

BATERIAS ION LITIO

Manual de buenas prácticas



CÍRCULO DE INGENIEROS DE RIESGOS
Buenos Aires – Argentina

www.cirargentina.com.ar  CIR Argentina

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS – AGOSTO 2025

Antecedentes de la Guía Técnica

Durante los años 2024 y 2025, se ha llevado a cabo un exhaustivo estudio y análisis de los riesgos asociados al uso de baterías de ion de litio. Como resultado de este trabajo, se ha elaborado el presente Manual de Buenas Prácticas, cuyo objetivo es brindar una guía integral para la identificación, prevención y mitigación de dichos riesgos.

Esta herramienta busca promover prácticas seguras y responsables en el manejo y la utilización de baterías de ion de litio, aportando así a la mejora de la seguridad operativa y la eficiencia tanto en aplicaciones industriales como en entornos domésticos.

El alcance de este manual comprende dispositivos eléctricos destinados a la micromovilidad, vehículos eléctricos, equipos eléctricos para el movimiento de mercaderías y sus correspondientes sistemas de carga. Asimismo, se aborda la temática vinculada al almacenamiento de baterías y de equipos que incorporan baterías de ion de litio.

Cabe aclarar que esta guía no contempla los sistemas BESS (Battery Energy Storage Systems, mejor conocidos como Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías).

Participantes en la redacción

Sr. Agustín García

Lic. Raúl Rawson

Ing. Juan Cruz Amor

Allianz Argentina CIA. de Seguros S. A.

Chubb Argentina Seguros S.A.

Zurich Argentina Cía. de Seguros S.A.

Agradecemos la revisión de esta guía a:

Ing. Pablo Cabrera

Lic. Diego Meli

Dr. Ing. Felipe Gallardo

Sr. Nicolas Walton

Ing. Javier De Souza

Allianz Argentina CIA. de Seguros S. A.

Provincia Seguros

Y - TEC

Zurich Argentina Cía. de Seguros S.A.

Zurich Argentina Cía. de Seguros S.A.

Las siguientes compañías adhieren a la Guía Técnica



Aviso al lector

Este manual sirve como una guía integral para la comprensión, prevención y protección contra los riesgos asociados con el uso de baterías de ion de litio. No constituye un texto normativo o reglamentario, ni prescribe los requisitos que, ejecutados, garanticen la seguridad de estos procesos.

Se presentan estrategias y soluciones para abordar ciertas necesidades que los profesionales en este campo pueden encontrar. Estas ideas pueden servir como base para la implementación de aplicaciones potenciales para la prevención y protección contra los riesgos de las baterías de ion de litio. Cada caso es único y depende de muchas circunstancias, y una solución válida puede no serlo para otra; por lo tanto, se recomienda el asesoramiento profesional en cada situación.

Hemos desarrollado este manual en vista del marcado aumento en su utilización en diversos campos. Estas baterías han evolucionado de ser exclusivas del entorno doméstico a convertirse en pilares fundamentales en la electrónica moderna, la movilidad y los sistemas de almacenamiento de energía.

La creación de este manual también responde a la necesidad de abordar los riesgos asociados con el uso de baterías de ion de litio, peligros que a menudo pasan desapercibidos o no se comprenden completamente. A través de esta herramienta, buscamos no solo fomentar una apreciación informada de estas tecnologías, sino también promover prácticas seguras que contribuyan al aprovechamiento responsable de sus beneficios.

Esta es la primera versión de este manual, la cual queda sujeta a actualizaciones conforme surjan nuevos códigos y normas técnicas emitidas por entes reconocidos, como por ejemplo la futura publicación de la norma *NFPA 800 - Código de Seguridad de las Baterías*.

Si su lectura impulsa prácticas más seguras en la manipulación, operación y cuidado de los equipos eléctricos con baterías de litio, este manual habrá alcanzado su razón de ser.

Índice**Página**

Antecedentes de la Guía Técnica -----	2
Aviso al lector -----	3
Bibliografía -----	5
Capítulo 1 – Objetivos del manual de buenas prácticas -----	7
Capítulo 2 – Definiciones -----	7
Capítulo 3 – Principales riesgos del uso y manipulación de baterías de iones de litio-----	9
Capítulo 4 – Causas y etapas de fallo de las baterías de iones de litio -----	10
Capítulo 5 - Sistema de Gestión de Baterías (BMS) -----	13
Capítulo 6 – Medidas de prevención-----	14
6.1 Movimiento de mercaderías – Autoelevadores / Apiladores / Zorras eléctricas-----	14
6.1.1 Estación de carga -----	15
6.2 Almacenamiento de baterías -----	17
6.3 Movilidad eléctrica (bicicletas, monopatines, etc.) – Equipos / Herramientas eléctricas-----	19
6.4 Autos eléctricos -----	21
6.5 Estacionamientos -----	22
Anexos -----	27
A.1 ¿Qué es una batería de ion litio? -----	27
A.2 Uso de batería de ion litio en la actualidad -----	28
A.3 Checklist de seguridad para baterías de litio y cargadores eléctricos -----	29
A.4. Checklist de verificación en bahías de estacionamiento -----	31
Cláusula de referencia documental -----	32

Bibliografía

Allianz Argentina. (s.f.). ¿Qué son las baterías de litio? Allianz.

Cantillo, H. (2023, 7 de marzo). To The Point: Baterías de Ion-Litio [Publicación de LinkedIn].

Chubb. (2023). To the Point: Electrical Vehicle Parking and Charging Stations. Insured.

DBI (Danish Fire and Safety Institute) & TI (Danish Technological Institute). (2022). Fire safety in garage systems, storage of lithium-ion batteries and batteries for photovoltaic systems in buildings.

Edar Ingeniería. (2024, 7 de enero). Almacenamiento de energía con baterías ion-litio [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=4PgsWNXPdRM>

Edar Ingeniería. (2024b, 13 de enero). Vehículos y microvehículos con baterías ion-litio [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=CcVhgSPy48>

Eualarm (2022). Guidance on Integrated fire protection solutions for Lithium-Ion batteries

European Commission. (2025, 15 de febrero). Fire safety – Electric vehicles and charging infrastructure: Guidance on fire safety for electric vehicles parked and charging infrastructure in covered parking spaces.

Fire Industry Association (FIA). (2020, diciembre). Guidance on Li Ion Battery Fires.

Factory Mutual Global. (2024, enero). Data Sheet 5-33: Lithium-ion battery energy storage systems.

Factory Mutual Global. (2024, octubre). Data Sheet 7-112: Lithium-ion battery manufacturing and storage.

Fire Protection Association. (s.f.). Insurance risks of Li-ion.

Fire Protection Association (s.f.). RC61: Secondary batteries – fire and associated hazards.

Fire Protection Association (s.f.) Need to Know Guide RE2 Lithium-ion Battery Use and Storage

Massachusetts Institute of Technology (2017, marzo). Lithium-Ion Battery Safety Guidance.

Learn how FSRI tested electric vehicle fire blankets. (s. f.). https://fsri.org/research-update/experiments-studying-fire-blanket-effectiveness-control-electric-vehicle-fires-are?utm_source=LinkedIn&utm_medium=Organic%20Social&utm_campaign=EV_Phase3_Experiments_2025_06_04

Pirolisis. (2023, 4 de febrero). Charla técnica “Fuegos de origen en baterías de litio” [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5wdKotaJCno>

RISCAuthority. (s.f.). Recommendations RC42: Fire safety of unattended process.

Schütz, D. L. (2023). Risk Control Practice: Special hazard – Stationary battery energy storage systems handbook. SCOR Global P&C.

Schütz, D. L. (2023). Risk Control Services: Occupancy – Lithium-ion batteries manufacturing. SCOR Global P&C.

Zurich Insurance. (2015). RiskTopics: Incidental hazards – Battery charging of vehicles including lift trucks.

Zurich Insurance. (2022). Risk Topic: Electric vehicles.

Zurich Insurance. (2023). Risk Topic: E-scooters & E-bikes fire safety.

Zurich Insurance. (2023). Technical Reference: Fixed fire protection – Sprinklers – Lithium-ion commodities.

Capítulo 1 – Objetivos del manual de buenas prácticas

Esta guía técnica, destinada a diversas industrias y entornos, aborda una amplia gama de aplicaciones que involucran baterías de ion de litio. Desde dispositivos electrónicos hasta vehículos eléctricos, se enfoca en proporcionar orientación específica para comprender y mitigar los riesgos inherentes a estas tecnologías. No obstante, es crucial señalar que esta guía actúa como un complemento informativo y no reemplaza las normativas nacionales e internacionales específicas para baterías de ion de litio. Se enfatiza la importancia de consultar y cumplir con las regulaciones vigentes.

En nuestro esfuerzo por señalar las áreas de mayor impacto, identificamos situaciones donde los riesgos asociados con las baterías de ion de litio son determinantes. Esto incluye momentos como la carga, descarga, almacenamiento prolongado, su uso inapropiado en dispositivos móviles, fallos en la fabricación, entre otros. En respuesta a estas circunstancias, ofrecemos recomendaciones detalladas para gestionar de manera segura estas actividades, con el objetivo de promover un uso responsable y consciente de estas tecnologías.

Capítulo 2 – Definiciones

2.1 Abuso eléctrico - Condición anómala provocada por sobrecarga, descarga profunda, cortocircuito o sobrecorriente, que puede dañar la celda y generar riesgo de incendio.

2.2 Abuso mecánico - Daño físico causado por impacto, perforación, compresión o vibraciones, que puede comprometer la integridad de la celda y generar riesgos de incendio.

2.3 BMS (Battery Management System) - Sistema de gestión de baterías encargado de monitorear, controlar y proteger su funcionamiento. Supervisa variables clave como la temperatura, tensión, corriente y estado de carga, equilibrando las celdas y desconectando el sistema en caso de condiciones anómalas. Es fundamental para garantizar la seguridad, el rendimiento y la vida útil del conjunto de baterías.

2.4 Batería - Sistema compuesto por una o más celdas o packs, junto con circuitos de protección y gestión. Aunque todas las baterías de ion de litio comparten componentes fundamentales, pueden diferir significativamente en tamaño y forma. Existen principalmente tres tipos de celdas según su formato:

- Cilíndrica: De forma tubular, ofrece buena estabilidad mecánica y es común en herramientas y bicicletas eléctricas.
- Prismática: Con forma rectangular rígida, permite un mejor aprovechamiento del espacio y se utiliza en automóviles eléctricos.
- Pouch: Flexible y ligera, envuelta en una lámina blanda, ideal para aplicaciones donde se prioriza la densidad energética y el peso reducido.

2.5 Celda - Unidad electroquímica básica que almacena y libera energía mediante reacciones químicas. Es el componente elemental de una batería.

2.6 Descarga Profunda (Deep Discharge): Es el estado en el que el voltaje de una batería de iones de litio cae por debajo de su límite de voltaje de seguridad mínimo. Este tipo de descarga es muy perjudicial, ya que puede causar daños irreversibles en la estructura interna de la batería, lo que se traduce en una pérdida significativa de su capacidad, una reducción drástica de su vida útil y, en casos extremos, puede hacerla inestable o imposible de recargar de forma segura. Los sistemas de gestión de batería (BMS) están diseñados para prevenir esto, desconectando la batería antes de que alcance este estado crítico.

