



Guía buenas prácticas en prevención de incendios en baterías de litio

GUÍA ASEPEYO BUENAS PRÁCTICAS EN PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN BATERÍAS DE LITIO

1.OBJETO

2. INTRODUCCIÓN

3. TECNOLOGÍA Y APLICACIONES DE LAS BATERÍAS DE IONES DE LITIO

3.1 Aplicaciones de las baterías de iones de litio

3.2 Principales riesgos de las baterías de litio

4. RIESGOS Y PELIGROS DE INCENDIO DE LAS BATERÍAS DE IONES DE LITIO

4.1 Riesgos inherentes a las baterías de iones de litio

4.2 Causas de falla de las baterías de iones de litio

4.3 Etapas de las fallas de las baterías de litio-Ion

4.4 Riesgos

4.5 Fuga térmica y sus peligros

5. MEDIDAS PREVENTIVAS

6. TRANSPORTE DE BATERÍAS DE LITIO

Asepeyo. Mutua Colaboradora de la Seguridad Social núm. 151

1a edición: marzo 2025

Dirección de Prevención

R1E25408

1.OBJETO

El presente documento va dirigido a sensibilizar en aspectos fundamentales relativos a las baterías de iones de litio, características de funcionamiento, tipología, usos principales y más comunes y, en especial, a la parte de prevención y protección de los peligros que esta tecnología provoca, siendo los incendios los más significativos.

2. INTRODUCCIÓN

Las baterías de iones de litio suministran energía a muchos tipos de dispositivos que hoy en día nos rodean (teléfonos inteligentes, portátiles, tablets, scooters, automóviles, drones, patinetes, juguetes, maquinaria eléctrica portátil e incluso barcos). Son las baterías preferidas en una gran variedad de áreas, como pueden ser la generación de energía, las comunicaciones, la industria, vehículos y muchas otras aplicaciones. Un mal uso de las mismas o el uso de baterías defectuosas puede causar incendios. Otros peligros pueden ser el contacto eléctrico y los contaminantes químicos que pueden afectar a las personas y al medio ambiente.

Los beneficios de las baterías de litio en comparación con los acumuladores de energía química convencionales (baterías de hidruro de níquel-metal) son:

- Alta eficiencia
- Baja autodescarga
- Sin efecto memoria con la mayoría de las baterías secundarias
- Gran rango de temperatura
- Alto voltaje de celda

El control activo de la energía que se está almacenando y extrayendo de las baterías de iones de litio es el motivo de su creciente auge. La baja frecuencia de incidentes importantes es la prueba del diseño exitoso aplicado a la utilización de estos productos energéticos de alta densidad. Sin embargo, el control activo de la energía de la batería no es suficiente para prevenir situaciones críticas de seguridad y se necesitan estrategias preventivas para minimizar las graves consecuencias de una falla en una batería de iones de litio.

La presencia de baterías de Ion-Litio en un recinto representa un riesgo considerable de incendio, ya que las baterías de Ion-Litio combinan materiales de alta energía con electrolitos a menudo inflamables. Cualquier daño al separador dentro de las baterías (causado por motivos mecánicos o por altas temperaturas) puede provocar un cortocircuito interno con una alta probabilidad de provocar una fuga térmica. Una vez que una celda ha experimentado una fuga térmica, es muy probable que el calor se propague a células adyacentes, provocando una reacción en cadena con consecuencias no deseadas y a menudo catastróficas.

Una estrategia basada en la prevención de riesgos, la detección temprana, acciones intervencionistas, extinción activa, así como separación física, siempre han de tenerse en cuenta para limitar la probabilidad y las consecuencias de un incendio de la batería de iones de litio.

El creciente número de baterías de iones de litio y una cantidad cada vez mayor de energía almacenada en diferentes almacenamientos de energía representa un riesgo de incendio nuevo donde la protección contra incendios es un desafío. Ver: [Cada diez días en el año 2023 se incendia un patinete eléctrico en Catalunya](#).

La detección muy temprana juega un papel fundamental para poder detener la propagación de la fuga térmica y limitar significativamente el daño general. La detección de los gases de escape que se liberan durante las primeras etapas del fallo de la batería es un reto nuevo y estos sistemas están comenzando a emerger. Los sistemas de detección de humo y calor también son aplicables para fines de alarma contra incendios y para activar un sistema de protección contra incendios, en caso de que la intervención temprana no tenga éxito.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la toxicidad de los gases y la contaminación del agua utilizada en la extinción, que puede causar graves daños medioambientales. Se debe prever el tratamiento de la misma, habilitar sistemas para que el agua contaminada no penetre en el subsuelo causando graves daños al medio ambiente y pueda ser tratada adecuadamente sin causar ningún daño.

