

Tecnologías emergentes

Baterías estructurales

Autores: D. Luis Miguel Requejo, OT MAT, D. Carlos Garrido, OT ENEP, SDG PLATIN

Palabras clave: baterías, materiales, energía, peso.

Líneas I+D+i ETID relacionadas: 3.2.1; 3.3.5; 5.1.3; 6.2.3; 7.2.1.

Introducción

El objetivo de sustituir los motores de combustión de las plataformas aéreas, navales y terrestres por sistemas eléctricos puede estar cada vez más cerca de poder cumplirse gracias a la evolución de la tecnología de los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. Hay que tener en cuenta que uno de los principales inconvenientes para la integración de baterías en las plataformas eléctricas actuales es la cuestión del peso, ya que incrementar el número de baterías para lograr una mayor autonomía supone lastrear a las plataformas con muchos kilos

extra, sin que aporten ningún tipo de mejora en lo que se refiere a prestaciones mecánicas.

Una solución interesante a esta problemática sería la implementación de las que se denominan como baterías estructurales. Una batería estructural, por concepto, es aquella que funciona como fuente de energía y como elemento integrante de la estructura de un sistema, como por ejemplo, siendo parte de la carrocería de un vehículo. Desde un punto de vista técnico, las baterías estructurales serían lo que se conocen como materiales o estructuras multifuncionales, ya que son capaces de actuar como un sistema de almacenamiento de energía, al mismo tiempo que poseen la suficiente integridad mecánica como para ser un elemento resistente a las diferentes tensiones mecánicas a las que pueda ser sometido.

Las baterías estructurales ayudarían a aligerar una plataforma y serían útiles en aplicaciones de transporte por su potencial para

mejorar la eficiencia del sistema. A efectos prácticos, el peso de la batería como tal desaparecería pasando a ser un elemento integrante de la misma estructura de la plataforma, por lo que se podría reducir considerablemente el peso de la misma. Un aspecto especialmente beneficioso de este tipo de solución, en especial al tratar de plataformas militares, sería la posibilidad de incrementar la carga de pago (cuantificada tanto en peso como en volumen disponible).

Tipos de baterías estructurales

Se pueden distinguir distintos tipos de baterías estructurales en función de su grado de integración estructural. Partiendo de un nivel de integración 0 en referencia a las baterías convencionales, encontramos los sistemas desacoplados en los que están las baterías tipo I, que son celdas integradas en un componente estructural determinado y las tipo II, que son celdas formadas por láminas delgadas integradas en un componente estructural. Por otra