2.7 Explosión - Es en esencia una súbita liberación de gas a alta presión en el ambiente.

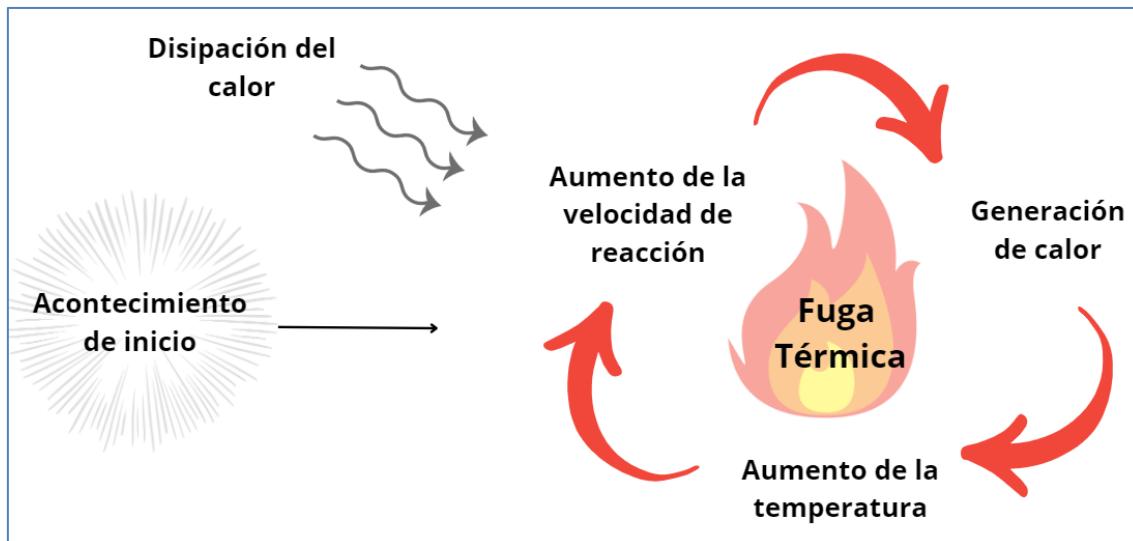
2.8 Fuga térmica (Thermal Runaway) - Reacción en cadena autoalimentada dentro de una celda que genera aumento incontrolado de temperatura, pudiendo causar incendio o explosión.

2.9 Pack - Conjunto de celdas conectadas eléctricamente y dispuestas dentro de una estructura mecánica con sistemas de control, protección y gestión térmica.

2.10 Válvula de liberación de gases (Safety Vent) - Dispositivo de alivio de presión incorporado en algunas celdas de batería, diseñado para abrirse de forma controlada cuando la presión interna supera un umbral seguro. Su función es liberar gases acumulados y evitar la explosión de la celda en caso de sobrecalentamiento o falla interna.

Capítulo 3 – Principales riesgos del uso y manipulación de baterías de iones de litio

La fuga térmica es uno de los principales riesgos asociados con las baterías de iones de litio. Ocurre cuando una celda de iones de litio entra en un estado incontrolable de autocalentamiento a través de una reacción exotérmica. Este fenómeno comienza dentro de las celdas de la batería, llevando a su descomposición y potencialmente resultando en una propagación térmica dentro del paquete de baterías. Este proceso puede continuar con la liberación de gas y humo y puede escalar hasta un incendio.



Fuente: The Fire Safety Research Institute (FSRI)

Un paquete de baterías está compuesto por numerosas celdas, cada una separada por un componente crítico llamado separador, que aísla el ánodo (-) del cátodo (+)¹. La fuga térmica puede ser desencadenada por un defecto en el separador de una celda, a menudo causado por abuso físico, térmico o eléctrico. Una vez iniciada, la fuga térmica implica un evento de sobrecalentamiento rápido donde las temperaturas elevadas o el voltaje excesivo inician reacciones químicas dentro de la celda. Si el sistema de enfriamiento de la batería se ve abrumado, puede ocurrir la ignición. Esta ignición, a su vez, puede calentar las celdas adyacentes, llevando a la propagación térmica.

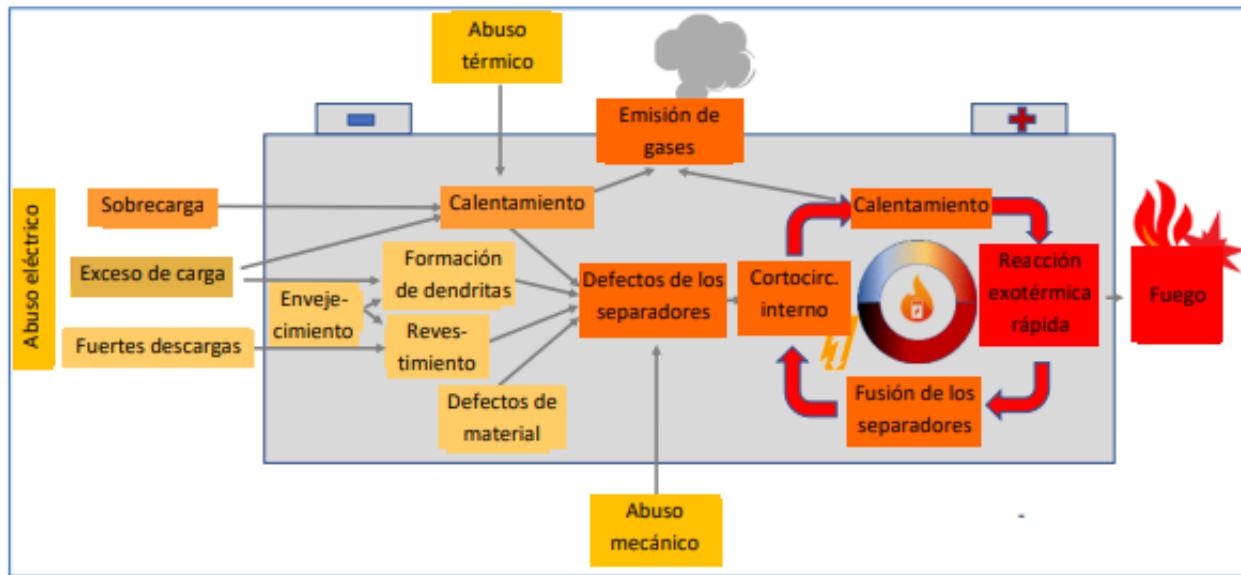
Cuanta más celdas se vean afectadas por la fuga térmica dentro de un paquete de baterías, mayor será la probabilidad de que el incendio se propague a través de celdas sucesivas. Esta reacción en cadena puede resultar en la falla de todo el paquete.

La fuga térmica puede comenzar a temperaturas relativamente bajas (aproximadamente 90–120°C), a menudo como resultado de la sobrecarga. La temperatura sube rápidamente a medida que la batería en falla libera gases inflamables, que pueden encenderse en presencia de una fuente de ignición o si el entorno proporciona las condiciones necesarias para la combustión. Una batería completamente cargada que experimenta fuga térmica genera una cantidad significativa de calor y gas que puede encenderse al ventilarse desde la celda de la batería. Los cortocircuitos pueden contribuir aún más a la ignición. Sin embargo, si la batería está descargada o tiene un nivel de carga bajo, puede que no haya suficiente energía en la celda para calentar el gas liberado hasta su punto de ignición, permitiendo que el gas se ventile sin encenderse.

Los componentes gaseosos generados durante un incendio pueden involucrar las siguientes sustancias: compuestos orgánicos volátiles, hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, hollín y partículas compuestas de óxidos de níquel, aluminio, litio, cobre y cobalto, pentafluoruros que contienen fósforo, POF₃ y vapores de HF. La aplicación de

¹ Ver Anexo A.1 para obtener más información.

agua para enfriar y controlar incendios de iones de litio puede crear hidrógeno, fluoruro de hidrógeno y otros componentes tóxicos, corrosivos e inflamables que pueden presentar un riesgo incrementado para los bomberos y otros.



Fuente: Euralam

Más allá del daño mecánico o el abuso térmico externo, la fuga térmica generalmente ocurre cuando el Sistema de Gestión de Baterías (BMS) no implementa contramedidas para abordar problemas de la batería, como el sobrecalentamiento. Esto puede llevar a una serie de reacciones, incluyendo incendios y explosiones de gases liberados, con consecuencias potencialmente graves en espacios confinados. Varios escenarios son posibles:

- **Incendio combustión libre (Free-burning fire):** Gases inflamables se encienden al exponerse a una fuente de ignición, como partículas metálicas calientes dentro del paquete de baterías.
- **Llama tipo chorro (Jet fire):** Los gases se ventilan con impulso, produciendo llamas direccionales, a menudo diseñadas para escapar desde el costado de un vehículo para reducir la sobrepresión.
- **Deflagración de nube inflamable (Flash fire):** Los gases ventilados se mezclan con el aire dentro de su rango de inflamabilidad, resultando en una deflagración que puede consumir rápidamente todo el vapor disponible sin encender otros materiales.
- **Explosión de nube de vapor (Vapor cloud explosion):** Se forma una nube de gases inflamables y explota si se enciende bajo condiciones de suficiente confinamiento.

Además, varios componentes volátiles, como benceno, tolueno y etanol, pueden liberarse durante la descomposición térmica de materiales como poliestireno, ABS y otras resinas, como se ve en incendios de vehículos eléctricos. El agua de extinción de incendios también puede contaminarse con sustancias nocivas, incluyendo metales y halógenos.

Un riesgo significativo en incendios de baterías de iones de litio es el reencendido, que ocurre cuando la energía residual y el calor no disipado reactivan la fuga térmica en otras celdas. Para mitigar este peligro, la extinción inicial debe enfocarse en el enfriamiento continuo e intensivo del paquete de baterías con grandes volúmenes de agua, ya que la aplicación insuficiente de agua es ineficaz. Este método busca reducir la temperatura interna para detener la reacción en cadena de la fuga térmica y prevenir reencendidos. Las medidas detalladas para la prevención, protección y acciones de respuesta se explican en el Capítulo 6 - Medidas de prevención.

Capítulo 4 – Causas y etapas de fallo de las baterías de iones de litio

Las baterías de iones de litio pueden experimentar fallas debido a diversas causas, como defectos internos de fabricación, daños físicos durante el ensamblaje, transporte o eliminación de residuos, defectos en el separador por formación de dendritas, abuso mecánico, abuso térmico y abuso eléctrico. Estos fallos pueden desencadenar situaciones críticas como sobrecalentamiento y fuga térmica. El sobrecalentamiento puede resultar de la exposición a altas temperaturas, llamas o el calor generado por celdas cercanas.

