



AEDIVE

**BATERÍAS DE LITIO
SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE
RIESGO DE INCENDIO**



Las baterías desempeñan un papel fundamental en la transición energética desde los combustibles fósiles hacia fuentes más limpias.

La adopción de fuentes de energía renovables, con el importante desarrollo actual y futuro (sobre todo en el aprovechamiento del sol y del viento) así como la intermitencia en la generación de dichas fuentes (no siempre hace sol y no siempre hay viento), motivan que el desarrollo del almacenamiento de energía sea de vital importancia.

La energía eléctrica puede ser fácilmente generada, transportada y utilizada. Sin embargo, para que la energía eléctrica pueda ser almacenada, es necesario un proceso de transformación. En una batería, este proceso consiste en transformar la energía eléctrica en energía química. Este proceso es fácilmente reversible para pasar de energía química a energía eléctrica de nuevo. De este modo, conseguimos a través de las reacciones químicas reversibles y los correspondientes ciclos de carga y descarga, el objetivo de almacenamiento.

Ante la gran expectativa de crecimiento del mercado de baterías, el presente documento tiene por objeto abordar los riesgos y las medidas de prevención necesarias para evitar y mitigar los incendios de las mismas.

La llegada del vehículo eléctrico ha motivado el debate sobre la dificultad que existe para apagar el incendio de las baterías de ion-litio. No obstante, los datos reflejan que el número de incendios en vehículos eléctricos es actualmente menor que en vehículos de combustión, en base al número total de vehículos en el parque móvil. Existen, así mismo, una serie de mitos en torno al riesgo de incendios en baterías que conviene puntualizar desde el punto de vista técnico y estadístico.

CONTENIDO

02 · Estado actual de las baterías

02 · Relación con el vehículo eléctrico

04 · Impulso político en Europa

04 · Mecanismos de mercado

05 · Capacidades técnicas

06 · Seguridad en baterías

06 · Seguridad eléctrica en baterías

06 · Seguridad intrínseca de la batería. Detección temprana de fallos

07 · Análisis y prevención integral de fuentes de riesgo

09 · Sistemas BMS. Detección y aislamiento rápido de un fallo

10 · Supervisión de conexiones

11 · Medios de extinción de incendios

13 · Seguridad ambiental

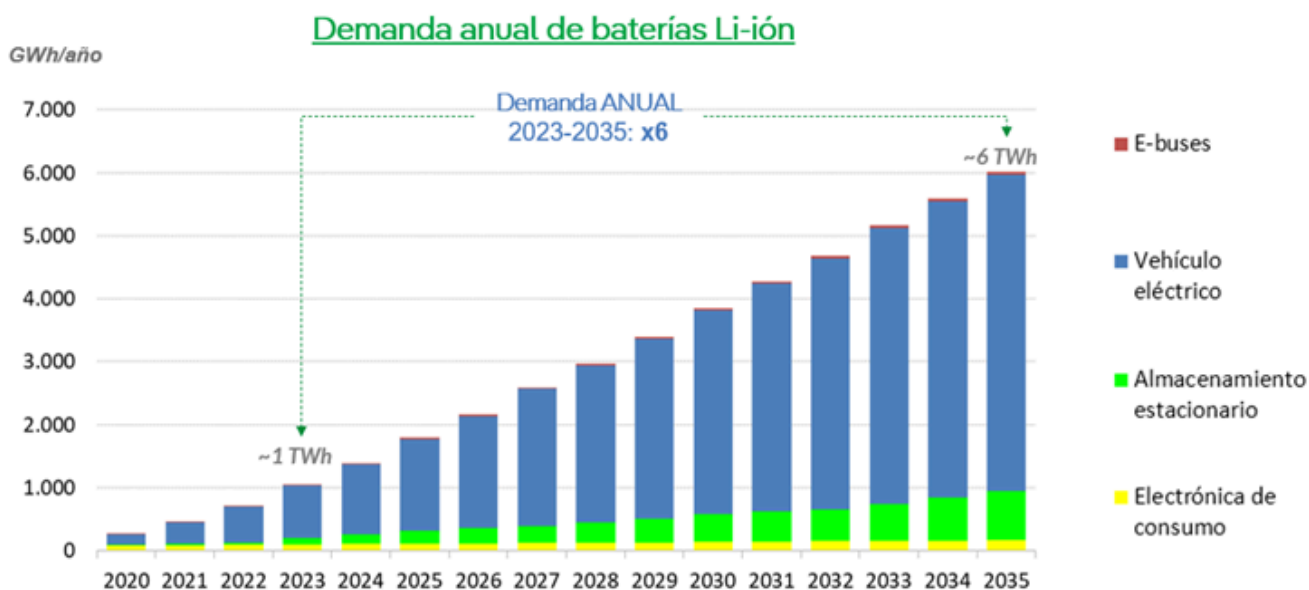
14 · Seguridad durante el uso. Mantenimiento

15 · Hechos y mitos sobre incendios en vehículos eléctricos con baterías

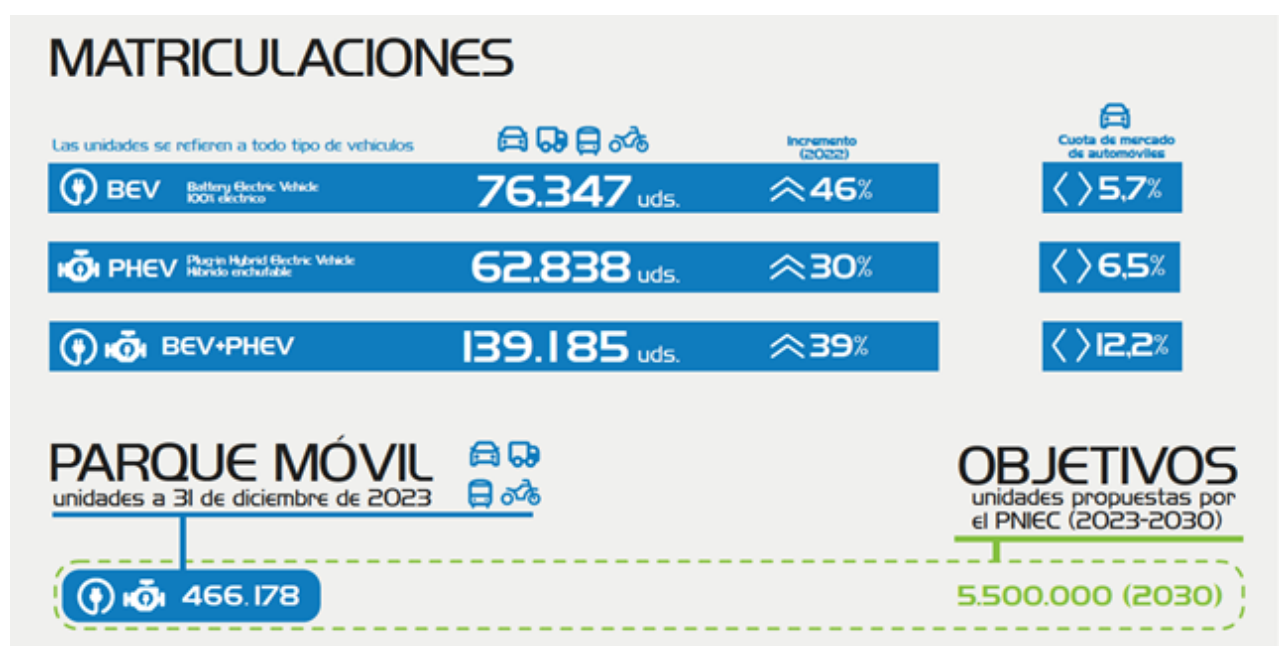
18 · Conclusiones

relación con el vehículo eléctrico

El litio cuenta con un elevado potencial electroquímico y puede acumular grandes cantidades de energía. Las baterías de ion de litio tienen un peso reducido, una alta eficiencia y un coste cada vez menor. El ion litio constituye, por tanto, la principal tecnología actual de almacenamiento. Se estima que entre 2023 y 2035, la demanda anual de baterías de ion litio se va multiplicar por seis, principalmente por el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos.