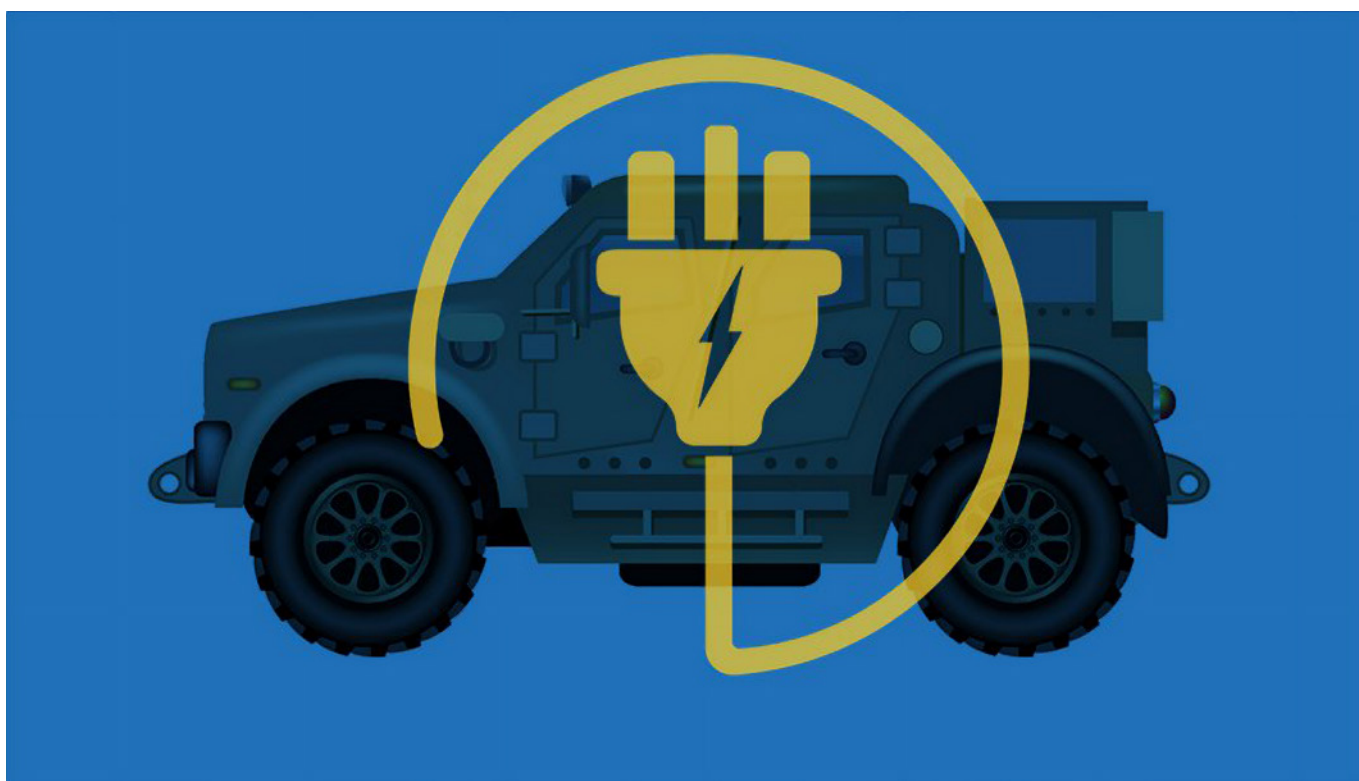


Fig. 1. Los ejércitos de los países más desarrollados ya trabajan en el desarrollo de tecnologías de electrificación para sus plataformas. (Fuente: <https://www.nationaldefensemagazine.org/>).

parte, estarían los sistemas acoplados o totalmente integrados en los que el propio elemento estructural (que son las baterías estructurales tipo III) o el propio material (que son las de tipo IV) funcionan como una unidad de almacenamiento de energía.

El presente artículo se centra en los sistemas acoplados (baterías estructurales tipo III y tipo IV) al considerar que son los que realmente actúan como materiales multifuncionales, siendo la solución que aportaría más ventajas en cuanto a reducción de peso, mientras que las baterías estructurales tipo I y tipo II lo hacen más como estructuras con distintas funcionalidades.

por elementos que aporten un incremento en las prestaciones mecánicas.

Se pueden encontrar sustitutos prometedores para la mayoría de los componentes, a excepción del material del cátodo. Por lo tanto, el cátodo generalmente se prepara a partir de electrodos laminados convencionales o fibras de carbono funcionales con materiales activos como LiFePO_4 . Las fibras de carbono se pueden utilizar para el ánodo, ya que muestran un rendimiento similar al de los materiales gráfiticos convencionales. El separador se suele reemplazar con uno de fibra de vidrio. El electrolito es uno de los componentes más cruciales para estas baterías estructurales.

una estructura compuesta (electrodos estructurales laminados). En un diseño tipo *sándwich*, las baterías de iones de litio se incrustan formando el material que conforma el núcleo y se unen entre dos láminas frontales delgadas y resistentes. Las cargas mecánicas en el plano y las de flexión las absorben las láminas frontales, mientras que el núcleo absorbe las cargas transversales de corte y compresión, además de almacenar la energía eléctrica.

Por otra parte, en los electrodos estructurales laminados, el material del electrodo posee una función intrínseca de soporte de carga y almacenamiento de energía. El laminado