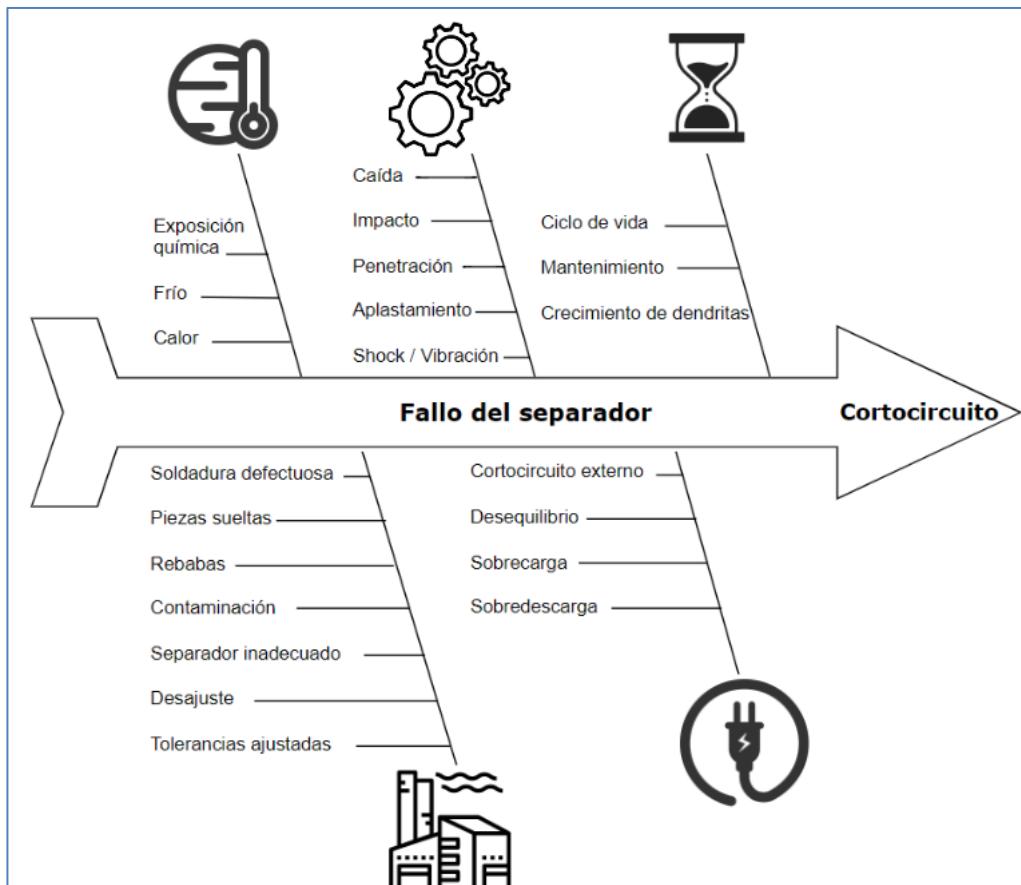
Estas baterías, cruciales en diversas aplicaciones electrónicas modernas, desde dispositivos portátiles hasta vehículos eléctricos, pueden presentar emisiones de gases, humo y fuego en casos de fallo. Es vital que desde la ingeniería de riesgo se comprenda las distintas etapas de la falla de la batería para implementar medidas preventivas y de mitigación efectivas.

En resumen, las baterías son más propensas a incendiarse cuando están dañadas. Los cuatro principales factores que pueden provocar estos incendios se explican en la tabla a continuación:

Causa del incendio de la batería	Explicación
Abuso térmico	El abuso térmico en las baterías de iones de litio ocurre cuando factores externos, como un incendio cercano, elevan las temperaturas. El primer paso es la descomposición de la película de interfase de electrolito sólido (SEI) y del electrolito, que ocurre a 80°C y 100°C respectivamente, entre los cuales también podrían ocurrir reacciones químicas entre el electrodo negativo y el electrolito.
Abuso eléctrico	El abuso eléctrico ocurre cuando la corriente supera el límite máximo de almacenamiento de energía, convirtiendo la energía en calor. Si este calor no se disipa rápidamente, la temperatura de la batería aumenta, causando sobrecalentamiento y potencialmente llevando a una fuga térmica. Un evento de sobrecorriente, como en los cortocircuitos, genera un calor excesivo, creando una situación de abuso eléctrico que puede llevar a la descomposición de los materiales. La batería cuenta con sistemas de protección integrados que, en condiciones ideales, deberían advertir sobre estos límites o desconectar la corriente para prevenir el daño.
Abuso mecánico	El abuso mecánico ocurre cuando una batería sufre daños físicos, como colisiones o golpes con obstáculos. Esto puede llevar a varios problemas, siendo el más común un cortocircuito. Un cortocircuito hace que la corriente fluya a través del terminal conductor, generando calor en la celda. Si este calor no se disipa rápidamente, la celda de la batería puede entrar en fuga térmica. Los sistemas de seguridad de la batería están diseñados para monitorear y, en lo posible, gestionar la elevación de la temperatura interna para prevenir estos riesgos.
Daños por agua	Los paquetes de baterías de iones de litio están equipados con sellos y recubrimientos protectores que impiden la entrada de agua y partículas sólidas en sus componentes críticos (habitualmente con clasificaciones de protección IP65 o IP66). Esta protección es vital para prevenir daños que podrían afectar el rendimiento del vehículo o representar un riesgo de seguridad. Sin embargo, en situaciones donde la unidad ha sufrido daños, como en colisiones o impactos fuertes, la integridad de dichos sellos puede verse comprometida, aumentando el riesgo de que el agua, especialmente el agua salada, penetre en su interior. Esto puede causar cortocircuitos, sobrecalentamiento y fuga térmica; corrosión de componentes metálicos, degradando las conexiones eléctricas y la

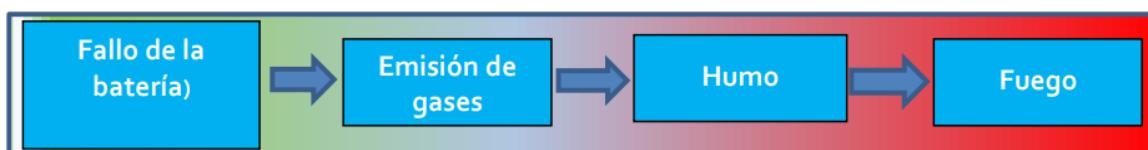
seguridad; y reacciones químicas que generen gases inflamables o tóxicos, incrementando el riesgo de incendio o explosión.

La velocidad a la que se propaga la fuga térmica está intrínsecamente ligada a la eficacia de la estrategia de seguridad elegida y los materiales utilizados en el sistema de baterías. Estrategias de seguridad robustas a nivel de celda, módulo o paquete, incluyendo aislamiento térmico, materiales ignífugos y sistemas de enfriamiento avanzados, ralentizan significativamente la propagación de eventos térmicos. Además, el Estado de Carga (SoC) juega un papel importante en la propagación térmica.



Fuente: The Fire Safety Research Institute (FSRI)

Los fallos de las baterías de iones de litio tienen cuatro etapas distintas, que se muestran en la figura siguiente:



Fuente: Euralarm

- **Emisión de Gases:** La emisión de gases ocurre antes y durante la fuga térmica. Las celdas cilíndricas y prismáticas están equipadas con respiraderos de alivio de presión para liberar la sobrepresión, mientras que las celdas de bolsa pueden expandirse y reventar en puntos débiles para aliviar la presión.
- **Humo:** Cuando la temperatura supera los límites de diseño de los materiales de la batería, se produce humo debido a la descomposición de estos materiales. La detección temprana de humo es crucial para iniciar medidas de intervención. El humo puede aparecer antes o después de la emisión de gases, dependiendo si el fallo es causado por calor externo o sobrecarga interna.
- **Fuego:** Con temperaturas elevadas y la presencia de gases inflamables, la transición a un incendio es casi inevitable, especialmente si la fuga térmica no se controla y se propaga a las celdas adyacentes, aumentando exponencialmente la temperatura y el riesgo de incendio.

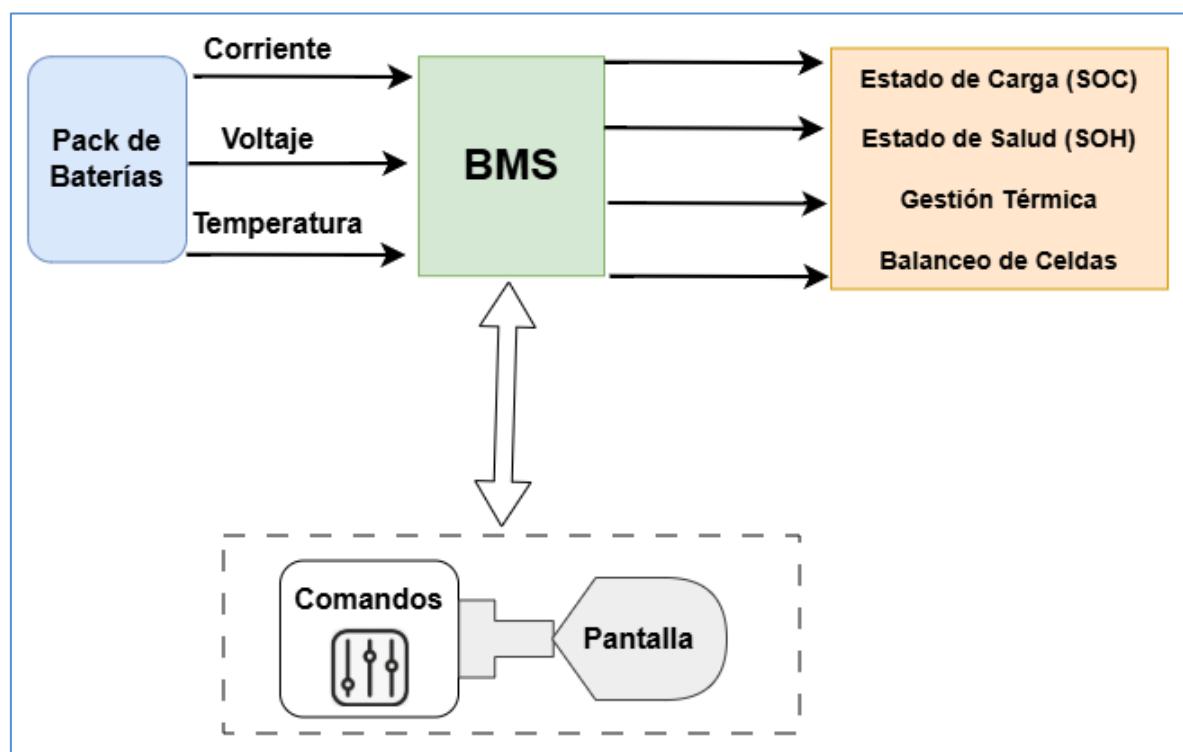
Capítulo 5 - Sistema de Gestión de Baterías (BMS)

Los sistemas de gestión de baterías (BMS) son fundamentales para el uso seguro de equipos y vehículos que funcionan con baterías de ion de litio. Se trata de unidades de control electrónico que mantienen los paquetes de baterías dentro de su Área Segura de Operación (SOA) en cuanto a voltaje, corriente y temperatura. Optimizan la carga y protegen la integridad de las celdas, previniendo sobrecargas, descargas excesivas y sobrecalentamiento, que pueden llevar a fallas o fuga térmica.

Funciones clave del BMS:

- **Estado de carga (SOC):** mide el nivel de carga respecto a la capacidad total, generalmente mediante un indicador visual. Cuanto mayor el SOC, mayor el riesgo de fuga térmica (si existen condiciones para ello) y mayor liberación de gases inflamables y tóxicos en caso de falla.
- **Estado de salud (SOH):** indica el nivel de degradación del batería comparado con una nueva, generalmente basado en la capacitancia e impedancia.
- **Gestión térmica:** mantiene las celdas en el rango de temperatura segura (usualmente entre 10–40 °C), controlando las tasas de carga/descarga y activando sistemas de enfriamiento si los hay.
- **Balanceo de celdas:** como las celdas pueden variar por fabricación o envejecimiento, el BMS ajusta la corriente de carga entre ellas para que todas alcancen el máximo nivel al mismo tiempo, evitando la sobrecarga de celdas más débiles.
 - Balanceo pasivo: disipa el exceso de energía en forma de calor.
 - Balanceo activo: redistribuye la carga entre celdas (más eficiente pero más costoso).