Se ha de tener especial atención y cuidado en la [retirada y reciclaje](#) de estos productos, ya que se han producido [incendios](#) en [plantas de reciclaje](#) de estos productos o en transportes de materiales para reciclar y también el auge de [actividades de distribución y reparto de comida y paquetería](#) que utilizan estos medios

Finalmente, cuando se extingue un incendio en una batería, aún puede permanecer un riesgo de incendio significativo, ya que las baterías involucradas y afectadas por el fuego es probable que estén calientes y aún presenten el potencial de ventilar gases combustibles y tóxicos y tengan el potencial de reavivar. Por lo tanto, es necesario que las operaciones de control posteriores al incendio empiezen tan pronto como sea posible mediante personal equipado y capacitado. En algunos casos el incendio de un coche eléctrico se ha solventado sumergiéndolo un mínimo de [48 horas](#) en un [container con agua](#).

Para no llegar al punto del incendio es muy importante seguir las instrucciones del fabricante de las baterías.

3. APLICACIONES DE LAS BATERÍAS DE LITIO

Las baterías de iones de litio están emergiendo rápidamente como fuente de energía y se han convertido en la batería de elección en muchas aplicaciones, debido a su alta relación energía-peso.

Las baterías de iones de litio varían ampliamente y continúan evolucionando en términos de sus materiales de construcción, química y configuración. Son recargables y contienen iones de litio en un electrolito inflamable. No contienen ningún metal de litio libre; sin embargo, en la mayoría de los casos, las baterías de iones de litio combinan materiales de alta energía con electrolitos altamente inflamables.

Los recintos de las celdas suelen ser de metal o de polímero que se usan para configurar cilindros (rollo de gelatina), bolsas/polímeros (jalea aplastada), rollo/libros/hojas o prismáticos. Los cátodos son un litio recubierto de óxido, como el óxido de cobalto de litio con un ánodo de grafito en un electrolito con un separador de película de polietileno.

Las baterías varían en tamaño y configuración dependiendo de su uso y aplicación. Las baterías más grandes se pueden encontrar en sistemas de almacenamiento de energía (ESS) y vehículos, mientras que las baterías más pequeñas se utilizan en computadoras portátiles y teléfonos móviles con muchas aplicaciones intermedias.

La capacidad de una batería nos indica la cantidad de energía contenida. Se mide en miliamperios hora. A mayor número de miliamperios (mAh) más capacidad de carga.

Una clasificación propuesta por la norma alemana VDS (aseguradoras alemanas para la prevención de pérdidas) es la siguiente:

Baterías de litio de bajo consumo

Esto incluye todas las baterías de una sola celda y las baterías pequeñas, que se utilizan principalmente para computadoras, multimedia, pequeños dispositivos electrónicos y pequeñas herramientas, etc. Las de contenido inferior a 2 gramos de litio metal por batería y las de capacidad inferior a 100 Wh en las baterías tipo iones de litio.



Baterías de litio de capacidad media

Las baterías de esta categoría son para bicicletas con accionamiento auxiliar eléctrico (e-bike), e-scooters, vehículos eléctricos ligeros (LEV), equipos de jardinería, pero también se utilizan como células para la producción de baterías de alto rendimiento. Las de contenido superior a 2 gramos e inferior a 12 Kg brutos de litio metal por batería y las de capacidad superior a 100 Wh y menores de 12 kg brutos en las baterías tipo iones de litio.



Baterías de litio de alto rendimiento



Las baterías de esta categoría se caracterizan por un rendimiento particularmente alto, que resulta de la combinación y conexión de celdas de rendimiento medio en un sistema.

Actualmente, las áreas de aplicación conocidas son principalmente la electromovilidad (automoción) y los grandes dispositivos que son independientes de la red. Las de contenido superior a 2 gramos y superior a 12 Kg brutos de litio metal por batería y las de capacidad superior a 100 Wh y/o mayores de 12 kg brutos en las baterías tipo iones de litio.

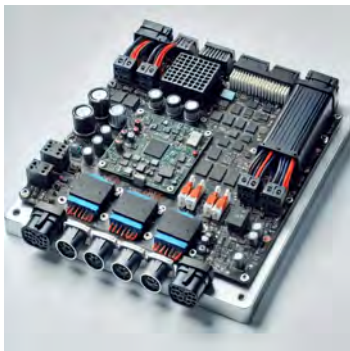
Las baterías están dispuestas en serie para aumentar el voltaje y en paralelo para aumentar la capacidad.

3.1 Aplicaciones de las baterías de litio

Las baterías de iones de litio disponen de mayores niveles de capacidad combinados con un funcionamiento fiable en comparación con otras formas de tecnología de celdas y baterías, incluido el níquel cadmio (Ni-Cd) y el hidruro metálico de níquel (NiMH). Por sus características, las baterías de iones de litio se han convertido en la tecnología de batería de elección en una variedad de áreas que incluyen, entre otras, aplicaciones de generación de energía, comunicaciones, industriales, vehículos militares y aeroespaciales.