Durante el año 2023, las matriculaciones en España se han incrementado un 40% con respecto al año anterior (BEV+PHEV) marcando claramente la tendencia alcista que se plantea con respecto al vehículo eléctrico.



A nivel mundial, en el año 2023, se registró un total de 40 millones de vehículos eléctricos en uso, suponiendo un crecimiento del 55% con respecto al año anterior.

La tecnología no se detiene. La utilización del electrolito sólido, las baterías metal-aire, baterías sin ánodo, la aparición del sodio como alternativa al litio (la relativa abundancia de este mineral y su bajo coste la posicionan como la próxima revolución en el almacenamiento de energía), entre otras, marcan las líneas y tendencias de investigación.

De igual modo, hay grandes avances tecnológicos con respecto a las baterías de estado sólido, que utilizan tanto electrodos como electrolitos sólidos y representan mayor seguridad, mayor densidad y menores temperaturas, en comparación con las de litio. En los próximos años, viviremos cambios tecnológicos con grandes avances en el diseño de baterías, que condicionará las autonomías y capacidades de los vehículos eléctricos del futuro.

Las infraestructuras de recarga previsiblemente darán respuesta también a los vehículos eléctricos pesados para el transporte de personas y mercancías lo que supondrá un incremento en el uso del vehículo eléctrico favoreciendo a su vez, la descarbonización del sistema.

Existen varios tipos de recarga para los vehículos eléctricos, cada uno con sus propios usos y velocidades de carga (dependiente de la potencia).

lenta o estándar: es aquella que se realiza en corriente alterna con una potencia hasta 3,7 kW.

semirrápida: es la que se realiza en corriente alterna con una potencia entre 7,2 kW (monofásico) y 22 kW (trifásico).

rápida: es la que se realiza en corriente alterna con una potencia de 44 kW (trifásico) o en corriente continua, a partir de 50 kW de potencia.

ultrarrápida: tendemos a potencias de recarga cada vez mayores en la infraestructura de recarga. Desde el punto de vista de las baterías, gracias a su evolución tecnológica, los vehículos eléctricos permiten estas altas potencias de recarga. Muchos modelos en Europa ya admiten recargas de 150 kW e incluso, hay modelos que alcanzan 400 kW.

Los estándares de recarga evolucionan hacia potencias de recarga superiores. El estándar MCS, MegaWatt Charging System, permitirá recargas de más de 1000 kW.

¿CÓMO IMPACTA LA RECARGA RÁPIDA EN LAS BATERÍAS?

La degradación de la batería en los vehículos eléctricos está influenciada por varios factores, entre otros por un parámetro que resulta del cociente de la potencia de carga (kW) dividida por la capacidad de la batería (kWh). Es decir, a mayor potencia de recarga y menor tamaño de batería, mayor riesgo de degradación.

Por lo tanto, lograr un equilibrio entre la velocidad de recarga y el correcto estado de la batería es esencial para maximizar la vida útil y segura de las baterías de los vehículos eléctricos. Por ello, los sistemas de gestión de las baterías (BMS, Battery Management System) están evolucionando y buscan no solamente mejorar la eficiencia energética, sino también optimizar la seguridad de la recarga y la longevidad de la batería. Con recargas ultrarrápidas el sistema de control de la batería BMS se encarga de regular la potencia de carga para evitar cualquier calentamiento o incidencia durante la carga.

impulso político en Europa

La transición energética en la presente década es una de las prioridades de la Unión Europea. Esta revolución tecnológica y el fuerte apoyo político a la implantación de vehículos eléctricos supone un crecimiento del mercados de baterías en todo el mundo.

Existen diversas iniciativas encaminadas al desarrollo específico de estas tecnologías. Algunos ejemplos son la "Alianza Europea por las Baterías (EBA 250)", el paquete de "Energía Limpia para todos los europeos" o la "Estrategia Europea para la Integración del Sistema Energético". En todos ellos se destaca el papel del almacenamiento en baterías como una de las claves en la transición energética.

Remarcar que el almacenamiento energético se incluye dentro de las líneas estratégicas de los Planes Estatales de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI) 2021-2023 (que se están ejecutando actualmente) y 2024-2027. Estos Planes son el principal instrumento de la Administración para el desarrollo y consecución de los objetivos de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2021- 2027.

mecanismos de mercado

Se estima que será necesario sextuplicar el almacenamiento de energía de aquí a 2035. Esta necesidad a gran escala de sistemas de almacenamiento presenta importantes oportunidades de mercado a lo largo de toda la cadena de valor, tanto en el sector de la movilidad eléctrica (de forma muy dominante) como en el sector industrial o la edificación, principalmente ligado al autoconsumo energético y a la descarbonización de procesos.

En esta línea, para fomentar la integración del almacenamiento en el mercado energético, Europa ha introducido varios mecanismos, incluidos concursos competitivos y subvenciones. Las palancas de investigación, desarrollo e innovación serán necesarias para, por un lado, acelerar el desarrollo tecnológico necesario para el despliegue del almacenamiento energético, y, por otro, profundizar en el liderazgo tecnológico en tecnologías renovables.

Otro mecanismo para el fomento e implementación de tecnologías y proyectos de almacenamiento es la creación de bancos de pruebas en los que se desarrollan proyectos piloto con el fin de facilitar la investigación e innovación de nuevas tecnologías, sistemas y servicios de almacenamiento, en un espacio seguro y propicio, donde las partes interesadas puedan experimentar sus soluciones innovadoras sin estar sujetas a los requisitos regulatorios prevalentes.

Por último, destacar que existen tanto convocatorias de ayudas europeas (H2020, Horizon Europe) como iniciativas tales como SET Plan, Mission Innovation o EBA250, que presentan oportunidades como palancas tractoras para el desarrollo tecnológico.

capacidades técnicas

La descarbonización del sistema energético implica un cambio de paradigma. La necesidad de una mayor electrificación, situar la eficiencia energética en el centro, la transformación del rol de los consumidores en un papel activo, la digitalización o el uso de energía renovable... son necesarios para la descarbonización de la energía y de la sociedad, incluyendo sectores como el transporte o la industria.