La complejidad del BMS varía según la aplicación: los sistemas de almacenamiento de energía (BESS) y los autos eléctricos requieren sistemas más sofisticados que una bicicleta eléctrica o un dispositivo portátil.



Fuente: Fire Protection Association - RC61: Secondary batteries – fire and associated hazards

Además de cumplir funciones críticas para el funcionamiento seguro de la batería, los sistemas BMS permiten monitorear en tiempo real parámetros clave como el estado de carga (SOC), el estado de salud (SOH), la gestión térmica y el balanceo de celdas. Sin embargo, en muchos casos esta información queda restringida al fabricante del equipo, ya sea por desconocimiento técnico del usuario o por limitaciones de acceso impuestas por el proveedor. Desde una mirada orientada a la prevención de riesgos, se considera fundamental que los equipos de mantenimiento y seguridad industrial puedan acceder a los datos del BMS. Esto permitiría anticipar fallos, identificar condiciones fuera de los rangos seguros de operación y actuar preventivamente ante eventuales riesgos de fuga térmica, protegiendo tanto a las personas como a las instalaciones.

Capítulo 6 – Medidas de prevención

En lo que respecta a la prevención de incendios, este capítulo abordará las soluciones disponibles en cada uno de los equipos que utilizan este tipo de tecnología, como vehículos eléctricos, dispositivos portátiles, herramientas industriales y equipos de movilidad personal.

Nos gustaría resaltar que, si bien existen algunos agentes extintores y sistemas de sofocación comerciales —como mantas ignífugas especialmente diseñadas—, actualmente **el único método efectivo de enfriamiento eficaz es mediante grandes cantidades de agua.**

De los nuevos sistemas, **no hay todavía ensayos a gran escala**, ya que todos los test realizados son a **pequeña escala y no simulan una situación similar a la real**. En algunos casos, podría **provocar un incremento del riesgo**, como se abordará en este capítulo.

6.1 Movimiento de mercaderías – Autoelevadores / Apiladores / Zorras eléctricas

Actualmente no se cuentan con normativas internacionales ni locales en lo que respecta a medidas de prevención para estaciones de carga de equipos de movimiento de mercaderías eléctricos, como podrían ser autoelevadores, apiladores, zorras, AGV u otro equipo similar. Sin embargo, las compañías de seguros han desarrollado algunos lineamientos recomendables para minimizar los riesgos de incendio que involucran este tipo de equipos.

Por otra parte, en el Reino Unido se han desarrollado lineamientos de seguridad para equipos de movimiento de mercaderías, donde se incluyen los equipos a batería de litio, los cuales fueron elaborados por la Fire Protection Association (FPA) en su reporte RC 11 – Recommendations for Fire Safety in the Use of Lift Trucks.

En base a todo lo enunciado anteriormente, mencionamos cuales son los puntos más destacados por el equipo que ha desarrollado este manual:

- La energía máxima que puede ser almacenada en el sector destinado a la carga son 600 kWh.
- La energía máxima por cada unidad debe ser de 50 kWh.
- Recomienda que los sectores de cargar deben estar ubicados en planta baja o en pisos superiores que tengan alcance las escaleras de los bomberos. Está prohibido sectorizarlo en los subsuelos, debido a la dificultad que conlleva sofocar un incendio provocado allí.
- Proporcione barreras para proteger los cargadores de baterías de impactos de vehículos.
- Los cargadores de baterías deben instalarse en un piso de concreto o montarse de forma segura en una estructura no combustible.
- Siempre que sea posible, la carga de baterías no debe llevarse a cabo cuando las instalaciones están desatendidas/fuera del horario laboral debido al riesgo de incendio y al posible impacto de un incendio en la continuidad del negocio.
- Los cargadores de baterías deben estar soportados en un soporte no combustible a unos 0.5 metros por encima de un piso de concreto u otra superficie no combustible, o estar montados de manera segura en la pared contra una estructura no combustible para prevenir daños por agua.

- Los cargadores de baterías no deben montarse en paredes construidas con paneles compuestos que contengan núcleos combustibles (ej. Paneles EPS/PUR/PIR) ni colocarse en una superficie combustible como un palet de madera o plástico.
- Los cargadores no deben ubicarse dentro de estanterías de almacenamiento.
- Debe proporcionarse protección contra corriente excesiva y sobre carga. El cargador de baterías debe contar con un interruptor de circuito de puesta a tierra.
- Todos los cables de conexión eléctrica deben mantenerse lo más cortos posible. Los cables y conectores deben mantenerse en buen estado mediante inspecciones frecuentes. Deben tomarse precauciones adecuadas para evitar daños mecánicos de los cables cuando no estén en uso.
- Los vehículos, cargadores de baterías asociados y equipo deben ser sometidos regularmente a servicio y mantenimiento de acuerdo con los programas del fabricante.
- El uso y mantenimiento de los vehículos, cargadores de baterías asociados y equipo deben estar restringidos a personal designado y capacitado en su operación.
- Los objetos metálicos usados por los operadores (como pulseras y cadenas para el cuello) deben ser retirados antes de trabajar en el mantenimiento de la batería, para de esta manera evitar cortocircuitos.
- El área de carga debe mantenerse limpia, ordenada y libre de basura.
- Prohibir fumar, el uso de llamas abiertas y otras fuentes de ignición en áreas de carga de baterías. En el caso que se deba realizar algún tipo de trabajo en caliente, se debe realizar el correspondiente permiso de trabajo, basándose en lo mencionado en la Guia N°4 del CIR o NFPA 51B.
- Implementar un sistema de monitoreo continuo en las instalaciones de almacenamiento de baterías, que permita supervisar en tiempo real parámetros críticos como temperatura, voltaje, corriente, resistencia interna, capacidad, estado de carga (SOC) y estado de salud (SOH).
- Garantizar la capacidad de transmitir estos datos a una ubicación constantemente atendida por personal idóneo y capacitado.
- Configurar alarmas para detectar condiciones inusuales, tales como sobretemperatura, caídas abruptas de voltaje, sobrecorriente durante la carga o descarga, o desequilibrios entre celdas. Estas alarmas permiten una respuesta temprana ante posibles fallas o condiciones de riesgo.
- Analizar los parámetros monitoreados y generar un resumen del estado de las baterías con una frecuencia al menos semanal, o diaria en entornos de operación intensiva. Este análisis debe contemplar variables como SOC, SOH, ciclos de carga, temperatura promedio y eventos registrados por el BMS, permitiendo evaluar la evolución del sistema y detectar desviaciones que puedan anticipar un fallo.
- Prohibir realizar cambios no autorizados en los límites críticos de voltaje, temperatura y corriente.

6.1.1 Estación de carga

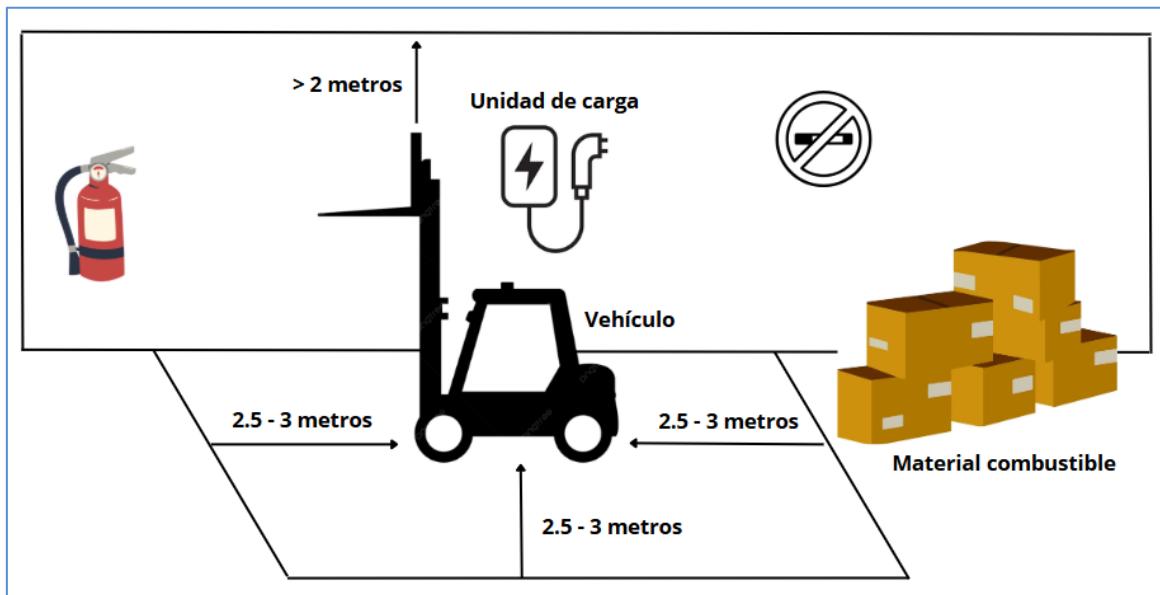
Es importante mencionar dónde deben ubicarse y cómo deben ser los sectores de carga de batería de los equipos de movimiento eléctrico. A continuación, mostraremos el orden de preferencia y/o prioridad para la instalación de estas estaciones además de mencionar como deben ser las instalaciones eléctricas dentro de la sala y que tipo de protecciones deben instalar.

En primer lugar, la sala de carga de baterías debe estar ubicada preferentemente en un edificio independiente, construido con material incombustible, y a una distancia mínima libre de 3 metros de otros edificios.

De no ser posible, se recomienda que el sector de carga esté segregado y cumpla con un índice mínimo de resistencia al fuego FR60 (60 min), tanto en los cerramientos exteriores como en las puertas y cortinas de entrada y salida.

Como última opción, en caso de que las dos primeras recomendaciones sean impracticables para la empresa, se sugiere que los cargadores de baterías se ubiquen en un área designada y delimitada en el suelo, libre de material combustible. Se debe proporcionar un espacio libre de al menos 2,5 - 3 metros entre la operación de carga (unidad y

vehículo) y cualquier material combustible adyacente, incluida la construcción combustible del edificio. Segregar de las áreas de almacenamiento y debe estar prohibido instalar cargadores dentro de los racks.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de que la construcción sea combustible (panelería sándwich con relleno de PIR, PUR o EPS, poliuretanoyectado, etc.), las buenas prácticas internacionales recomiendan que se mantenga la carga de la batería separada de las paredes de paneles compuestos que contengan componentes combustibles y/o de combustión rápida. Cuando la separación se produzca por espacio abierto, deberá mantenerse una distancia de al menos 2.5 a 3 metros. Si la distancia es menor, se debe instalar una pared resistente al fuego entre la carga de la batería y los paneles compuestos, o una solución alternativa aceptable para la empresa aseguradora. La altura y anchura de la pared deben interrumpir la línea de visión entre la carga de la batería y la pared. Cuando la pared resistente al fuego esté contra los paneles compuestos que contienen componentes combustibles, debe extenderse al menos 0.3 a 0.5 metros lateralmente y 2.5 a 3 metros verticalmente más allá de los cargadores de baterías.

Instalaciones eléctricas

Toda la instalación eléctrica en el área de carga de baterías debe cumplir con los estándares de seguridad ATEX para mitigar el riesgo de que el equipo se convierta en una fuente de ignición. Con este fin, todos los dispositivos, incluyendo los cargadores, las luminarias, los interruptores y los tomacorrientes, deben contar con una certificación de protección ATEX. Esta medida es vital para garantizar que ninguna chispa o sobrecalentamiento inicie un incendio o una explosión en caso de que se liberen gases inflamables de una batería defectuosa.