En este contexto, es importante señalar que en caso de un fuego, el calor de la combustión está directamente relacionado con la energía de la batería.

Sistemas de gestión de baterías (BMS)



El componente electrónico más importante de muchas aplicaciones de baterías de iones de litio es el sistema de gestión de la batería (BMS) que, además de controlar y monitorear el estado de carga a nivel de celda y sistema, también realiza el control y la gestión de la temperatura durante los ciclos de carga y descarga. Como, por ejemplo, en el caso cuando la temperatura aumenta, la carga se interrumpe y se corta la energía para que la batería pueda enfriarse.

Un BMS eficiente mantiene las celdas en el rango operativo (temperatura, voltaje y corriente) seguro previsto, de modo que evita la sobrecarga y la descarga excesiva, deshabilitando cualquier elemento defectuoso para mejorar su rendimiento y su durabilidad.

3.1.1 Pequeños dispositivos portátiles individuales recargables y otros productos electrónicos de uso común

El término genérico "dispositivos portátiles" cubre una amplia gama de aplicaciones para este tipo de baterías en el consumo y uso profesional.

Incluye teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, tabletas, lectores electrónicos, cámaras y muchos otros aparatos electrónicos alimentados por baterías recargables (por ejemplo, herramientas eléctricas, etc). Estos productos suelen estar equipados con batería de capacidades de 2 hasta 30 Wh.



Dispositivo	Capacidad de las baterías
Cámaras	2,5 - 9 Wh
Móviles y smartphones	7 – 10 Wh
Portátiles y tablets	15 – 27 Wh
Herramientas eléctricas	3,6 – 18 Wh



3.1.2 Pequeña movilidad eléctrica

La movilidad eléctrica pequeña se compone de diferentes tipos de equipos/vehículos más pequeños que facilitan el movimiento de una o dos personas y que están equipados con un motor eléctrico además del accionamiento humano. Esto extrae su energía principalmente de baterías recargables externas. Las baterías de dichos productos varían normalmente de 50 a 1250 Wh.

Equipo / Vehículo	Capacidad de la batería
Patinetes	50 – 500 Wh
Bicicletas eléctricas	500 -1250 Wh



3.1.3 Sistema de energía de emergencia o UPS (fuente alimentación ininterrumpida)

Un sistema de energía de emergencia es una fuente independiente de energía eléctrica que respalda importantes sistemas eléctricos en la pérdida de una fuente de alimentación normal. Un sistema de energía de reserva puede incluir un generador de reserva, baterías y otros aparatos.

Los sistemas de energía de emergencia se instalan para proteger la vida y la propiedad de las consecuencias de la pérdida de la fuente de alimentación eléctrica primaria. Es un tipo de sistema de energía continua. Encuentran usos en una amplia variedad de entornos, desde casas a hospitales, laboratorios científicos, centros de datos, equipos de telecomunicaciones y barcos.

	Capacidad de la batería
Pequeña	1 – 5 kWh
Mediana	50 – 100 kWh
Grande	100 – 200 kWh

Las baterías de estos sistemas varían de 1 a 200 kWh.

3.1.4 Movilidad eléctrica y automoción eléctrica (electrificación de vehículos)

La movilidad eléctrica comprende todos los vehículos y embarcaciones que son propulsados por un motor eléctrico y obtienen su energía, principalmente, de la red eléctrica. En otras palabras: se puede recargar externamente. Esto incluye:

- Vehículos puramente eléctricos (EV)
- Vehículos con motor eléctrico y pequeño motor de combustión (vehículos eléctricos de gama extendida – REEV)
- Vehículos híbridos que se pueden recargar a través de la red eléctrica (vehículos eléctricos híbridos enchufables - PHEV)
- Autobuses eléctricos
- Barcos/barcos eléctricos

Los coches eléctricos (EV) están actualmente disponibles en el mercado con capacidades de batería en un rango entre 25–100 kWh, mientras que otros vehículos pueden llegar hasta 2500 kWh.

Modelo	Capacidad de la batería
Fiat 500	24 – 42 kWh
Renault Zoe	41 – 52 kWh
Tesla Model 3	60 – 75 kWh
Volkswagen ID.3	45-77 kWh
Ford Mustang Mach-E	75,7-98,8 kWh
Porsche Macan	100 kWh
Autobuses eléctricos	100 – 500 kWh
Pequeñas embarcaciones	20 – 200 kWh
Grandes embarcaciones	200 – 2500 kWh



3.1.5 Sistemas de almacenamiento de energía (ESS)



Los sistemas de almacenamiento de energía de batería (ESS) cubren una amplia gama de aplicaciones en el suministro de electricidad, desde la generación hasta el consumo. Ayudan a optimizar el rendimiento de los activos al suavizar las demandas de energía en toda la red, estabilizar la frecuencia y el voltaje y equilibrar las variaciones entre la oferta y la demanda en entornos industriales y domésticos suministros de electricidad.