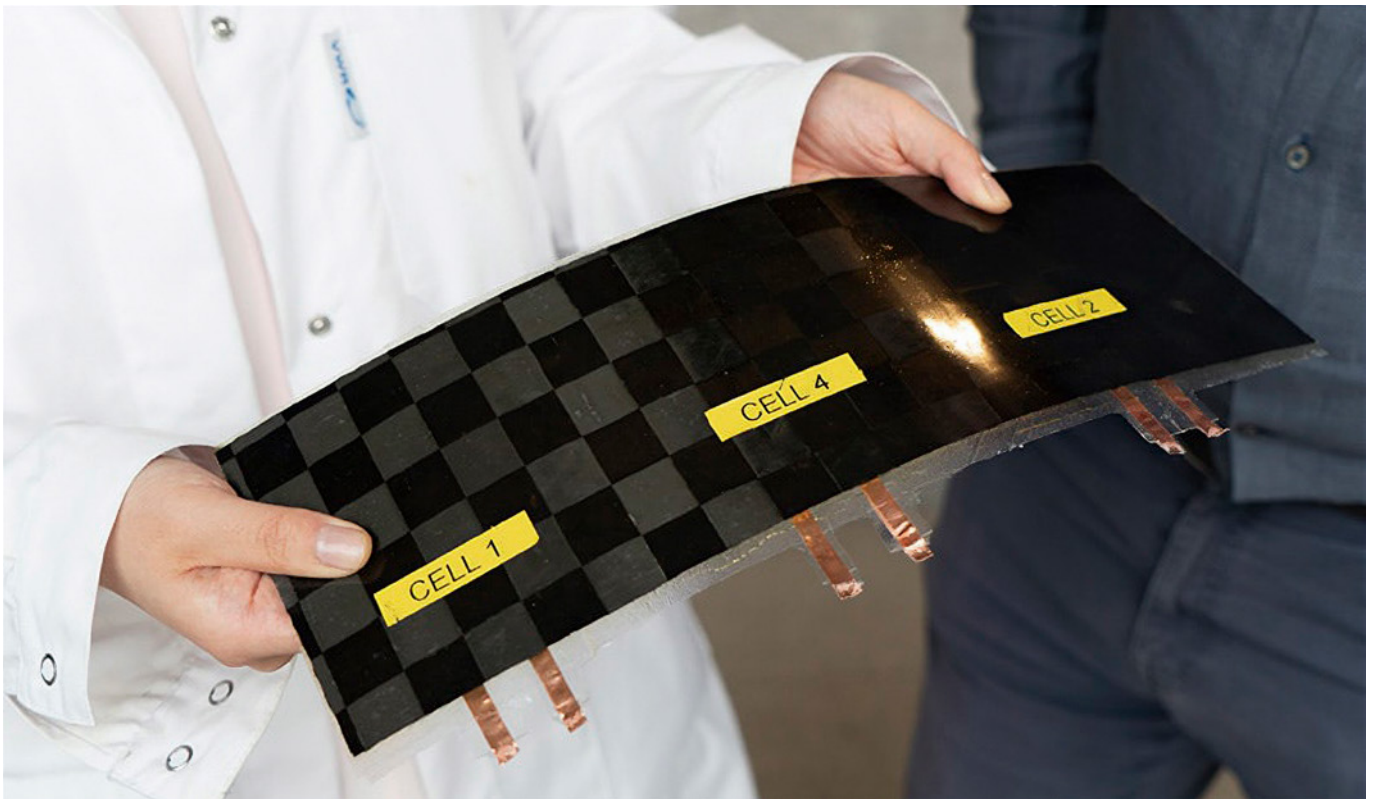


Fig. 2. Batería estructural desarrollada por la Universidad de Chalmers. (Fuente: <https://www.chalmers.se/>).

Baterías estructurales tipo III

Representan el primer paso hacia una verdadera multifuncionalidad. La idea básica detrás de este enfoque es sustituir tantos elementos como sea posible de una celda de batería convencional, especialmente los pasivos (es decir, la carcasa, los colectores de corriente, el separador y el electrolito),

Todavía se emplean electrolitos líquidos de carbonato convencionales debido a la falta de electrolitos alternativos altamente conductores con buenas propiedades mecánicas y estructurales.

Baterías estructurales tipo IV

Este tipo de baterías se integran en estructuras tipo *sándwich* o en

está hecho de la combinación de un electrodo negativo, un separador y un electrodo positivo, embebidos en un electrolito estructural y conductor iónico.

Una batería estructural en fase de estudio y desarrollo se basa en un concepto de polímero reforzado con fibra de carbono. Aquí, las fibras de carbono sirven simul-

Tecnologías emergentes

táneamente como electrodos y refuerzo estructural. La lámina está compuesta de fibras de carbono que están incrustadas en un material de matriz polimérica, que permite la transferencia de carga entre las fibras, pero también el transporte de iones de litio.

En la actualidad...