Medidas de protección activas

Es fundamental implementar medidas de seguridad activas para gestionar los riesgos asociados con la liberación de gases en caso de una falla en la batería. Por ello, se debe instalar un sistema de detección de gases capaz de identificar la presencia de compuestos altamente tóxicos e inflamables que se liberan durante una fuga térmica. Aunque se sugiere la colocación de detectores de humo y monóxido de carbono (CO), es imprescindible realizar un estudio específico con una empresa especialista en el rubro, que determine el tipo y la ubicación óptima de los detectores según las características del área y de las baterías.

En caso de que se detecte la presencia de gases, es vital que se active un sistema de ventilación de emergencia. Este sistema debe estar diseñado para aumentar significativamente la tasa de ventilación del área y evacuar todo el aire contaminado directamente al exterior de la instalación. Es crucial que este sistema de ventilación esté conectado y

enclavado de forma automática al sistema de detección de gases, de modo que la respuesta sea inmediata y no dependa de la intervención humana.

Finalmente, para una protección integral, las estaciones de carga de batería deberían contar con un sistema de extinción automática. Se recomienda la instalación de rociadores automáticos, y es sugerible que el área sea catalogada como un Extra-Hazard según la terminología de la norma NFPA. Esta clasificación asegura que el sistema de rociadores esté diseñado para manejar la alta densidad de fuego potencial en la zona, proporcionando una capa crítica de supresión activa para mitigar las consecuencias de un incendio.

6.2 Almacenamiento de baterías

La gravedad del riesgo de incendio asociado con el almacenamiento de baterías de iones de litio se ve influenciada por diversos factores, como la cantidad de baterías, su química, forma física, capacidad energética (amperios-hora), estado de carga (SOC), así como el espacio, la disposición del almacenamiento, el embalaje del producto, y condiciones del lugar (temperatura y humedad).

Se evidencia un aumento del riesgo en situaciones de manipulación brusca y ruptura de la integridad de la batería, como perforaciones que generan fugas térmicas. Es crucial implementar métodos de manejo de inventario para prevenir daños a las baterías, identificar y aislar existencias potencialmente dañadas.

Según documentos propios de las compañías aseguradoras, se recomienda que, según el tipo de batería, diferentes buenas prácticas para el almacenamiento de baterías de ion litio.

Tipo	Buenas Prácticas	Foto Referencia
Paquetes de baterías de formato pequeño o celdas	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar el estado de carga de la batería (SOC) al 50%. • Limitar la altura de almacenamiento a 1,5 metros. • Limitar la altura del techo a 9,1 metros. • Mantener las baterías separadas de otros materiales combustibles por al menos 3 metros. • Proporcionar un diseño de rociadores de al menos 12,2 mm/minuto sobre 232 m² (0,30 gpm/pie² sobre 2500 pies²). 	
Paquetes de baterías de formato grande - Baterías de formato grande para automóviles		
Celdas y paquetes de baterías - Celdas y paquetes de baterías con capacidad de hasta 20 A	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar la capacidad de la celda o paquete de baterías a 20 A. • Limitar el estado de carga (SOC) de la celda al 50%. • Limitar el almacenamiento a estanterías de doble fila. • Limitar la altura de almacenamiento a 4,6 metros. • Limitar la altura del techo a 12,2 metros. • Limitar los pasillos a 1,2 metros de ancho o más • Proporcionar al menos 12,2 mm/minuto sobre 232 m² (0,30 gpm/pie² sobre 2500 pies²). 	

Celdas y paquetes de baterías - Celdas y paquetes de baterías con capacidad superior a 20 A	<ul style="list-style-type: none"> Limitar la capacidad de la celda o paquete de baterías a 20 A. Limitar el estado de carga (SOC) de la celda al 50%. Limitar el almacenamiento a estanterías de doble fila. Limitar la altura de almacenamiento a 4.6 metros. Limitar la altura del techo a 12.2 metros. Limitar los pasillos a 1.2 metros de ancho o más. Proporcionar un diseño de rociadores ESFR K25 con 12 cabezales operando a 2.4 bares (35 psi). Cuando se utilicen rociadores ESFR K22, aplicar también la presión de funcionamiento de 2.4 bares (35 psi). 	
--	--	---

Además, se sugiere explorar alternativas, como almacenamiento externo o en contenedores con control de temperatura, para reducir el impacto en la estructura principal y garantizar la seguridad contra incendios.

A nivel internacional, la Fire Protection Association (FPA) del Reino Unido ha desarrollado lineamientos prácticos para la gestión del riesgo de incendio en el almacenamiento de baterías de ion-litio, complementados por los documentos técnicos de FM Global. Aunque no son normativas obligatorias, estas directrices establecen criterios clave para la protección y mitigación del riesgo en estas instalaciones. En la siguiente tabla se enuncian las recomendaciones sobre esta temática:

Condición	Recomendación / Parámetros
Almacenamiento en áreas protegidas por rociadores (cantidades incidentales)	<ul style="list-style-type: none"> Limitar el área de almacenamiento a un máximo de 20 m². Limitar la altura de almacenamiento a 1,8 m. Separar las zonas de almacenamiento con pasillos de al menos 3,0 m de ancho. Mantener el estado de carga de las baterías ≤60 %.
Almacenamiento que excede criterios anteriores	<ul style="list-style-type: none"> Rociadores: 12 cabezales K320 o K360 a 2,4 bar. Altura máxima: hasta 3 niveles (máx. 4,5 m en estanterías o paletizado). No almacenar otros materiales sobre baterías. Altura máxima de techo: 12 m.
Almacenamiento sin rociadores	<ul style="list-style-type: none"> Uso exclusivo del espacio para baterías Contenedores externos no combustibles a ≥ 3 m de estructuras o equipos. Separación interior con resistencia al fuego mínima 2 horas. Detección de humo (idealmente con CO) y sistemas de inundación con agente extintor (si aplica).

NOTA: El tipo de embalaje es clave para la efectividad del sistema de supresión contra incendios. Se logra un control eficaz del fuego cuando los rociadores humedecen y enfrián el embalaje, especialmente si es de cartón con materiales internos celulósicos o plásticos no expandidos. Además, para garantizar la seguridad, se recomienda mantener un estado de carga de las baterías ≤ 60 %, un peso del electrolito ≤ 20 % y una capacidad de batería ≤ 41 Ah.

En lo que respecta a la **protección contra incendios**, tanto en lo referente a sistemas de extinción automática como a métodos de combate manual, existen pocos datos de pruebas de fuego disponibles públicamente que validen de manera concluyente la eficacia de las protecciones activas contra incendios aplicadas a baterías de ion-litio.

Por esta razón, entidades internacionales como la NFPA y FM Global sostienen que la única estrategia eficaz para controlar un foco ígneo de estas características consiste en la combinación de rociadores automáticos con una red fija de hidrantes, a fin de limitar la propagación del fuego hacia la estructura edilicia, los equipos y el contenido del establecimiento.

Asimismo, como medida preventiva complementaria, se enfatiza la necesidad de incorporar un sistema de detección de humos que permita advertir de forma temprana cualquier conato de incendio.

Se recomienda que la instalación y el diseño de estas protecciones sean realizados exclusivamente por personal o empresas idóneas en la materia, siguiendo los lineamientos de normas internacionales reconocidas como NFPA y FM Global.

6.3 Movilidad eléctrica (bicicletas, monopatines, etc.) – Equipos / Herramientas eléctricas

Es cada vez más común encontrarnos con dispositivos que emplean baterías de ion-litio en nuestra vida diaria. Además, las personas están adoptando equipos de movilidad personal, como monopatines o bicicletas eléctricas. Estos dispositivos presentan riesgos específicos que a menudo son desconocidos por los usuarios.

El punto más importante que se debe tener en cuenta es que para los equipos que ingresen legalmente a la Argentina, deben estar certificados en su conjunto, tanto las celdas como el pack y su sistema BMS, ya que la norma ONU ST/SG/AC.10/27/add.2.; ST/SG/AC.10/11, en su apartado 38.3 especifica con 8 ensayos de laboratorios que se exige para el transporte de estos equipos.

Es por ello por lo que se recomienda exigir proporcionar a los fabricantes el certificado de ensayo UN 38.3 emitido por laboratorio acreditado, la ficha técnica que acredite la superación de las pruebas T1 a T8, el etiquetado conforme (incluyendo símbolo de batería y clase 9 si corresponde), y la Hoja de Datos de Seguridad (SDS) con la información de transporte incluida en la sección 14.

Por estas razones se recomienda considerar los siguientes puntos:

1. Prevención de riesgos asociados con el uso de equipos de movilidad:

- No cargar los equipos con cargadores no proporcionados por el fabricante.
- No cargar los equipos en áreas rodeadas de material combustible.
- No utilizar conectores múltiples (conocidas como "zapatillas eléctricas") para cargar los equipos.
- Nunca separar la batería, ni cambiar drásticamente las celdas. Todas las celdas de una batería deben tener el mismo SoH y ser del mismo fabricante.

2. Capacitación anual sobre riesgos de baterías de ion-litio:

- Integrar la capacitación en sesiones anuales de seguridad e higiene.
- Aumentar la conciencia sobre los peligros asociados con estas tecnologías emergentes.
- Fomentar prácticas seguras en el manejo y uso diario de los equipos.

3. Ubicación específica para carga de equipos en oficinas:

- Destinar un lugar aislado, sin material combustible alrededor.
- No colocarlos en áreas de alto tránsito.
- Si no es posible lo anterior, designar un área despejada y con instalaciones eléctricas adecuadas.
- Prohibir la carga en zonas comunes de consorcios (por ejemplo, estacionamientos), salvo que se cree un área específica y segura, con las respectivas instalaciones eléctricas adecuadas y aprobadas.

4. Uso de armarios ignífugos para almacenamiento y carga:

- Utilizar armarios construidos con estructuras resistentes al fuego.
- Equipar los armarios con sistemas de aislación de alta densidad no tóxica.
- Utilizar los armarios con resistencia al fuego durante 60 minutos.

- Utilizar los armarios para almacenar o cargar de forma segura baterías de ion-litio y otras herramientas eléctricas.

5. Condiciones de almacenamiento de baterías:

- Mantener la humedad entre 45% y 85%, con una tolerancia de +/- 20%.
- Mantener la temperatura entre 5°C y 30°C para garantizar condiciones óptimas de almacenamiento.

En conclusión, se desaconseja el almacenamiento y carga de e-scooters o e-bikes dentro de edificios siempre que sea posible. La carga solo debe realizarse en un área segura y dedicada que esté alejada del edificio principal o en un área con construcción no combustible, como un sector armado a través de mampostería o hormigón armado. Se debe mantener un espacio libre alrededor del e-scooter o e-bike durante la carga.