Algunos ejemplos de aplicaciones ESS:

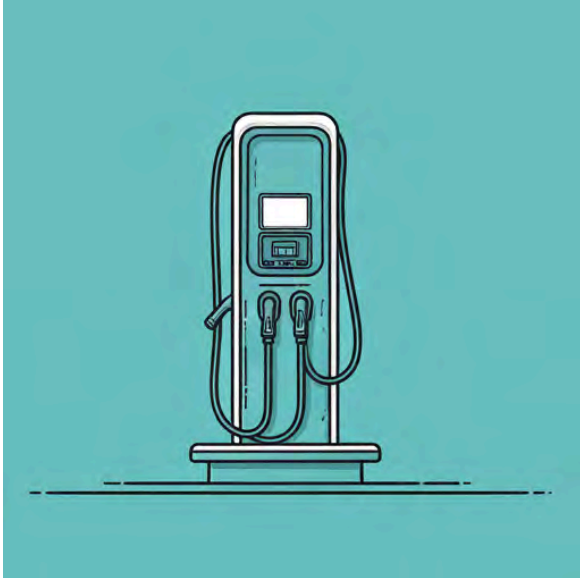
- Aplicaciones de suministro eléctrico para redes y microrredes
- Suministro de electricidad para la industria
- Integración de energías renovables

Actualmente, los ESS están disponibles en el mercado con capacidades de batería en un rango entre 5 y 500 kWh y en muy grandes aplicaciones con una capacidad de varios miles de kWh. Debido a la alta energía almacenada, los sistemas de almacenamiento de energía en baterías de iones de litio son una aplicación con una clara necesidad de protección integral contra incendios.

3.2 Principales riesgos de las baterías de litio

3.2.1 Riesgos eléctricos

Riesgos:



- Electrificación, incluso electrocución (quemaduras internas, contracciones musculares, alteraciones del ritmo cardíaco, muerte, etc.)
- Arco eléctrico (quemaduras externas, salpicaduras de metal fundido, daños oculares y auditivos, etc.)

Causados por:

- Contacto directo o indirecto con los terminales o conectores de la batería
- Cortocircuito de la batería
- Creación de un arco durante las operaciones de desconexión de la batería

Medidas de prevención:

- Utilizar baterías cuyos conectores dispongan de protección contra el contacto directo (índice de protección al menos IP2X o IPXXB).
- Desconectar únicamente las baterías descargadas.
- Instalar protecciones (tapas aislantes) en las partes vivas desnudas.
- Evitar que las baterías entren en contacto entre sí durante el almacenamiento.
- Formar a los operadores en la prevención del riesgo eléctrico y, en su caso, autorizarlos para el uso de estos equipos.



3.2.2 Riesgos químicos

Riesgos:

- Presencia de electrolitos peligrosos y electrodos que contienen óxidos metálicos tóxicos (consecuencias según la composición: quemaduras en la piel, efectos nocivos en determinados órganos en caso de ingestión, inhalación o contacto con la piel, lesiones oculares graves, alergia cutánea, etc.).
- Fuga o gasificación de compuestos peligrosos en caso de mal uso (exposiciones por inhalación y contacto con la piel).

Causados por:

- Fuga térmica de la batería después de un mal funcionamiento: fugas de electrolitos y liberación de compuestos peligrosos.
- Cargadores inadecuados o mal uso de los mismos.
- Liberación de polvo tóxico durante los procesos de reciclaje de baterías.

Medidas de prevención:

- Evitar la fuga térmica
 - Tener cuidado de no golpear, dejar caer o perforar las baterías al manipularlas.
 - Seguir las instrucciones de almacenamiento proporcionadas por el fabricante (rango de temperatura y humedad, tasa de carga, etc.).
 - Utilizar cargadores adecuados.
 - No hacer un mal uso de las baterías (por ejemplo, no cargarlas demasiado rápido).
- En caso de manipular un gran número de baterías, dedicar un área a esta actividad, dotada de equipos de protección colectivos (aspiración) para evacuar los gases.
- Proyectar áreas o cuartos de almacenamiento con pisos impermeables o contenedores impermeables.
- Capacitar a los empleados en los riesgos químicos específicos de las baterías de litio.

3.2.3 Riesgos de incendio y explosión

Riesgos:

- Formación de atmósferas explosivas.
- Creación de una fuente de ignición, foco de incendio (sobrecalentamiento, llamas, cortocircuito, etc.).
- Proyección de material en llamas (electrodos, electrolito).