Hasta hace solo unos pocos años, los intentos que ha habido para fabricar baterías estructurales han dado como resultado dispositivos que ofrecían solo buenas propiedades mecánicas o solo buenas propiedades eléctricas. Se han ido produciendo mejoras, pero la realidad es que las baterías estructurales por el momento no pueden almacenar tanta energía como las baterías convencionales de iones de litio.

Recientemente, los avances de un grupo de investigadores de la Universidad Chalmers de Tecnología, en Suecia, podrían abrir una línea de investigación para la obtención de baterías que reúnan ambos tipos

de propiedades: han diseñado el primer prototipo de batería estructural hecha de materiales ligeros, cuyo rendimiento es diez veces mayor que el de otras baterías anteriores.

Contiene fibra de carbono que sirve simultáneamente de electrodo, conductor y material de soporte estructural de la plataforma. La fibra de carbono actúa como electrodo negativo y una lámina de aluminio recubierta de fosfato de hierro y litio como electrodo positivo. La fibra de carbono almacena la energía, pero también conduce los electrones eliminando la necesidad de usar otros conductores como el cobre o la plata, lo que reduce aún más el peso. Los dos materiales de los electrodos están separados por un tejido de fibra de vidrio en una matriz de electrolito estructural que sirve para transportar los iones de litio entre los dos electrodos de la batería, al mismo tiempo que transfiere las cargas mecánicas entre las fibras de carbono y otras partes.

A pesar del enorme salto tecnológico respecto a soluciones similares anteriores, este sistema tiene algunas limitaciones. La principal es que la densidad energética es todavía algo baja, 24 Wh/kg, lo que supone aproximadamente entre un diez y un veinte por ciento de capacidad en comparación con las baterías de iones de litio equivalentes disponibles actualmente en el mercado. En cuanto a las prestaciones mecánicas, con una rigidez de 25 GPa, la batería estructural es competitiva con muchos otros materiales de fabricación de uso habitual, aunque aún es reducida en comparación a la de los materiales compuestos habitualmente empleados en el sector aeronáutico (entre 70 y 150 GPa).

En cualquier caso, este primer prototipo sería la base para diseñar otros que ofrezcan una mayor autonomía y sean más eficientes y podría suponer un paso muy importante hacia la implantación de este tipo de baterías. De hecho, actualmente, se trabaja en conseguir una