En cuanto a la carga, según la **National Fire Chiefs Council – NFCC (National Fire Chiefs Council - NFCC)**, ha desarrollado algunas recomendaciones para minimizar el riesgo de incendio al cargar o almacenar un e-scooter o e-bike:

- No cargar un e-scooter o e-bike si la batería o el cargador de la batería muestran signos de daño.
- Asegurarse de no cargar ni almacenar e-scooters y e-bikes en espacios compartidos de edificios residenciales o en vías de escape en caso de incendio.
- Es clave permitir que la batería del e-scooter y e-bike se enfríe antes de comenzar el proceso de recarga; se recomienda un tiempo mínimo de 15 a 30 minutos luego de su uso.
- Seguir las indicaciones del fabricante al cargar, incluyendo el tiempo de carga recomendado, y siempre desconectar el cargador al finalizar la carga.
- No recargar la batería en exceso.
- Asegurarse de tener detectores de humo operativos en los ambientes donde cargar el e-scooter. Si carga o almacena en un sector, instalar detección. Se sugieren alarmas de calor en lugar de detectores de humo para estos espacios.
- En caso de viviendas, cargar las baterías solamente cuando esté despierto y atento para poder responder rápidamente en caso de un incendio.
- No permitir que las baterías se carguen mientras se duerme o se está fuera de casa.
- Utilizar siempre el cargador aprobado por el fabricante para el producto, y si se nota signos de desgaste o daño, adquirir un cargador de reemplazo oficial a un vendedor de confianza.
- No tapar los cargadores ni los paquetes de baterías durante la carga, ya que esto podría provocar sobrecalentamiento o incluso un incendio.
- Evitar cargar baterías o almacenar la e-bike o e-scooter cerca de materiales combustibles o inflamables.
- No sobrecargar los enchufes ni utilizar alargadores inadecuados (usar extensiones desenrolladas y asegurarse de que el cable esté adecuadamente calificado para lo que se está conectando).

Como medida de emergencia, se ha comenzado a utilizar en algunas industrias y laboratorios que operan con equipos eléctricos o celdas de batería el método de sumergencia. Esta técnica puede ser una opción eficaz para controlar incendios, ya que permite enfriar rápidamente las celdas calientes, reducir la temperatura general del conjunto, evitar la propagación del fuego y disminuir la liberación de gases inflamables. En centros de servicio y laboratorios, las baterías en falla se colocan en tanques de agua para controlar la reacción. Además, en el almacenamiento seguro post-incidente, se puede utilizar la inmersión para evitar la reignición.

Sin embargo, esta técnica presenta limitaciones y precauciones que deben ser tenidas en cuenta. En primer lugar, no todas las baterías son aptas para ser sumergidas. Algunas configuraciones eléctricas o químicas pueden reaccionar de forma adversa al contacto con el agua, lo que podría agravar la situación o poner en riesgo a los operadores. Asimismo, no se recomienda sumergir baterías con daños mecánicos severos sin la supervisión de personal experto, debido al riesgo de explosiones o liberación brusca de gases inflamables o tóxicos. Por último, dado que la inmersión puede liberar gases tóxicos al agua, esta debe ser tratada y gestionada como residuo peligroso.

6.4 Autos eléctricos

La presión normativa y la transición hacia fuentes limpias están impulsando el crecimiento de los vehículos eléctricos, cuya fuente de energía de mayor expansión son las baterías de ion-litio.

Es esencial tener en cuenta la distinción entre los tres tipos de vehículos eléctricos disponibles en el mercado actual:

- **Híbridos Eléctricos** (Hybrid Electric) combinan un motor eléctrico de bajas emisiones con un motor de gasolina, obteniendo inicialmente energía de la gasolina y recargando la batería mediante el frenado.
- **Híbridos Enchufables** (Plug-in Hybrid Electric), similares a los híbridos, tienen una batería más grande (12 kWh) y la posibilidad de carga externa, permitiéndoles recorrer entre 40 km y 80 km con la batería antes de que el motor de gasolina intervenga.
- **Vehículos Eléctricos Puros** (Battery Electric) son totalmente eléctricos, con una batería recargable considerable (66 kWh) que se carga desde la red eléctrica.



Fuente: EV Fire Safe

En la actualidad, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos es cada vez más común en espacios públicos y privados. Sin embargo, al igual que cualquier otra fuente de energía, el proceso de carga de vehículos eléctricos debe realizarse de manera segura y adecuada para evitar posibles riesgos.

Un incendio de batería en un vehículo eléctrico (EV) ocurre cuando la batería de alto voltaje de iones de litio, que proporciona la energía para mover el vehículo, entra en un fenómeno conocido como fuga térmica (thermal runaway), lo que genera fuego en el paquete de baterías. Este tipo de incendio es específico de vehículos eléctricos que usan baterías recargables por enchufe, como los autos eléctricos de batería (BEV) y los híbridos enchufables (PHEV). Si el fuego no involucra la batería, el incendio se trata como cualquier otro fuego de vehículo convencional.

Los incendios de batería EV presentan desafíos únicos para los respondedores de emergencia. La fuga térmica dificulta la extinción definitiva del fuego, ya que puede provocar reavivamientos incluso después de que aparentemente se haya controlado. Además, la combustión genera nubes tóxicas y gases inflamables que representan riesgos tanto respiratorios como de explosión. Por esto, los equipos de emergencia, talleres, gestores de flotas y otros actores deben estar informados y preparados para manejar estos incendios con técnicas específicas y mejores prácticas actualizadas.

En el siguiente listado lo que se busca es definir lineamientos básicos de prevención de incendio en los vehículos eléctricos:

- Todo el cableado y equipo deben ser adecuados para su ubicación y funcionar sin deterioro significativo durante su vida útil. Los circuitos de carga de vehículos eléctricos deben ser adecuados para su propósito y estar correctamente dimensionados para soportar la carga eléctrica nominal que requieren.

- Instalar estaciones de carga utilizando un profesional o técnico matriculado en la especialidad. Sugerimos basarse en documentos internos como AEA o en normas internacionales como la NFPA 70 - Código Eléctrico Nacional (NEC).
- Establecer un circuito nuevo y dedicado para los dispositivos de carga de vehículos eléctricos utilizando un electricista autorizado que siga la normativa de la NFPA 70. Instala el enchufe/circuito con un interruptor diferencial para protección por falla a tierra, según la misma normativa.
- Comprar, instalar y utilizar dispositivos y componentes de carga que estén listados por UL u otros laboratorios de prueba reconocidos a nivel nacional.
- Conectar los cargadores de vehículos eléctricos directamente a un enchufe y nunca uses cables de extensión o adaptadores de enchufe.
- Proteger las estaciones de carga contra daños externos con bloques de estacionamiento o bolardos.
- Inspeccionar rutinariamente tu cargador de vehículos eléctricos en busca de daños. El servicio y mantenimiento solo deben ser realizados por un electricista calificado y autorizado o un representante autorizado de fábrica de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Mantener los cargadores de vehículos eléctricos alejados del agua y evita estacionar vehículos para cargar en agua estancada.
- Los espacios de estacionamiento para vehículos eléctricos deben estar claramente marcados, con procedimientos establecidos para la duración del estacionamiento.
- Proporcionar señalización para las áreas de carga y marca prominentemente el suelo para evitar estirar y dañar los cables de carga.
- Instalar cargadores por encima del nivel del suelo, como en una isla elevada.
- Supervisar las áreas de carga con cámaras de circuito cerrado de televisión (CCTV).
- Establecer un proceso de inspección rutinario para identificar factores de riesgos (daños físicos, desgaste excesivo, etc.) y un plan para responder.
- Nunca cargar un vehículo eléctrico involucrado en un accidente hasta que el vehículo/batería haya sido minuciosamente inspeccionado.

Recientes estudios publicados el 30 de mayo de 2025 por el Fire Protection Research Foundation (FPRF) y el Fire Safety Research Institute (FSRI) advierten sobre un **riesgo potencial de explosión** al utilizar **mantas ignífugas** en **incendios de vehículos eléctricos con baterías involucradas**. Si bien estas mantas eliminan las llamas al cortar el oxígeno, no detienen la propagación de la fuga térmica dentro del paquete de baterías, lo que genera la acumulación de gases inflamables bajo la manta. En ciertos ensayos, al reintroducir oxígeno accidentalmente, se produjo una ignición súbita que representa un riesgo crítico para el personal de emergencia.

Estas observaciones subrayan la necesidad de revisar los protocolos de supresión en incendios de vehículos eléctricos y continuar investigando tácticas seguras. Aunque las mantas ignífugas pueden ser útiles en ciertas etapas, no deben considerarse una solución completa ni segura para incidentes con baterías en fuga térmica activa. Se recomienda precaución en su uso y complementar siempre con monitoreo y ventilación controlada para mitigar riesgos de explosión.

6.5 Estacionamientos

En ese apartado, nos concentraremos los BEV² que incluyen automóviles y camionetas. Estos presentan un riesgo de seguridad contra incendios menor en comparación con los vehículos de micromovilidad. Esto se debe a la ingeniería avanzada de las baterías de los BEV, que son más grandes y están integradas de manera más segura en la estructura del vehículo.

² Vehículos Eléctricos a Batería (BEV): Un vehículo eléctrico que funciona exclusivamente con el motor eléctrico, sin una fuente secundaria de propulsión

En áreas de carga y estacionamiento cerradas o subterráneas, la presencia de gases tóxicos e inflamables puede plantear desafíos que retrasen o impidan la lucha contra incendios manual. La liberación y generación de productos químicos también puede aumentar el daño a la propiedad debido a la contaminación y los efectos corrosivos. Además del alto contenido energético y el peligro de incendio asociado con las baterías de iones de litio, también se debe considerar la carga de incendio presentada por el vehículo en general (tanto eléctricos como convencionales). Con el uso generalizado de materiales plásticos, la carga de incendio presentada por un vehículo ha aumentado en las últimas décadas.

Cuando la carga y el estacionamiento de vehículos eléctricos se realiza dentro de edificios, considere la siguiente orientación:

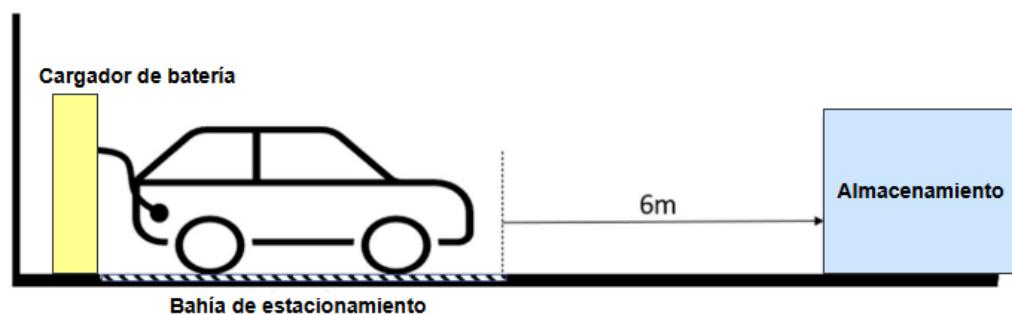
- Ubicar los puestos/islas de carga de vehículos lo más cerca posible de las entradas o salidas del estacionamiento, preferiblemente a nivel del suelo, para facilitar el acceso de los bomberos.
- Cuando no haya disponible una estructura independiente, el recinto debe proporcionar al menos 60 minutos de resistencia al fuego entre el área de carga y cualquier otra parte de las instalaciones. Cuando haya acceso a las instalaciones desde el área de carga, las puertas o persianas deben proporcionar el mismo grado de resistencia al fuego que la estructura en la que se encuentran (es decir, al menos 60 minutos de resistencia al fuego).
- Equipar los puestos/islas de carga de vehículos eléctricos con detección automática de incendios. Conectar automáticamente las alarmas a un sitio constantemente atendido donde se puedan tomar medidas en forma inmediata. Sugerimos en este caso consultar con firmas especializadas para analizar la posibilidad de instalar sistemas de detección de carbono-hidrógeno para detectar cualquier gas liberado de una posible reacción térmica descontrolada como las que se manifiestan en este tipo de baterías.