Los sistemas de almacenamiento electroquímicos tendrán un papel importante en este sentido. Sin embargo, el cambio de paradigma del sector energético y la expansión en las aplicaciones de las baterías convencionales, se enfrenta a una serie de retos que se están abordando en la actualidad, y entre los que destacan los siguientes:

Seguridad: la percepción de los usuarios respecto a estos nuevos sistemas es fundamental para su expansión. Uno de los principales retos es informar sobre la seguridad de los sistemas de almacenamiento en baterías, la continua evolución tecnológica y mejoras alcanzadas en los últimos años en materia de control del riesgo.

Regulatorios y de mercado, cambios que permitan modelos de negocio viables para la integración de los sistemas en la red sin perturbar el desarrollo de la misma, mejorando los servicios que se pueden aportar a los consumidores.

Tecnológicos, para el desarrollo de nuevas baterías que mejoren las capacidades técnicas y de seguridad, con un aumento de las funcionalidades para cada uno de los sectores de aplicación.

Medioambientales, se debe abordar el hecho de que la transición hacia una energía verde debe serlo en todos los eslabones de la cadena de valor, reduciendo el impacto del uso de materiales críticos y aumentando la reutilización y reciclabilidad de los sistemas de almacenamiento.

A pesar de que miles de millones de dispositivos personales (ordenadores y teléfonos móviles) siguen utilizando baterías de iones de litio, el sector energético representa hoy más del 90% de la demanda anual de este tipo de baterías, gracias a las mejoras en los rendimientos (mayores densidades energéticas y vidas útiles más prolongadas) y a la importante reducción de los costes, que se estima en un 90% desde 2010.

Debido a la disponibilidad y al precio de los minerales, se prevé que la cuota de mercado de las baterías de fosfato de hierro y litio (LFP) aumente considerablemente. Las baterías LFP contienen iones de litio y no contienen níquel ni cobalto, contando con una inflamabilidad menor y una vida útil más larga. Este tipo de baterías ofrece mayor estabilidad por su elevada cantidad de hierro, si bien tienen, en principio, menor densidad energética, aunque la investigación y la mejora de las mismas está permitiendo su aplicación en sectores como el de la automoción.

Cabe destacar la fuerte apuesta estatal por la mejora de las capacidades técnicas con dos iniciativas tractoras:

Convocatoria de las ayudas PERTE VEC que han apoyado el desarrollo de la cadena de valor del vehículo eléctrico, con una gran incidencia en proyectos industriales y de I+D+i relacionados con la fabricación de baterías de última generación.

Creación del Centro Ibérico de Investigación en Almacenamiento Energético (CIIAE) en Cáceres, un centro de investigación enfocado exclusivamente al ámbito del almacenamiento y que aporta un valor fundamental para la estrategia de I+D en esta área a nivel europeo.,

Esto permitirá situar a España en una posición estratégica en cuanto a la producción, almacenamiento y distribución de energía verde, fortaleciendo la colaboración entre el sector público y privado a nivel nacional e internacional.

En resumen, España y Europa están haciendo avances significativos en la expansión de sus capacidades de almacenamiento de baterías, apoyada por marcos políticos comprensivos, incentivos financieros y mecanismos de mercado innovadores. Esta expansión es crucial para la transición hacia una red basada en energía renovable y para alcanzar sus objetivos climáticos a largo plazo.

seguridad intrínseca en la batería

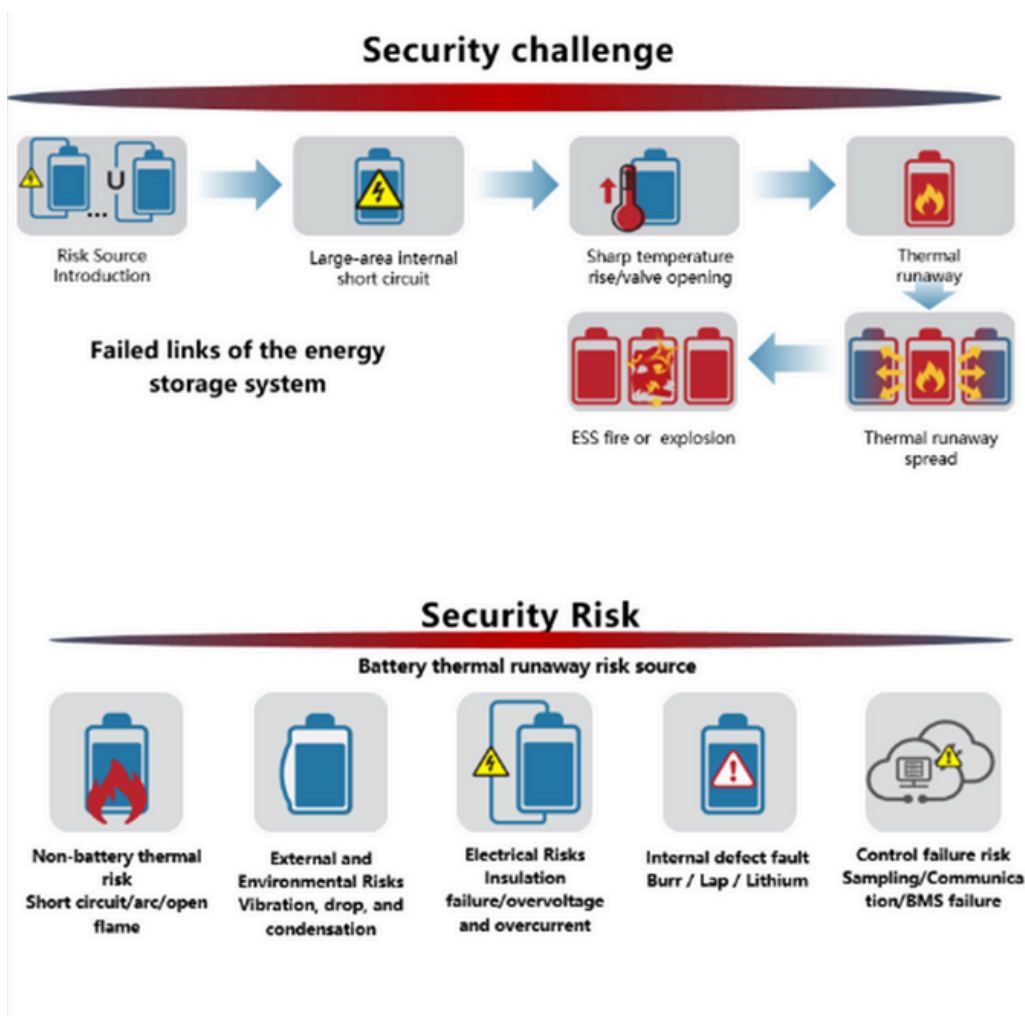
En una batería de litio, por su propia configuración físico - química, tienen lugar reacciones exotérmicas durante su funcionamiento. Los instaladores e integradores de equipos con baterías han de conocer los riesgos asociados y trabajar con los tecnólogos para conocer las particularidades de cada batería en términos de control del riesgo.

