que en la actualidad están considerados como estratégicos o críticos. Los materiales híbridos con base de grafeno se han de tener en cuenta, por tanto, para su aplicación en los futuros sistemas de defensa.

A corto y medio plazo, se esperan avances en la investigación y desarrollo de los nanomateriales híbridos,

como parte necesaria de las soluciones tecnológicas. En estrecha colaboración con los integradores y usuarios finales, el objetivo es optimizar las presentaciones a la vez que progresar en la reducción de costes y continuar ensayando con demostradores en cada una de las aplicaciones, lo que se identifica como clave para transitar hacia su futura industrialización.

Bibliografía

- [1] Feynman, R. P. (1960). *There is plenty of room at the bottom*. En: *Annual Meeting of the American Physical Society. Engineering and Science*.
- [2] A. C. Ferrari et al. (2015). *Science and Technology Roadmap for Graphene, Related Two-Dimensional Crystals, and Hybrid Systems*. *Nanoscale*, 7, 214.
- [3] Wu, Z.-S et al. (2012). *Graphene/Metal Oxide Composite Electrode Materials for Energy Storage*. *Nano Energy*, 1, 107.
- [4] Gnanomat. Disponible en: <https://www.gnanomat.com/>.
- [5] Martínez, M. S. et al. (2019). *Method of Obtainment of Nanomaterials Composed of Carbonaceous Material and Metal Oxides*, WO2019206989A1 (31 October).
- [6] *La industria de defensa en España. Informe – 2020*. (2020). Madrid, Ministerio de Defensa. Disponible en https://www.defensa.gob.es/Galerias/dgamdocs/Informe_Industria_Defensa_2020.pdf