Basándonos en la guía de recomendaciones que ha desarrollado Fire Protection Association (FPA), en su documento *RC59: Recommendations for fire safety when charging electric vehicles*, menciona como principales recomendaciones generales:

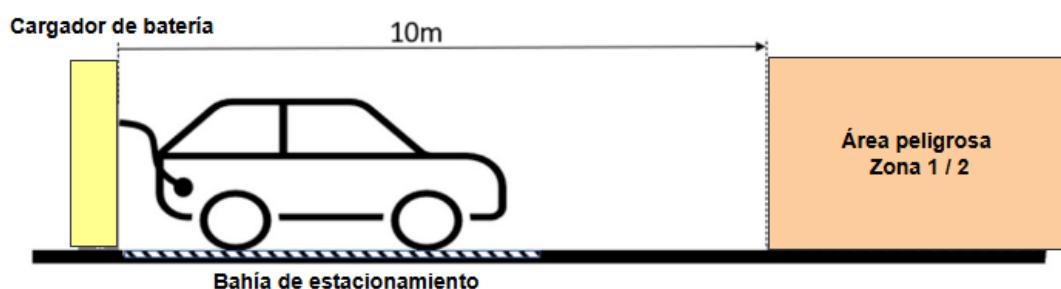
- Al seleccionar sitios para puntos de carga, se debe permitir suficiente espacio para que los vehículos se estacionen de manera segura en el área designada de carga y para que se conecten al equipo de carga. Los equipos y cables de carga no deben interferir con las rutas de acceso o salida de emergencia.
- En locales comerciales e industriales donde se cargan las baterías de vehículos eléctricos, los peligros de incendio y, por lo tanto, las amenazas para el negocio aumentan debido a la necesidad de que el proceso de carga continúe durante la noche o los fines de semana, cuando hay poco o ningún personal presente. Por lo tanto, es fundamental considerar cuidadosamente todas las implicaciones de seguridad contra incendios al seleccionar y diseñar las áreas de carga.
- No se debe almacenar material inflamable o combustible dentro de las áreas designadas de carga.
- El personal de seguridad u otro personal responsable en el sitio que pueda ser llamado a actuar en una emergencia debe estar al tanto de la ubicación de las áreas de carga, los medios para aislar la energía y las acciones que deben tomarse para activar la alarma.
- Todo el personal relevante debe estar capacitado en el uso seguro de los cargadores para los vehículos de los que son responsables. Esta capacitación debe incluir la realización de inspecciones visuales del equipo de carga antes de cada uso. El equipo dañado y defectuoso debe ser reportado inmediatamente, aislado, retirado de servicio en espera de reparación y colocado un aviso de advertencia visible y/o una barrera para evitar su uso.
- Evitar temperaturas y humedad excesivas dentro de las áreas de carga de EV. La temperatura del área de carga no debe ser tal que pueda ocurrir sobrecalentamiento durante el proceso de carga.
- Donde se prevean puntos de carga en estacionamiento de varios pisos, se debe considerar seriamente ubicarlos en áreas abiertas con buen acceso para la lucha contra incendios.
- Donde los estacionamientos estén ubicados por debajo del nivel del suelo, se debe considerar la provisión de protección con rociadores en la etapa de planificación. Los rociadores proporcionan la mejor forma de protección activa contra incendios para estacionamientos cerrados. Debe realizarse con una empresa especializada.
- Las bahías de carga de estacionamiento deben estar señalizadas y marcadas prominentemente en el suelo para permitir que los vehículos se estacionen cerca del punto de carga y evitar el estiramiento de los cables

de carga. La longitud de los cables de carga debe ser suficiente para permitir su uso con el equipo previsto sin riesgo de daño.

- Los puntos de carga deben estar protegidos contra daños mecánicos por vehículos. Por ejemplo, deben instalarse por encima del nivel del suelo y ubicarse en una isla elevada, o estar protegidos por bordillos, bolardos o barreras metálicas.
- Se debe realizar una evaluación de riesgos para considerar las formas de daño, ya sea accidental o deliberado, a las que los puntos de carga pueden estar sujetos. Cuando sea apropiado, los puntos de carga externos pueden necesitar ser protegidos contra daños deliberados fuera del horario de trabajo ubicándolos en un área segura, equipada con iluminación de seguridad y monitoreados por cámaras CCTV. Las fuentes de energía dedicadas para puntos de carga externos deben correr en canalización metálica, conducto de acero y/o ductos subterráneos.
- Se debe proporcionar un corte manual de emergencia en los puntos de carga para asegurar el apagado seguro del equipo en caso de una falla en el suministro eléctrico principal. El(s) punto(s) de corte deben estar señalizados de manera prominente visibles y ubicados estratégicamente donde será fácilmente accesible para el personal capacitado y los bomberos.
- Las áreas de carga cerradas deben estar libres de almacenamiento, incluidos los materiales de desecho, con una separación de al menos 6 metros.



- Donde existan instalaciones peligrosas, como almacenamiento de líquidos inflamables, los puntos de carga de EV deben estar separados del borde de las áreas peligrosas (Zona 1 o 2, ATEX) por un mínimo de 10 metros. Esta distancia mínima de separación deberá extenderse para vehículos >5 metros de largo, para ser equivalente a la longitud total del vehículo, más 5 metros.



- Debido a la naturaleza intensa y prolongada de los incendios que involucran baterías de iones de litio, donde sea necesario ubicar áreas de carga en sótanos, se debe considerar cuidadosamente el diseño del sistema de rociadores y los arreglos de ventilación. También debe haber coordinación con el Servicio de Bomberos y Rescate en cuanto al acceso para la lucha contra incendios. Los garajes de estacionamiento a nivel de sótano con cargadores de EV deben estar separados de otras partes de las instalaciones por elementos de estructura que proporcionen al menos 120 minutos de resistencia al fuego. Nota: las áreas de estacionamiento en sótanos están típicamente asociadas con edificios de oficinas y residenciales de varios pisos, donde las áreas de estacionamiento externas no están disponibles o son limitadas.
- Las áreas de carga internas para vehículos eléctricos deben estar protegidas por instalaciones de detección automática de incendios adecuadamente diseñadas. En instalaciones comerciales e industriales, el sistema

debe ser instalado por contratistas con certificación adecuada por un organismo de certificación independiente acreditado.

- Las instalaciones de detección en instalaciones comerciales e industriales deben ser monitoreadas, ya sea en el sitio o por un centro receptor de alarmas fuera del sitio. Los bloques residenciales multiinquilino con áreas de carga internas o subterráneas para EV deben ser tratados de la misma manera que las instalaciones comerciales e industriales.
- Debe estar disponible información clara y concisa sobre peligros para el Servicio de Bomberos y Rescate a su llegada. Una caja de información para bomberos debe incluir las ubicaciones de los puntos de carga de EV y las instalaciones para su aislamiento eléctrico.
- El plan de emergencia debe ser ensayado, con los resultados evaluados y las enmiendas realizadas al plan según sea necesario. Se sugiere que participe los Bomberos en estos ensayos.

Es muy importante tener en cuenta que el fallo de esta clase de baterías y eventuales eventos de embalamiento térmico pueden implicar la liberación de gases inflamables. Si esto ocurre en un área confinada (como el interior de edificios), los gases inflamables pueden acumularse y convertirse en un riesgo de explosión de consideración.

La protección contra incendios es crucial cuando se trata de baterías de iones de litio en vehículos eléctricos, ya que un incendio que involucre estas baterías puede arder durante un período prolongado de tiempo. Las baterías que experimentan una fuga térmica suelen romperse o ventilar a través de discos de ruptura integrados, liberando un jet fire desde la parte inferior del vehículo, formando una llama de corta duración.

Estudios realizados por el Instituto Danés de Tecnología de Incendios y Seguridad y la NFPA han determinado que los incendios de automóviles eléctricos, una vez establecidos, son en gran parte alimentados por las partes y los interiores del automóvil hechas de materiales plásticos y que la carga de fuego es similar a la de los vehículos con motor de combustión interna. Es importante tener en cuenta que, incluso cuando un incendio de un vehículo eléctrico aparentemente ha sido extinguido, ha habido casos en los que una batería de iones de litio del vehículo se ha reavivado debido a eventos térmicos recurrentes en la batería, lo cual puede agravarse si el vehículo es movido o sacudido.

Las estrategias de control de incendios para vehículos eléctricos requieren combinaciones de contención, reducción de la intensidad del calor mediante sofocación y enfriamiento con agua para inhibir la propagación del fuego mientras las celdas adyacentes de la batería se queman. Estas estrategias deben estar sujetas a una evaluación de riesgos de incendio y un plan de respuesta de emergencia, y en todas las circunstancias, solo los respondedores de emergencia adecuadamente capacitados deben intentar controlar y extinguir incendios de vehículos eléctricos.

En cuanto a las **protecciones contra incendio**, se debe considerar una protección de rociadores diseñada para riesgo **Extra-Hazard (EH1)** de acuerdo con **NFPA 13** con al menos 12.2 mm/min (0.3 gpm/ft²) sobre 230 m² (2,500 ft²). Preferentemente rociadores tipo húmedo, en caso de ser secos se deben tener en cuenta condiciones ambientales. Como con cualquier sistema de protección contra incendios, proporcione inspección, prueba y mantenimiento de acuerdo con los estándares de rociadores y las directrices del fabricante. Además, se debe utilizar diseñadores e instaladores que se basen en normas internacionales como NFPA, FM Global, etc.

A su vez, en el caso de supermercados, centros comerciales, hoteles, u otros establecimientos que reciban autos eléctricos, se sugiere:

- Las empresas deben implementar planes completos de emergencia contra incendios para todas las instalaciones de estacionamiento cubiertas.
- Las áreas de estaciones de recarga en los estacionamientos deben contar con señalización visible y adecuada.
- El personal de seguridad y otros empleados deben conocer la ubicación de las áreas de recarga, los procedimientos de aislamiento de energía y los pasos para activar alarmas. Deben ser capacitados para operar los cargadores de vehículos de manera segura y reportar equipos dañados de inmediato. Los cargadores defectuosos deben ser aislados, marcados con avisos de advertencia y actualizados como "fuera de servicio" en las aplicaciones relevantes.

Manual de buenas prácticas – Baterías Ion Litio – Agosto 2025

- Los estacionamientos no deben almacenar materiales combustibles ni productos inflamables, recargar vehículos, fumar o permitir llamas abiertas.