La seguridad intrínseca de la batería está relacionada con la seguridad de celdas que la componen. Se ha de incorporar el concepto de seguridad desde el inicio: en la ingeniería, diseño y la fabricación, incluyendo los controles necesarios durante todo el proceso.

Es de vital importancia, en este sentido, certificar los materiales y ensayos sobre las celdas y cumplir con todos los controles de calidad evitando de este modo fallos.

Adicionalmente, uno de los objetivos en la fase de diseño de una batería se focaliza en los sistemas de supervisión para la correcta detección temprana de cualquier incidencia, facilitando de este modo la actuación. Se utilizan tecnologías como la supervisión y gestión en tiempo real de los datos de funcionamiento de las celdas de la batería, la predicción inteligente de posibles fallos en las celdas que componen de la batería y la advertencia previa de posibles incidencias basadas principalmente en la supervisión de temperaturas.

De este modo, se utilizan técnicas de muestreo, gestión y tratamiento de los datos. Además, el sistema utiliza el algoritmo de detección de "faltas de muestreo" para identificar posibles fallos del propio sistema de control (placa BMS, sensores, comunicaciones...), actuando en consecuencia.



análisis y prevención integral de fuentes de riesgo

Es necesario conocer los riesgos que conlleva la batería y realizar la evaluación de estos. Muchos riesgos se controlan ya con el diseño adecuado de la batería, en lo referente a materiales y configuraciones químicas utilizadas, disposición física de componentes, elementos de aislamiento eléctrico, conexiones... Como ejemplo, las baterías que en el cátodo tienen una configuración química LFP (litio, hierro y fosfato), tienen una estabilidad a nivel estructural importante por la presencia, precisamente, del hierro y el fosfato, lo cual simplifica mucho la actuación en caso de incendio.

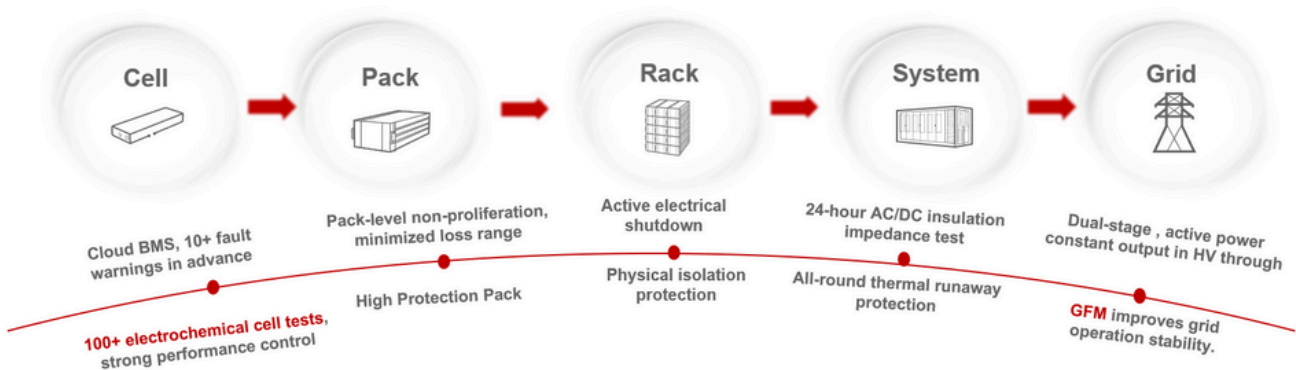
Son varios los factores que pueden desencadenar, en una batería, un incendio o incluso el "desbordamiento térmico" (propagación "en cadena" ante un incendio), incluidos los riesgos térmicos no relacionados con la batería, riesgos externos y ambientales, riesgos eléctricos, defectos internos y riesgos por fallo del sistema control.

Todos estos factores pueden causar sobrecalentamiento y cortocircuitos cuando la batería está funcionando y se han de tener en cuenta por parte de los tecnólogos, analizando cada uno de los riesgos de forma individual y aplicando las medidas de control que corresponden.

Como ejemplo, el control del riesgo eléctrico se realiza a través de medidas de aislamiento eléctrico en diferentes puntos, así como las actuaciones de protección automáticas para la desconexión de los sistemas que pudieran presentar cualquier anomalía.

Para un análisis y prevención integral en sistemas de almacenamiento se recomienda soluciones "E2E" (End-to-End) que enfoquen precisamente de manera integral la solución de la célula en su pack, rack, sistema y conexión a la red, abordando la solución desde la electrónica de potencia y la digitalización (sensorización, algoritmos, IA, etc.) dado que son los fundamentales de la solución y los que nos van a permitir evaluar, gestionar y actuar adecuadamente ante los riesgos o defectos de estos sistemas.

➤ Huawei Ultra safety concept in a BESS system



RIESGOS A TENER EN CUENTA

Riesgos térmicos no relacionados con la batería

- + Cortocircuitos en cualquier punto de externo a la batería
- + Calentamiento / arco en los puntos de conexión
- + Alta temperatura externa
- + Otros riesgos ambientales.
- + Vibración / choque / caídas
- + Inmersión en agua / condensación / corrosión / polvo

Operación incorrecta

Riesgos eléctricos

- + Cortocircuitos en general
- + Fallo de aislamiento
- + Fallo de conexión
- + Sobretensión

Defectos internos de la batería

- + Malos acabados
- + Superposición entre elementos críticos (polos, carcasas...)

Riesgos por falta de control

- + Fallos de muestreo / fallos de comunicación
- + Fallos de software / hardware del BMS



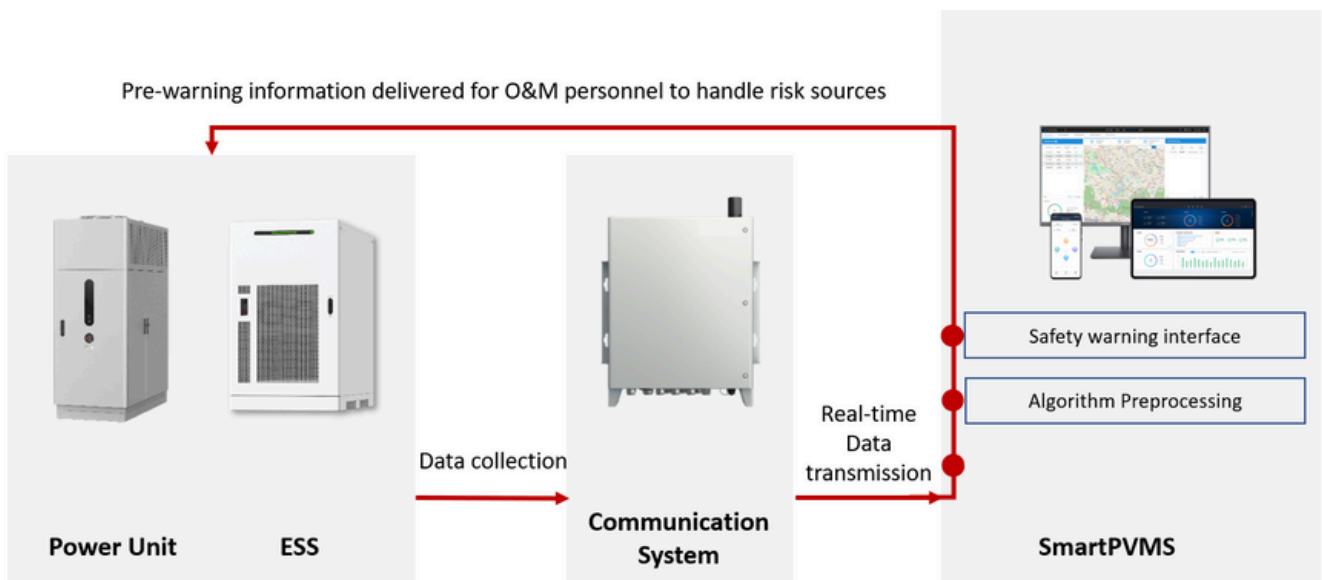
sistemas bms. detección y aislamiento rápido de fallos