Causados por:

- Fuga térmica de la batería después de un mal funcionamiento: gasificación.
- Cargador no adecuado.
- Uso de electrolitos y electrodos combustibles o inflamables (incluido el litio y sus aleaciones).

Medidas preventivas:

- Evitar la fuga térmica (ver apartado anterior).
- Ventilar las salas de carga y almacenamiento y señalizarlas claramente.
- Almacenar las baterías en áreas o gabinetes específicos resistentes al fuego. Utiliza armarios de almacenamiento de seguridad. Para baterías dañadas ver información a continuación.
- En caso de manipular un gran número de baterías, dedicar un área a esta actividad, dotada de equipos de protección colectivos (aspiración) para eliminar las emanaciones gaseosas.
- Mostrar claramente qué hacer en caso de emergencia.
- Capacitar a los empleados sobre los riesgos de incendio y explosión específicos de las baterías de litio.
- Transportar las baterías en las condiciones establecidas en el ADR (embalaje, etiquetado) y de forma que se eviten golpes que puedan dañarlas durante la carga, el transporte y la descarga.

Baterías dañadas: ¡Cuidado con el peligro!



Se dice que una batería, nueva o usada, está dañada si parece deformada, hinchada, perforada o si muestra una fuga de electrolito. El daño no siempre es visible y generalmente proviene de un golpe, una caída o una agresión térmica.

Las baterías dañadas presentan riesgos de fuga térmica, riesgos de cortocircuitos, riesgos químicos debido a la fuga de electrolitos, riesgos de incendio debido a la exposición del litio a la humedad del aire y riesgos de explosión en caso de combustión descontrolada.

Para prevenir estos riesgos, algunas reglas de prevención:

- Mantener las baterías dañadas alejadas de otras baterías, lejos de la humedad y las fluctuaciones de temperatura.
- Almacenar las baterías dañadas en recipientes no metálicos, no combustibles, herméticos, equipados con una válvula de alivio de presión y que contengan material absorbente.
- Manipular las baterías dañadas únicamente en áreas ventiladas y con precauciones especiales (herramientas aislantes, EPI, etc.).
- Observar y vigilar con atención las baterías dañadas (aumento de la temperatura, aparición de hinchazón, etc.).
- Es imprescindible disponer de una ducha de seguridad, un puesto de lavado de ojos y un puesto de primeros auxilios.



3.2.4 Riesgos de trastornos musculoesqueléticos

Riesgos:

- Dolor de espalda
- Dolor en las extremidades superiores

Causados por:

- Manejo de baterías pesadas
- Gestos repetitivos (por ejemplo al ordenar)
- Posturas incómodas

Medidas preventivas:

- Diseñar los puestos de trabajo con principios ergonómicos.
- Proporcionar equipos mecánicos para el manejo de las baterías más pesadas.
- Rotar tareas para evitar gestos repetitivos.
- Capacitar a los empleados sobre las herramientas o métodos disponibles para evitar o reducir el transporte de cargas y sus efectos.

4. RIESGOS DE INCENDIO Y PELIGROS DE LAS BATERÍAS DE ION-LITIO

El control activo de la energía almacenada y extraída de las baterías de iones de litio ha hecho posible su creciente utilización. La frecuencia relativamente baja de incidentes importantes es testimonio del diseño exitoso aplicado a este aspecto crítico del uso de estos productos energéticos de alta densidad. Sin embargo, ocurren incidentes y múltiples.

Se necesitan medidas de seguridad para minimizar las graves consecuencias de un fallo en una batería de iones de litio.

4.1 Riesgos inherentes a las baterías de iones de litio

Para comprender el riesgo de incendio inherente de las baterías de iones de litio, es importante comprender primero la tecnología de la batería.

En el corazón del sistema de batería se encuentran los electroquímicos.

Cada celda de iones de litio consta de dos electrodos, el ánodo (electrodo negativo) y el cátodo (electrodo positivo).

Estos electrodos consisten en un colector y un material activo aplicado a él. Entre los dos electrodos hay el electrólito conductor de iones (típicamente inflamable). Esta es una mezcla de sales de litio disueltas en disolventes orgánicos con diversos aditivos que actúa como mediador de los procesos de intercambio iónico dentro de la célula.

Finalmente, cuenta con un separador que asegura la separación eléctrica de los electrodos al mismo tiempo que facilita el intercambio iónico eficiente.

Como las baterías de iones de litio combinan materiales de alta energía con electrolitos a menudo inflamables, ya que utilizan disolventes, como carbonato de etilo mezclado con carbonatos lineales de mayor volatilidad, cualquier daño al separador (causado ya sea mecánicamente o por altas temperaturas) conducirá a un cortocircuito interno con una alta probabilidad de daño térmico fuera de control. Las situaciones críticas para la seguridad son casi inevitables.