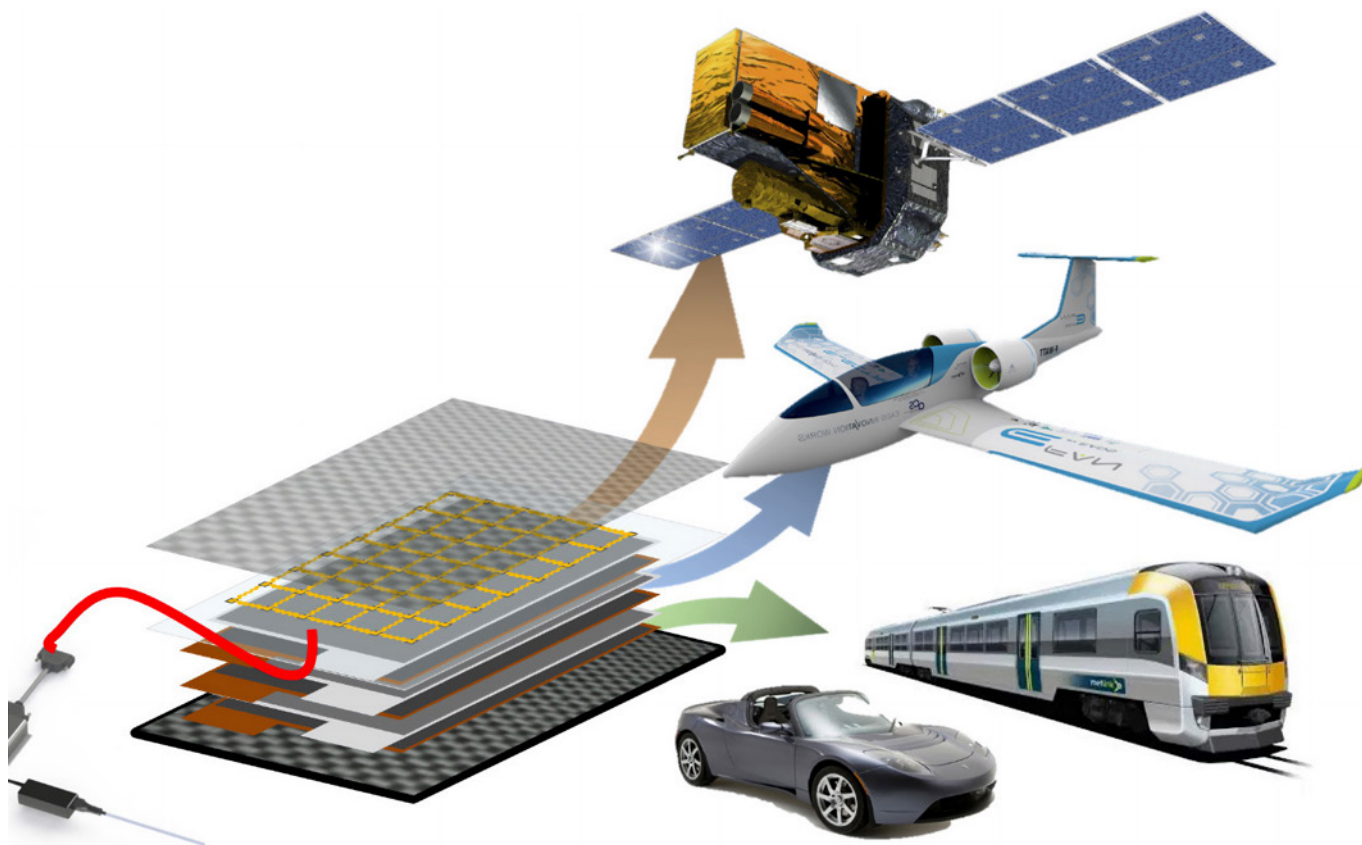


Fig. 3. Las baterías estructurales de material compuesto no pueden almacenar tanta energía como las baterías de iones de litio, pero tienen varias características que las hacen muy atractivas para su uso en vehículos y otras aplicaciones. (Fuente: <https://aviationweek.com/>).