La supervisión de las celdas resulta fundamental. El control de parámetros como la corriente, el voltaje y la temperatura de algunos componentes es clave para verificar si están fuera de los valores esperados. Conocer el estado de la celda es la base principal de la gestión de la batería. El sistema de control de la batería debe supervisar los parámetros clave y transmitir estos datos para su análisis procesamiento y actuación a través de dispositivos de seguridad y desconexión automática.

En una batería, el origen de un incendio y/o desbordamiento térmico está localizado en una celda concreta. Desde este inicio, el riesgo está en que se propague el incendio al paquete de celdas y posteriormente a los paquetes adyacentes, formando una reacción en cadena, pudiendo llegar al “desbordamiento térmico”. Se puede minimizar el riesgo si la propagación se corta rápidamente. Por lo tanto, el diseño de las baterías contempla sistemas de aislamiento en diferentes partes, controlando el riesgo de propagación.

De este modo, el sistema de protecciones va a actuar sobre diferentes niveles, con el diseño adecuado (tanto desde el punto de vista de software como de hardware) para que la actuación de la protección sea lo más precisa y selectiva posible.

Todas estas funcionalidades forman parte de un sistema BMS (Battery Management System), y existen soluciones muy avanzadas con mayor digitalización que son más seguras gracias a su alta sensorización, conectividad, algoritmos IA e incluso servicios en nube, pudiendo detectar por ejemplo de manera anticipada un posible desbordamiento térmico de una célula.



supervisión de conexiones

La batería está conectada para que la energía eléctrica fluya hacia otros componentes a través de cables y dispositivos de conexiones.

Todos los puntos y elementos de conexión (cables, componentes...) son puntos críticos a supervisar. Una mala conexión puede causar sobrecalentamiento local de los mazos de cables e incluso provocar un incendio.

La supervisión térmica de determinados puntos puede ayudar a prevenir un fallo que puede dar origen a un incendio.

Es esencial que los tecnólogos habiliten y homologuen a los instaladores con la adecuada formación y entrenamiento en estos sistemas. De hecho, algunos proveedores disponen de procesos de certificación para poder trabajar adecuadamente sus soluciones.



medios de extinción de incendios [1/2]

EQUIPO	PROS	CONTRAS
Extintor portátil de CO2 de 4 kg.	<p>La extinción del incendio es posible en las primeras etapas.</p> <p>No compromete la visibilidad del área.</p>	<p>Efecto limitado de enfriamiento de la batería.</p> <p>Eficacia muy limitada cuando el fuego está totalmente desarrollado.</p>
Extintor portátil de polvo seco 9 kg.	<p>Limita el crecimiento y desarrollo del fuego, extinguiendo en fases tempranas del mismo.</p> <p>Equipo contra incendios más común a mano</p>	<p>Dificultad para llegar a aplicar directamente a la batería.</p> <p>La nube de polvo puede dificultar las operaciones debido a la mala visibilidad.</p>
Extintor portátil de espuma de 6 litros.	<p>Bastante eficaz, ya que el estado líquido ayuda a llegar a zonas de alta temperatura.</p> <p>Buen efecto refrigerante.</p>	<p>No es muy común encontrarlo en espacios públicos.</p> <p>Dependiendo del tipo de agente espumógeno, necesario tratamiento desde el punto de vista ambiental.</p>
Manta ignífuga 6x8 m	<p>Buena eficacia para incendios de automóviles en general, en particular para incendios en zonas de motor/pasajeros/compartimento de capó.</p> <p>El tamaño grande, normalmente de 6 x 8 m, permite un acercamiento seguro siempre y cuando haya un perímetro alrededor que no tenga llamas.</p> <p>Contiene las ráfagas en caso de reencendido.</p> <p>Reduce la cantidad de humo en el espacio y no genera vapor adicional.</p> <p>Efecto estabilizador en caso de incendio/coche sin visibilidad.</p> <p>Si la aplicación se puede hacer rápido, corto tiempo de exposición de la brigada de extinción al calor/humo.</p> <p>Buena opción, si el suministro del sistema de agua no está operativo.</p>	<p>Un escenario de fuego importante puede poner en peligro el despliegue de la manta.</p> <p>Como los bomberos necesitan estar cerca del coche para aplicar la manta, no es posible hacerlo con el fuego totalmente desarrollado, sin previa extinción con agua.</p> <p>Capta el humo que se encuentra debajo en el momento de la aplicación y puede dirigirlo a lugar indeseado.</p> <p>Requiere actividades manuales en todos los lados de la escena del incendio, lo que dificulta la ventilación táctica.</p> <p>Requiere personal: 2 bomberos para la aplicación y en un estado de incendio desarrollado, 2 operadores adicionales de mangueras protectoras si se necesita una protección contra el agua para la aplicación y el retorno.</p> <p>Limitación con furgonetas y vehículos de cierta altura para desplegar la manta sin problemas.</p>
IR Cámara Infrarrojos portátil	<p>Bueno para confirmar la presencia de fuego o puntos calientes.</p> <p>Es necesario seguir la evolución del comportamiento del fuego tomando medidas periódicas.</p>	<p>Se necesita una mano ocupada para transportar el dispositivo.</p> <p>Se necesita agregar un equipo adicional que reducirá la comodidad del bombero en una situación estresante</p>

medios de extinción de incendios [2/2]