Es importante destacar también que el litio en forma metálica, así como algunas de sus aleaciones reaccionan violentamente con la humedad del aire.

Para ciertas industrias y aplicaciones, las celdas de la batería están contenidas en paquetes de baterías sellados con clasificación IP. Esta puede dificultar o imposibilitar la aplicación del agente de protección contra incendios a las celdas de la batería. La metodología de construcción tiene un gran impacto en el riesgo y las estrategias para reducir los daños.

4.2 Causas de fallo de las baterías de iones de litio

El fallo de las baterías de iones de litio y el riesgo resultante de sobrecalentamiento y/o autoignición puede resultar de una o más de las siguientes causas:

- Defectos internos de fabricación (defectos de material, contaminación, defectos de montaje/construcción).
- Daño físico (durante el montaje en productos terminados, envío, manipulación, eliminación de desechos o durante el servicio; ya sea accidental o maliciosa).
- Defecto del separador debido a la formación de dendritas (por envejecimiento no detectado y posterior cortocircuito interno).
- Peligro mecánico (aplastamiento / penetración).
- Peligro térmico
 - Exposición a altas temperaturas (es decir, almacenamiento sin control de temperatura).
 - Exposición a las llamas.
 - Calor de las celdas adyacentes*.
- Peligro eléctrico
 - Sobrecarga / sobre - descarga.
 - Cortocircuito.

* Las baterías de iones de litio, por ejemplo las que se utilizan en los vehículos eléctricos, tienen muchos cientos, incluso miles de células individuales. Si una sola celda se sobrecalienta, se incendia o incluso explota, la propagación del calor a la celda adyacente puede conducir rápidamente a una situación catastrófica.

4.3 Etapas de los fallos de las baterías de iones de litio

Los fallos de las baterías de iones de litio tienen cuatro etapas distintas, que son las siguientes:

1. Fallo de la batería
2. Liberación de gases
3. Humo
4. Incendio

4.3.1 Liberación de gases

La liberación de gases ocurre antes de la fuga térmica, luego aumenta cuando la fuga térmica ocurre y continúa después. Por lo general, las celdas cilíndricas y prismáticas tienen respiraderos de alivio de presión específicamente diseñados para liberar la sobrepresión. Las celdas de petaca normalmente no tienen tales mecanismos de liberación de presión. En cambio, la petaca se puede expandir hasta cierto punto para acomodar algún grado de liberación de gases, pero está diseñada para estallar (a menudo a lo largo de una costura o punto débil deliberado) para que la sobrepresión se alivie de una manera/ubicación predecible. Esta emisión de gases inicial brinda una buena oportunidad para una intervención temprana, siempre que pueda detectarse.

4.3.2 Humo

Cuando las temperaturas generadas por una batería defectuosa comienzan a exceder los límites de diseño de los materiales de construcción su descomposición producirá humo, específicamente formado por las partículas de descomposición que se transportan en corrientes de aire térmico que acompañan a las altas temperaturas. En algunos casos, como cuando la falla de la batería es provocada por el calor externo, el humo puede liberarse antes de que se produzca la liberación de gases. La detección temprana de humo en esta etapa puede y debe utilizarse para iniciar medidas de intervención. Por el contrario, cuando el calor se genera internamente debido a otra falla (p. ej., sobrecarga), es más probable que se produzca humo y temperaturas externas más altas después de que se hayan liberado los gases.

4.3.3 Fuego

Con temperaturas elevadas, nubes de gases potencialmente inflamables y cantidades en aumento de humo, la transición a un incendio y el desarrollo de llamas es casi inevitable. La fuga térmica sin control se propaga a las células adyacentes con un crecimiento de temperatura exponencial.

4.4 Riesgos

Desde el momento en que se inicia un incendio y se desarrolla, la tarea pasa de la prevención del incendio a la supresión y contención del mismo. La mera presencia de baterías de iones de litio en un recinto representa un riesgo considerable de incendio, ya estén almacenadas u operativas. Por lo tanto, siempre se deben tomar medidas para limitar la propagación del fuego en caso de que ocurra. La contención es una medida fundamental en relación con la minimización del riesgo y debe tener en cuenta las graves consecuencias del incendio de una batería de iones de litio, que incluyen:

- Liberación de gases tóxicos (HF, CO, CO₂, POF₃, etc.)
- Liberación de calor
- Quema de materiales inflamables
- Riesgo de explosión

4.5 Fuga térmica y sus peligros

4.5.1 ¿Qué es una fuga térmica?