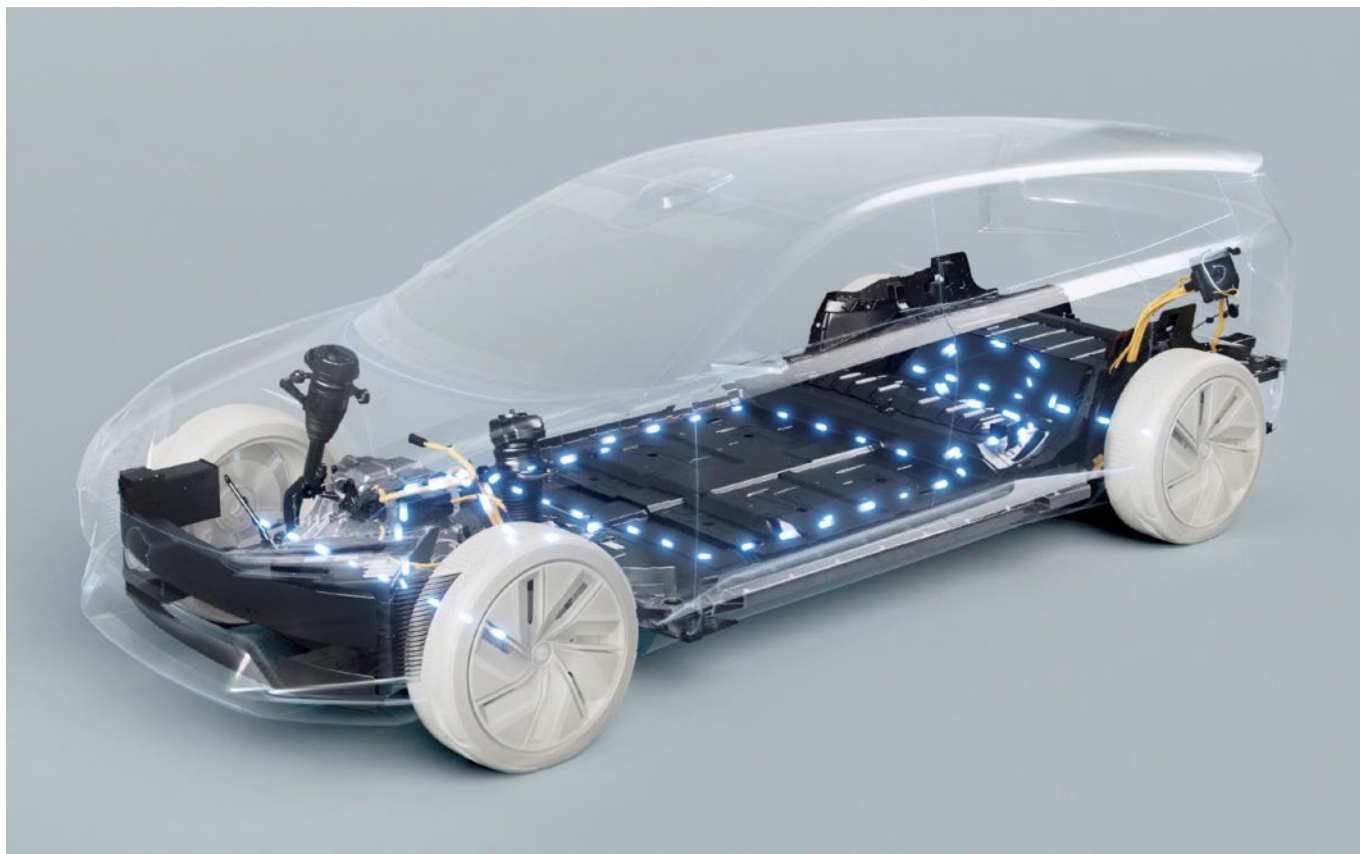


Fig. 4. Numerosas marcas de coches avanzan en el desarrollo de baterías cada vez mejor integradas en el vehículo. (Fuente: <https://autotech.news/>).

mejora del rendimiento de la batería estructural tratando de llegar a una densidad que rondará los 75 Wh/kg, con una rigidez de 75 GPa. Es necesaria, por tanto, la búsqueda de nuevos materiales para lograr estos objetivos, además de lograr reducir aún más el peso y teniendo en cuenta los conceptos de integración de la estructura para lograr optimizar sus distintas funcionalidades.

Existen otros aspectos sobre los que hay que trabajar de cara a una futura implantación de las baterías estructurales en sectores como el de la automoción o el aeronáutico. Uno de ellos radica en el presumible incremento de costes para el mantenimiento o las reparaciones que habría que llevar a cabo sobre este tipo de materiales. Se está estudiando la posibilidad de optar por sistemas modulares que permitan que la plataforma siga funcionando aunque alguna de las baterías estructurales dejara de funcionar y, además, para facilitar una posible reparación o sustitución rápida. Además, como son elementos críticos

para el funcionamiento de cualquier tipo de plataforma, habría que sopesar la posibilidad de llevar a cabo la integración adicional de un sistema de sensorización para el control de su funcionamiento y predicción de fallos.

Otro punto importante es la gestión térmica de la batería estructural, ya que hay que disipar el calor generado como consecuencia de los procesos electroquímicos de generación de energía. Este calor es especialmente importante en plataformas de tipo militar ya que podría tener aspectos negativos en las prestaciones mecánicas de la propia estructura y otros relacionados con un incremento de la firma IR.

Conclusiones

El desarrollo de baterías estructurales supone un avance muy importante de cara a la electrificación de todo tipo de plataformas, tanto civiles como militares. Se entiende que la incorporación de esta tecnología será progresiva y es de esperar que uno de los

primeros sistemas que puedan portar este tipo de baterías en el ámbito militar puedan ser drones u otros sistemas de pequeño tamaño, con unos requisitos de densidad energética no tan exigentes como el que puedan tener las plataformas de mayor tamaño.

El sector civil se encuentra muy activo en este sentido y son varias las marcas automovilísticas que colaboran en proyectos de I+D para el desarrollo de estas baterías y poder incorporarlas en un futuro no muy lejano. Se trata de una tecnología de claro carácter dual que permitirá, tanto al sector civil como militar, aprovecharse de los avances que se vayan desarrollando en ambos sectores, aunque, de cara a su incorporación a los sistemas militares habrá que tener en cuenta aspectos más particulares como es el de la gestión del calor generado por estos materiales, su robustez, mantenimiento y su potencial de reparación, o la monitorización de su buen funcionamiento a lo largo de toda su vida útil.