EQUIPO	PROS	CONTRAS
Lanza de agua nebulizada	<p>Buena eficacia de protección/bloqueo de incendio.</p> <p>Puede penetrar superficies y dejarse dentro de recintos para una extinción/enfriamiento eficiente.</p> <p>Permite la entrada y salida unidireccional.</p> <p>Corto tiempo de exposición de la brigada de extinción al calor/humo.</p>	<p>Posibilidad improbable pero peligrosa de penetración del paquete de baterías</p> <p>No hay válvula de apertura/cierre en la boquilla</p> <p>En función de la situación y del espacio, se puede dificultar la preparación de la manguera.</p> <p>Si se necesita protección o retorno de agua, esto debe ser proporcionado por una manguera/equipo adicional.</p>
Boquilla de agua manual y manguera	<p>Herramienta versátil para la extinción manual de incendios</p> <p>Puede ofrecer extinción a distancia.</p> <p>Puede ofrecer protección contra el calor a la brigada.</p> <p>Mangueras más pequeñas, por ejemplo 25 mm, pueden ser más fáciles de maniobrar y tirar entre vehículos evitando atascarse.</p> <p>Permite el acercamiento y la salida en una dirección.</p>	<p>En función de la situación y del espacio, se puede dificultar la preparación de la manguera.</p> <p>Requiere presencia continua de la brigada de extinción.</p> <p>Se necesitan al menos 4 bomberos para una estrategia dinámica contra incendios.</p> <p>Las mangueras más pequeñas son más ligeras, pero ofrecen una mayor caída de presión.</p>
Colector y boquillas de refrigeración	<p>Permite una aproximación/salida unidireccional y, si se empuja con herramienta para colocarla apuntando a la batería, evita el contacto cercano con el vehículo en llamas.</p> <p>Exposición de la brigada al calor/humo limitada.</p> <p>Permite la participación en la etapa de fuego desarrollado.</p> <p>Permite un enfoque localizado</p> <p>Escudo protector de agua proporcionado por el propio dispositivo al entrar.</p> <p>Se puede utilizar para refrigeración.</p> <p>Utilizable con diferentes configuraciones de carga.</p> <p>Suprime las ráfagas de energía en caso de reencendido.</p>	<p>Se necesitan disponibilidad de estos elementos (colector con acople rápido de manguera y boquillas que apunten a la batería) para proteger contra incendios en un automóvil.</p> <p>No extinguirá el fuego dentro del vehículo, al estar apuntando directamente a la batería.</p> <p>Requiere de 2 miembros del equipo para la aplicación y en un estado de incendio desarrollado, 1 operador adicional de manguera protectora, si se necesita protección contra el agua al regresar.</p> <p>En función de la situación y del espacio, se puede dificultar la preparación de la manguera.</p> <p>Riesgo de disminuir la visibilidad local y la evolución del incendio.</p>

seguridad ambiental

Las baterías de litio contienen electrolitos fluorados y metales de transición, que son residuos que han de ser tratados. La gestión adecuada de baterías dañadas o fuera de uso y su correcto reciclaje son esenciales para minimizar su impacto ambiental, por lo que debe seguirse en todo momento las normas que regulan la gestión de residuos.

Según estas normas, se consideran como peligrosos los residuos que contengan litio. El Real Decreto 27/2021 añade los códigos LER nacionales 16 06 07 y 20 01 42 para la identificación de acumuladores, pilas o baterías en cuya composición se encuentre litio en cualquiera de sus formas.

Cuando una batería de litio se incendia se desencadenan reacciones químicas en las que se originan sustancias tóxicas y corrosivas, que, aunque pueden no ser altamente peligrosas en pequeñas cantidades, es importante gestionar adecuadamente el riesgo para evitar una contaminación del medio ambiente.

Las medidas o acciones preventivas a implantar pueden centrarse en los siguientes distintos niveles:

+ Almacenamiento adecuado, utilizando contenedores de seguridad específicos para baterías de litio que puedan contener cualquier fuga o incendio.

+ Disponer de sistemas de detección temprana de incendios, unido a un plan de protección que incluya en sus alcances tanto una correcta capacitación del personal como unos procedimientos de emergencia específicos en caso de incendio de baterías de litio.

+ Contar con medios de contención del agua utilizada en la extinción, como barreras físicas, sistemas de drenaje y almacenamiento del agua, o materiales absorbentes específicos para productos químicos.

La implementación de estas medidas puede ayudar a minimizar el riesgo de contaminación ambiental por el vertido de las sustancias originadas en el incendio al facilitar su recogida, pero es importante recordar que deberán ser tratadas como sustancias o residuos peligrosos por gestores autorizados para su neutralización o eliminación.

seguridad durante el uso

Las baterías, independiente de que sean para almacenamiento estacionario como para movilidad eléctrica (turismos, camiones, autobuses, motocicletas, vehículos de movilidad personal...), disponen de varios "packs" formados por celdas de ion-litio conectadas entre sí en serie y en paralelo para poder obtener, como resultado final, tensión e intensidad adecuadas para el correcto funcionamiento para el que se han previsto.

Las baterías disponen de sistemas de seguridad, cuya función principal es evitar un incorrecto funcionamiento y sobre todo evitar un incendio, por lo que, desde la experiencia, después de analizar diferentes tipos de vehículos e incidencias, no se recomienda que el propio usuario manipule o modifique ningún elemento electrónico y, en ningún caso, la batería. Esta tarea la deben realizar profesionales cualificados, con formación profesional y específica para desarrollar esta actividad.

Como usuarios de este tipo de dispositivos eléctricos podemos conocer el estado del dispositivo de manera visual (si tiene golpes que puedan afectar a la batería), evitar exponer el dispositivo a temperaturas elevadas (sobre todo en épocas de verano) y seguir siempre las instrucciones del tecnólogo en las operaciones diarias, incluyendo la carga de la batería.

Los dispositivos eléctricos tienen elementos de seguridad encargados de "revisar y comprobar" el correcto funcionamiento. Saber identificar las alarmas y la información que nos proporcionan los sistemas de seguridad, contactando con personal cualificado ante cualquier indicio de mal funcionamiento, es clave para prevenir incidencias.

En cuanto al mantenimiento, es necesario realizar el mantenimiento preventivo de acuerdo a las prescripciones del tecnólogo así como el mantenimiento correctivo como consecuencia de cualquier incidencia.

Es primordial conocer la normativa y respetarla tanto a nivel de instalación como de mantenimiento. Por ejemplo, la normativa actual suele limitar la instalación de los sistemas de almacenamiento estacionarios en interior cuando se trata de grandes cantidades de litio; se recomiendan espacios y distancias de seguridad entre sistemas. Una vez más, es importante contar con profesionales debidamente formados que conozcan y cumplan las guías y manuales de los sistemas de almacenamiento.

Abordamos algunas de las concepciones erróneas comunes sobre los incendios en los BEV (Battery Electric Vehicle).

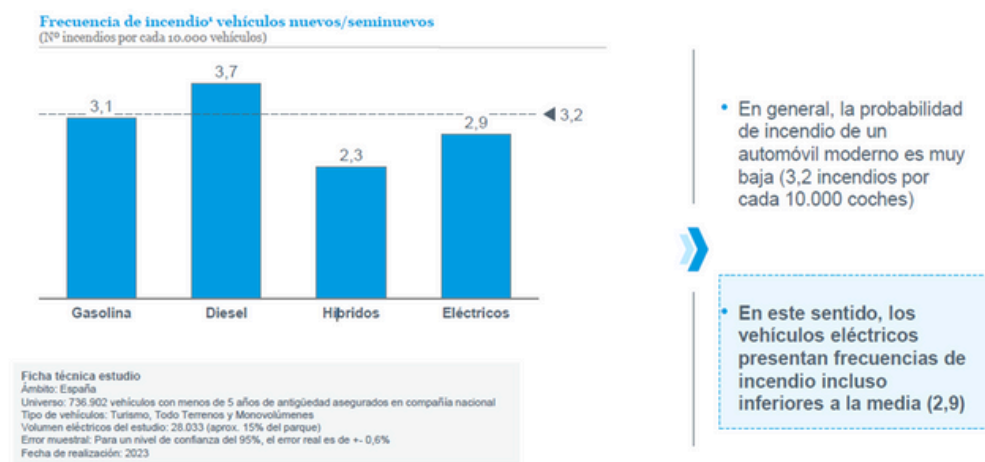
1 · "Los BEV (Battery Electric Vehicle) se incendian con más frecuencia que los ICEV (Internal Combustion Engine Vehicle)"

Las estadísticas actuales de Suecia indican que la probabilidad de que un BEV se incendie es menor que de incendio en un vehículo con motor de combustión interna (ICEV).