La fuga térmica de la batería de iones de litio ocurre cuando una sola celda, o el área dentro de una celda, alcanza temperaturas elevadas debido a falla térmica, falla mecánica, cortocircuito interno/externo, sobredescarga, sobrecarga o abuso electroquímico. Cuando la temperatura interna de la celda aumenta lo suficiente como para encender el electrolito, que es un líquido orgánico, el material de óxido en el cátodo se descompondrá y liberará oxígeno. Así, en la célula dañada hay combustible (electrolito orgánico líquido) y oxígeno (de los óxidos en el cátodo), ingredientes para un fuego que puede generar su propio oxígeno, haciéndolo extremadamente difícil de extinguir.

A temperaturas elevadas (antes de la fuga térmica), comienza la descomposición exotérmica de los materiales de la celda. Como consecuencia, la presión interna dentro de la celda se acumulará hasta que el vapor de electrolito se libere inicialmente a través de un alivio, válvula o por la fractura controlada de la coraza. La detección temprana de los vapores ventilados durante las etapas iniciales de la liberación de gases puede ofrecer la oportunidad de intervenir en los procesos que rodean a la batería, en particular la carga y sistemas de enfriamiento que los soportan. En esta etapa los gases dominantes son los electrolitos solventes.

Eventualmente, la velocidad de autocalentamiento de la celda es mayor que la velocidad a la que el calor se puede disipar al entorno, la temperatura de la celda aumenta exponencialmente, finalmente se pierde la estabilidad y se produce una fuga térmica. En esta etapa los gases emitidos son indicativos de descomposición térmica e incluyen CO, CO₂ y H₂. La pérdida de la estabilidad también da como resultado que toda la energía térmica y electroquímica restante se libere al entorno.

La fuga térmica generalmente comienza en una sola celda antes de que la propagación térmica cree un efecto dominó a través de las células adyacentes. En caso de que comience tal fuga térmica:

- Ninguna tecnología ha sido probada para detener el embalamiento térmico en una celda.
- No necesita oxígeno para desarrollarse,
- Inicialmente dura algunos segundos solo en una sola celda, según el número de celdas en un sistema de batería y por efecto dominó puede durar desde horas hasta varios días en total.
- Por lo tanto, provoca altas temperaturas (más de 600°C) en los materiales, que pueden durar muchas horas.

4.5.2 Causas de una fuga térmica

El diseño complejo e intrincado, la densidad de energía cada vez mayor y el envejecimiento de la batería son las causas del peligro. Los defectos y daños físicos también pueden crear cortocircuitos internos que provocan fallos en las celdas.



La fase de fuga térmica produce aumento de la temperatura y liberación de calor, además de ventilación/desgasificación de los electrolitos inflamables/tóxicos. Esto acelera la falla celular. Sin contramedidas, se generará una mezcla explosiva de gas y aire: si hay presente una fuente de ignición, se producirá una explosión. Si no se detiene el calentamiento, se producirá una fuga térmica.

El potencial de fuga térmica está influenciado por el estado de carga, las condiciones operativas, materiales de electrodos de batería, electrolito y separador.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA INCENDIOS

Prevención (protección pasiva/preventiva contra incendios)

- Cumplimiento de todas las especificaciones del respectivo fabricante y fichas técnicas de producto.
- Prevención de cortocircuitos externos (protección contra cortocircuito de los polos de la batería, por ejemplo, mediante el uso de tapas de polos).
- Prevención de cortocircuitos internos (protección contra daños mecánicos).
- No exponer directa y permanentemente a altas temperaturas o fuentes de calor.
- La correcta elección de los materiales.
- Retardantes de llama agregados para la estabilidad térmica de la batería.
- Se necesita una compartimentación y separación adecuadas de las baterías.
- Se requiere una gestión precisa de la energía y un control de la energía durante la carga y descarga de las baterías. Supervisión mediante el sistema de gestión de baterías (BMS).

Detección de incendios

- La detección en las primeras etapas de un riesgo puede proporcionar tiempo para intervenir y evitar una amenaza en aumento. Aquí juegan un papel destacado los sistemas de detección de gases combustibles y los sistemas de detección de humos por aspiración más eficaces que los tradicionales por su principio de funcionamiento.
- Puede proporcionar una señal adecuada para el inicio de un sistema de protección contra incendios si falla la intervención temprana.

Protección contra incendios

- Extinguir las llamas externas, pero la extinción de las llamas por sí sola no es suficiente.
- La refrigeración es fundamental para reducir las altas temperaturas que se producen.
- Enfriar durante todo el proceso de fuga térmica en el módulo encendido. El diseño debe garantizar que el enfriamiento sea posible durante un período suficientemente largo como para que el peligro disminuya.
- Detener la propagación de fugas térmicas desde el módulo incendiado a otros módulos.

En todas las etapas es importante tener en cuenta que existen diferentes fabricantes de baterías, muchos tipos de baterías y productos químicos en el mercado.

6. TRANSPORTE DE BATERÍAS DE LITIO

Las pilas y baterías de litio están clasificadas en el reglamento de transporte de mercancías peligrosas (ADR: Acuerdo para el transporte de mercancías peligrosas por carretera) como mercancías peligrosas y están identificadas con un número ONU.



■ Etiqueta de clase 9A

3090	Baterías de metal de litio (incluidas las baterías de aleación de litio)
3091	Baterías de metal de litio contenidas en equipo (incluyendo baterías de aleación de litio)
3091	Baterías de metal de litio empaquetadas con el equipo (incluyendo baterías de aleación de litio)
3480	Baterías de iones de litio (incluidas las baterías de membrana de polímero de iones de litio)
3481	Baterías de iones de litio contenidas en el equipo (incluidas las baterías de membrana de polímero de iones de litio)
3481	Baterías de iones de litio empaquetadas con equipo (incluyendo baterías membrana de polímero de iones de litio)
3536	Baterías de litio instaladas en vehículos de transporte (baterías de litio baterías de iones o de metal de litio)

Los números ONU para pilas y baterías de litio son clase 9 – M4 (clase 9: materiales y objetos varios peligrosos; M4: baterías de litio) indica que debe informarse sobre los embalajes y en los documentos de transporte.

Las pilas y baterías de litio están sujetas al etiquetado de clase 9A para el transporte. Esta etiqueta aparece en el envase.

Se aplican diferentes requisitos para su transporte, por ejemplo, una restricción es el peso transportado, con excepción de las baterías código UN 3536 instaladas en equipos de transporte, y una restricción de circulación en túneles.

El documento de transporte debe mencionar las frases previstas en el ADR, y las instrucciones específicas de seguridad relacionadas con la peligrosidad de los residuos de las pilas y baterías de litio y debe ser conocido por el personal del transporte (riesgo de quemaduras, riesgo de incendio, riesgo de explosión y riesgos para el medio ambiente en caso de derrame).

Atención

Según los códigos de la ONU, varias disposiciones especiales permiten exención total a ADR para el transporte. Dependiendo de si es iones de litio o celdas o baterías de litio metal, las disposiciones especiales se aplican en base a los siguientes criterios:

- Contenidos máximos de litio
- Valores de capacidad energética
- Masa de las mercancías
- Pilas o baterías integradas o no en el equipo, masa total en el equipo

No obstante, estas disposiciones especiales van acompañadas de condiciones de embalaje que deben cumplirse para beneficiarse de ellas. Se debe hacer referencia al ADR para valorar todos los casos especiales posibles y sus criterios, y definir los procedimientos adecuados mediante un consejero de seguridad en el transporte de materiales peligrosos (TDG).

Si las pilas o baterías están dañadas o son defectuosas se ha de indicar en el embalaje lo siguiente: “Baterías o baterías de iones de litio dañadas/defectuosas” o “Células o baterías de litio metal dañado/defectuoso”.

El embalaje de pilas y baterías dañadas o defectuoso no es probable que reaccione peligrosamente si se lleva a cabo de acuerdo con las disposiciones del procedimiento ADR P908 (o LP904). Los bornes de las baterías dañadas han de estar protegidos. Las baterías han de estar colocadas individualmente en un embalaje interior sellado cerrado y no conductor de electricidad, colocado todo en un embalaje exterior incombustible en el que se añade un material de amortiguación, seco y no conductor de la electricidad (tipo vermiculita), evitando las vibraciones, el rozamiento y los golpes durante el transporte. Si su masa supera los 30 kg, deben embalsarse individualmente.

Si las celdas y las baterías están dañadas o son defectuosas y propensas a reaccionar peligrosamente (producción de llama, liberación de calor, emisión de sustancias tóxicas, corrosivas e inflamables en condiciones normales de transporte), su embalaje se realiza de acuerdo con las disposiciones del procedimiento ADR P911 (o LP906), en contenedores respetando en particular los siguientes criterios de seguridad:

- Embalaje resistente al calor (100 °C máximo en la superficie exterior, pico máximo en 200°C máx.).
- Dispositivo de protección contra sobrepresión.
- Estanqueidad del paquete en caso de ignición en el interior.

Cuando las pilas y baterías se transportan para su eliminación o reciclaje, sus embalajes deben llevar el correspondiente letrero “Pilas o baterías de litio para la eliminación” o “Pilas o baterías de litio para reciclar”. Si las celdas y las baterías están dañadas o son defectuosas, se ha de mencionar. Para cada unidad de transporte se ha de elaborar una ficha de seguimiento de residuos peligrosos.

 **ASEPEYO**