Algunas de las causas más frecuentes de incendio en vehículos son los incendios provocados, frenos sobrecalentados o la combinación de líquidos inflamables y superficies calientes o fallos eléctricos en el compartimiento del motor (Ahrens, 2020; Brzezinska et al., 2020; Centro Nacional de Datos de Incendios, 2018).

En España, ya comienzan a aparecer los primeros datos

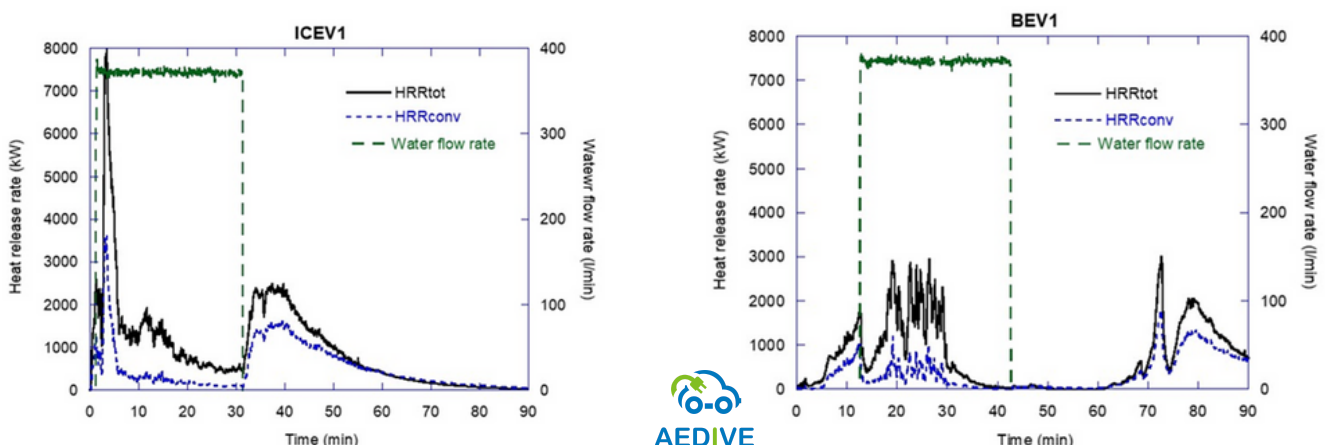
La frecuencia de incendio de los vehículos eléctricos es muy similar a la del resto de motorizaciones



2 · "Los incendios de BEV son más intensos que los incendios de ICEV"

Todos los vehículos modernos transportan una gran cantidad de energía química en términos de materiales utilizados, como los asientos, el interior de la cabina y los neumáticos, por ejemplo. La mayor parte de la energía química en un automóvil de pasajeros de tamaño promedio no proviene del almacenamiento de energía. La liberación total de calor para BEV y ICEV modernos oscila entre 3.3 y 10 GJ y es independiente de la energía de propulsión (Willstrand et al., 2020).

Differences in Heat Release Rates in ICE vehicles and EVs



3. "Las llamas de los incendios de BEV se propagarán más rápido que los incendios de ICEV"

Diferentes tipos de combustible tienen diferentes modos de propagación del fuego. Por ejemplo, combustibles líquidos como el diésel o la gasolina pueden propagar el fuego mediante fugas y fuegos en charcos a medida que se vaya derramando el combustible líquido.

Los almacenamientos de gas a presión y las baterías de ion de litio pueden ser propensos a llamas en la expansión de elementos gaseosos que podrían propagar el fuego. El riesgo ha de ser tratado individualmente en cada caso.

4. "Los incendios de baterías no se pueden extinguir y un sistema de extinción basado en rociadores no puede controlar los incendios de BEV"

Un incendio originado en una batería requiere inyección de agua u otro agente extintor directamente en la zona de la batería. Esto es relevante tanto desde el punto de vista de la propia extinción como de la refrigeración de los materiales.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que lo más probable es que el fuego no comience en la batería. Por tanto, es importante la supresión rápida del fuego en su origen, ya que esto impedirá la propagación del incendio y la potencial afectación a baterías de los BEV. Una recopilación de datos existentes realizada por Arvidson muestra que la actuación temprana de la extinción también dificulta la propagación del fuego, ya que lo extinguirá y enfriará los vehículos cercanos (Arvidson, 2022).

Los datos indican que la activación temprana de la extinción evitarán la propagación del incendio al suprimirlo y enfriar la superficie donde se ubica el vehículo, así como los vehículos cercanos. (Gehandler et al., 2022).

5. "Los incendios de BEV producen muy altas temperaturas y pueden derretir el chasis o la carrocería"

La temperatura de un incendio variará y dependerá de varios factores como la fuente de combustible, la presión atmosférica, las temperaturas adyacentes, el contenido de oxígeno, etc. No hay datos que sugieran que los incendios de BEV alcancen mayores temperaturas que los incendios de ICEV.

6. "Puedes sufrir una descarga eléctrica mientras apagas un BEV con agua"

Los automóviles eléctricos cuentan con sistemas de seguridad avanzados que automáticamente desconectarán la energía y aislarán el paquete de baterías cuando se detecte una colisión o un cortocircuito. Si el automóvil quedara sumergido en agua o si el agua de alguna otra manera llegara al paquete de baterías o al sistema eléctrico y causara un cortocircuito, entonces sería necesario tener un contacto directo con alguna zona en tensión para experimentar una descarga eléctrica, lo cual es muy improbable. (Informe Sección 2.6)

7. "El fluoruro de hidrógeno producido por los incendios de BEV es altamente tóxico"

Es cierto que el fluoruro de hidrógeno (HF) es muy tóxico y que se ha detectado en cantidades mayores en los incendios de BEV que en los incendios de ICEV. Sin embargo, los gases de combustión y los efluentes de todo tipo de incendios de vehículos (tanto BEV como ICEV) son tóxicos.

El monóxido de carbono (CO) y el cianuro de hidrógeno (HCN) son causas comunes de muerte cuando se inhala humo en un accidente de incendio (Eckstein & Maniscalco, 2006; Jonsson et al., 2016; Lawson-Smith et al., 2011). En todos los incendios, independientemente del portador de energía del vehículo, es de gran importancia mantenerse alejado de la columna de humo y utilizar equipo de protección personal adecuado cuando se trate de vehículos en llamas o quemados.

8. "El equipo de bomberos no está protegido ante los incendios de BEV con los trajes de bombero estándar"

En cuanto a la protección mediante ropa protectora de extinción de incendios contra el fluoruro de hidrógeno (HF), la Agencia Sueca de Investigación para la Defensa (FOI) estudió los riesgos para la salud del HF. Los bomberos completamente vestidos* y equipados con equipos de respiración autónoma realizaron diferentes ejercicios en un recinto contaminado con HF y se midió la penetración HF a través de la ropa. Según los autores, una persona que solo use equipo de respiración autónoma, necesitaría inhalar humo durante 14 h en 100 ppm de HF para lograr una dosis letal de HF a través de la absorción cutánea (Wingfors et al., 2021).

*Ropa interior, calcetines gruesos, pantalones de traje ignífugo, chaqueta de traje ignífugo, botas, pasamontañas/capucha ignífuga, casco y guantes.

9. "Sobrecargar una batería de ion de litio puede provocar un desbordamiento térmico"

Esto es cierto a nivel de celda y módulo si no se aplican sistemas de seguridad. Un paquete de baterías de ion de litio en un automóvil tiene un Sistema de Gestión de Batería (BMS- Battery Management System-) que evitará este fenómeno.

Ha habido informes de incendios que comienzan en un BEV "mientras se carga". Es importante tener en cuenta que los incendios en tales situaciones pueden tener múltiples razones, como mal funcionamiento eléctrico en la infraestructura de carga, anomalías con el cable, conexiones, u otras causas generales de incendios en automóviles. Durante la carga, el automóvil se comunica con el sistema de carga para supervisar todo el proceso e interrumpir la carga ante cualquier anomalía detectada.

10. "Los vehículos eléctricos deben guardarse lejos de otros vehículos para aumentar la seguridad"

Dado que la flota de BEV aumenta constantemente, no será factible confinar todos los BEV en un área específica del área de estacionamiento.

Sin embargo, si un BEV ha sufrido daños mecánicos (como en un accidente) o ha estado involucrado en un incendio, es importante revisar el vehículo (y en particular la batería), ya que la batería y sus sistemas de seguridad podrían haberse dañado, con el consiguiente riesgo para el propio vehículo y los que pudieran estar alrededor.

11. "El envejecimiento de las baterías de los BEV aumentará el riesgo de incendio"

Todavía hay estadísticas limitadas sobre las baterías de iones de litio envejecidas y no hay datos sobre el impacto potencial del envejecimiento de las baterías como factor desencadenante de incendios.

El envejecimiento de los materiales de las baterías puede provocar una pérdida de capacidad y un aumento de la impedancia (Xiong et al., 2020). Los mecanismos de envejecimiento de las baterías de iones de litio son diversos y complejos. Además, los mecanismos de envejecimiento están vinculados a factores muy variables, como el tipo de batería y las condiciones de funcionamiento, lo que complica las predicciones generales, siendo necesario el tratamiento individual en cada caso.

Las baterías son fundamentales en la transición energética hacia fuentes más limpias, especialmente con el aumento de las energías renovables y la intermitencia de su generación. Se estima que la demanda anual de baterías de ion litio se va multiplicar por 6 en la próxima década, principalmente debido al crecimiento del mercado de vehículos eléctricos. Ante esta expansión, la sociedad y los medios han mostrado una preocupación creciente por la seguridad de las baterías, en particular por el riesgo de que se incendien.

Al igual que ocurre con otras formas de energía, las baterías presentan riesgos de incendio que deben ser gestionados adecuadamente:

En primer lugar, lo que se debe tener claro es que **diferentes tipos de combustible tienen diferentes modos de propagación del fuego** y por lo tanto el riesgo ha de ser tratado específicamente en cada caso.

Los incendios en baterías **pueden ser causados por varios factores**, incluyendo cortocircuitos, defectos internos, fallos de aislamiento, alta temperatura... así como por circunstancias externas, caso que se da de forma muy habitual. Un incendio en una batería requiere inyección de agua u otro agente extintor directamente en la zona de la batería. Esto es relevante tanto desde el punto de vista de la propia extinción como de la refrigeración de los materiales. Se requiere, en definitiva, una atención particular a que los medios de extinción sean aplicados a la batería.

Las instalaciones eléctricas en las que se integran las baterías (por ejemplo, puntos de recarga de vehículos eléctricos en garajes, estaciones de servicio, sector terciario etc) disponen de normativa general y específica de instalación, así como control de cumplimiento mediante la tramitación administrativa de cada proyecto. Las instalaciones cuentan, por tanto, con dispositivos de protección eléctrica, garantizando la desconexión de suministro eléctrico ante cualquier incidencia (cortocircuitos, sobretensiones, fallos de aislamiento...). La modificación de la normativa buscando mayores restricciones de seguridad, sin el consenso técnico necesario, puede generar confusión, por lo que se recomienda el máximo análisis técnico antes de la aprobación de modificaciones adicionales a la extensa normativa ya existente en materia de instalaciones eléctricas.

Hay que tener en cuenta que es importante la supresión rápida del fuego en su origen, ya que esto impedirá la propagación del incendio y la potencial afectación a baterías de los vehículos. La detección temprana es esencial para minimizar estos riesgos. Y aquí, los sistemas de gestión de las baterías son fundamentales, ya que los vehículos eléctricos cuentan con sistemas de seguridad avanzados para la supervisión en tiempo real de los datos de funcionamiento de las celdas, predicción de fallos y advertencia de posibles incidencias. Estos sistemas automáticamente desconectarán la energía y aislarán el paquete de baterías cuando se detecte una colisión o un cortocircuito.

Es de especial importancia el mantenimiento preventivo y predictivo. Para evitar problemas es crucial que profesionales cualificados realicen el mantenimiento recomendado según las instrucciones del fabricante.

Otro aspecto importante asociado al incendio de las baterías es la seguridad ambiental. Es necesario gestionar adecuadamente los residuos de baterías y las sustancias tóxicas generadas durante un incendio para minimizar el impacto ambiental.

Por otra parte, hay concepciones erróneas que se difunden esencialmente por las redes sociales. Por ejemplo, **existe el mito de que los vehículos eléctricos se incendian con más frecuencia que los de combustión interna**. Las estadísticas actuales de los países con una penetración del vehículo eléctrico relevante indican que la probabilidad de que un vehículo eléctrico se incendie es menor que la de un vehículo de combustión interna (en relación con el número total de vehículos).

Otro mito frecuente es que la Intensidad del fuego es mayor cuando se incendia la batería de un vehículo eléctrico que cuando se incendia un vehículo de combustión interna. Sin embargo, los estudios publicados sugieren que la liberación total de calor es similar en ambos tipos de vehículos.

En resumen, aunque las baterías de ion-litio presentan riesgos de incendio, estos pueden ser eliminados o controlados mediante un diseño adecuado, sistemas de supervisión avanzados y medidas de seguridad rigurosas. Los análisis realizados hasta la fecha muestran que los vehículos eléctricos, con sus sistemas de seguridad avanzados, presentan menor riesgo de incendio que los vehículos de combustión interna.