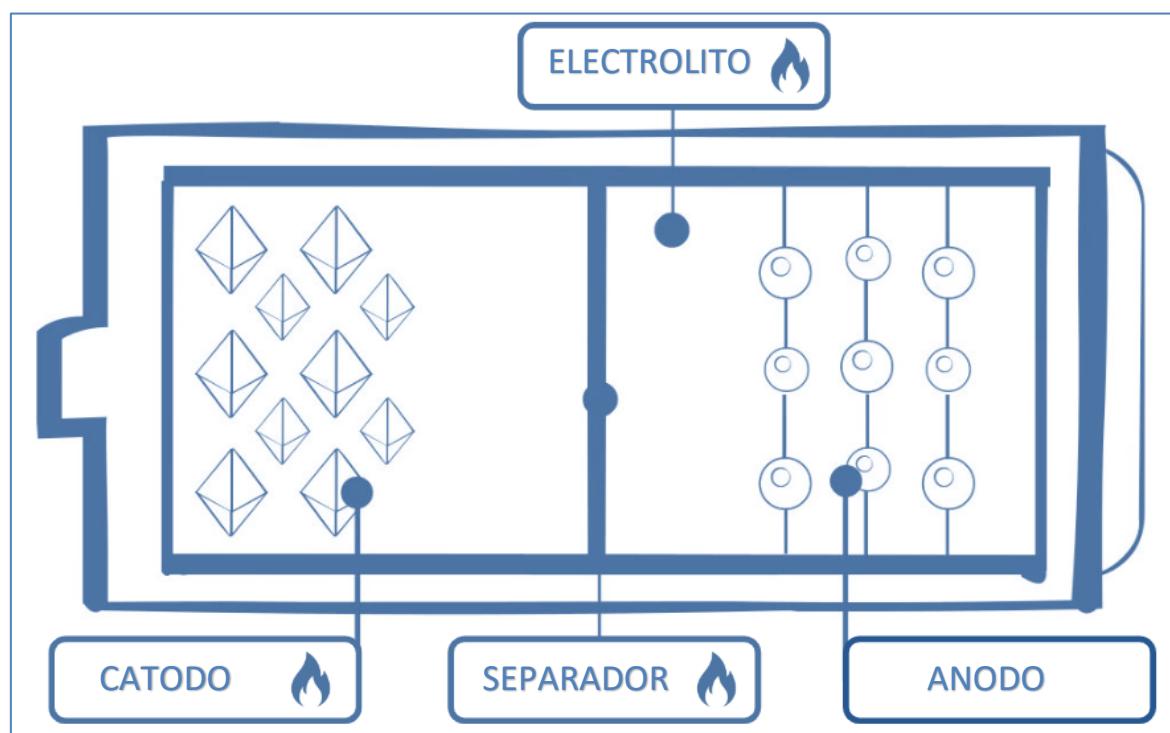
Para finalizar, es importante destacar que todos los cargadores utilizados en equipos de movilidad eléctrica provienen certificados desde Europa, cumpliendo con los estándares técnicos y de seguridad correspondientes. Por lo tanto, es fundamental que el comprador exija al fabricante la documentación que acredite dicha certificación al momento de adquirir el equipo.

Anexos

A.1 ¿Qué es una batería de ion litio?

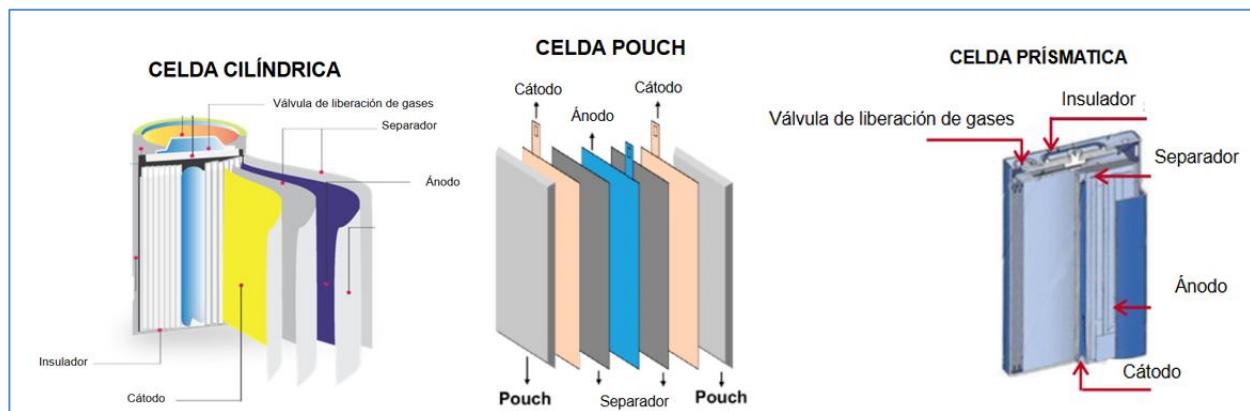
Las baterías de litio son dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica que utilizan litio como uno de los componentes principales de su estructura. La energía eléctrica se almacena en la batería mediante una reacción química entre el ánodo y el cátodo, que se produce a través del electrolito. Estas baterías son capaces de almacenar más energía en menos espacio que las demás, son livianas, de pequeño tamaño y de alto rendimiento.

Una batería de ion litio funciona a través de un proceso electroquímico donde los iones de litio se desplazan desde el ánodo (electrodo negativo) hacia el cátodo (electrodo positivo) durante la descarga, generando corriente eléctrica continua (CC) que alimenta un dispositivo. Durante la carga, este proceso se invierte, con los iones de litio moviéndose del cátodo al ánodo. Este ciclo permite el almacenamiento y la liberación controlada de energía, haciendo que las baterías de ion litio sean recargables y eficientes para una variedad de aplicaciones.



Fuente: The Fire Safety Research Institute (FSRI)

Aunque todas las baterías de ion de litio comparten componentes básicos, pueden variar significativamente en tamaño, forma y tipo de celda. Los tres formatos más comunes son los que se observan en la siguiente imagen:



Fuente: The Fire Safety Research Institute (FSRI)

A.2 Uso de batería de ion litio en la actualidad

Las baterías de ion de litio se han vuelto tan comunes por varias razones, entre ellas:

- Alta densidad energética en comparación con otras baterías recargables.
- Larga vida útil frente a la mayoría de las alternativas, como las baterías de plomo-ácido.
- Bajo nivel de autodescarga durante períodos sin uso.
- Flexibilidad de diseño para adaptarse a una amplia gama de aplicaciones, desde pequeños dispositivos hasta grandes instalaciones.

Además, están siendo cada vez más adoptadas en el transporte, tanto en vehículos eléctricos como en equipos de movimiento de mercaderías en plantas industriales y depósitos, gracias a su capacidad para proporcionar energía de manera eficiente y su diseño ligero y compacto. Una ventaja es su mayor vida útil (más ciclos).

En el ámbito de la energía renovable, las LIB se utilizan en sistemas de almacenamiento conectados a paneles solares y turbinas eólicas, brindando una solución eficaz para almacenar energía y optimizar su uso posterior.

También se emplean en una variedad de aplicaciones industriales, desde instrumentación médica hasta herramientas eléctricas de manutención y sistemas de iluminación de emergencia, donde su portabilidad y capacidad de recarga múltiple las convierten en una opción ideal para entornos comerciales e industriales.

A.3 Checklist de seguridad para baterías de litio y cargadores eléctricos

BATERIA DE ION LITIO		
Criterio de chequeo	Descripción	Frecuencia
Golpes mecánicos	Inspeccionar visualmente las baterías en busca de daños físicos, abolladuras o deformaciones.	Diariamente
Nivel de carga	Verificar el nivel de carga de las baterías y asegurarse de que no se descarguen completamente.	Diariamente
Temperatura durante la carga	Verificar que la temperatura de las baterías se mantenga dentro del rango recomendado durante la carga.	Durante cada carga
Estado de los terminales	Inspeccionar los terminales para asegurar que no estén corroídos, sueltos o dañados.	Semanalmente
Limpieza	Mantener las baterías limpias y libres de polvo y residuos.	Semanalmente
Inspección de cables	Revisar los cables de las baterías para detectar desgaste, roturas o conexiones sueltas.	Semanalmente
Inspección de fugas	Inspeccionar visualmente la batería en busca de signos de fugas de electrolito.	Semanalmente
Termografías	Realizar inspecciones termográficas para detectar puntos calientes o anomalías térmicas.	Mensualmente
Estado de la carcasa	Verificar que la carcasa de la batería no esté agrietada o dañada.	Mensualmente
Indicadores de salud de la batería	Verificar los indicadores de salud de la batería (si están disponibles) para identificar posibles problemas.	Mensualmente
Comprobación de voltaje	Medir el voltaje de la batería para asegurar que esté dentro de los parámetros especificados.	Mensualmente
Pruebas de rendimiento	Realizar pruebas de rendimiento para asegurar que la batería sigue funcionando a su capacidad óptima.	Trimestralmente
Registro de carga y descarga	Mantener un registro detallado de los ciclos de carga y descarga para monitorear el rendimiento a lo largo del tiempo.	Continuamente
Manual de usuario	Revisar el manual del usuario para asegurarse de que se sigan las recomendaciones del fabricante.	Inicialmente y anualmente

CARGADORES ELÉCTRICOS

Criterio de chequeo	Descripción	Frecuencia
Funcionamiento correcto	Verificar que los cargadores funcionen correctamente y que no presenten errores de carga.	Durante cada uso
Temperatura durante el uso	Asegurarse de que los cargadores no se sobrecalienten durante su uso.	Durante cada uso
Verificación de indicadores de carga	Comprobar que los indicadores de carga del cargador (luces LED, pantallas, etc.) funcionen correctamente.	Durante cada uso
Condición física	Inspeccionar los cargadores en busca de daños físicos, como cables pelados o carcasa rotas.	Semanalmente
Ventilación adecuada	Comprobar que los cargadores estén colocados en un lugar con buena ventilación.	Semanalmente
Estado de los enchufes y tomas	Revisar los enchufes y tomas para asegurarse de que no estén dañados ni sueltos.	Semanalmente
Limpieza	Mantener los cargadores libres de polvo y residuos que puedan afectar su funcionamiento.	Semanalmente
Inspección de cables	Revisar los cables de los cargadores para detectar desgaste, roturas o conexiones sueltas.	Semanalmente
Prueba de carga	Realizar pruebas de carga para asegurar que el cargador suministra la cantidad correcta de corriente.	Mensualmente
Almacenamiento adecuado	Asegurarse de que los cargadores se almacenen en un lugar seco y seguro cuando no estén en uso.	Continuamente
Manual de usuario	Revisar el manual del usuario para asegurarse de que se sigan las recomendaciones del fabricante.	Inicialmente y anualmente

A.4. Checklist de verificación en bahías de estacionamiento

Estacionamiento
¿Se ha dejado suficiente espacio para que los vehículos se estacionen de manera segura en las áreas designadas de carga y para que las conexiones se realicen de manera segura al equipo de carga?
¿Hay espacio adecuado para maniobrar otros vehículos alrededor de los vehículos en carga de manera segura?
¿Las áreas de estacionamiento de vehículos están claramente marcadas en el suelo, con suficiente espacio para acceder a los vehículos?
¿Las áreas de carga están libres de materiales inflamables y combustibles?
¿El personal de seguridad y otros responsables en el sitio que pueden ser llamados a actuar en una emergencia son conscientes de la ubicación del área de carga, los medios para aislar la energía y las acciones que deben tomarse para activar la alarma?
Donde se utilizan múltiples cargadores, ¿hay avisos claros y prominentes en cada punto de carga que indiquen para qué equipo o vehículo(s) es adecuado?
¿Se realiza una inspección visual del cargador antes de cada uso, con cualquier equipo dañado siendo etiquetado de manera prominente para indicar que ya no es utilizable?
¿La temperatura y la humedad en las áreas de carga de EV interiores están dentro de los límites adecuados?
¿Están todos los cargadores y equipos asociados instalados, utilizados y mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante?
¿El servicio y mantenimiento se lleva a cabo por un electricista competente?
¿Las bahías de carga están señalizadas y marcadas prominentemente en el suelo para permitir que los vehículos se estacionen lo suficientemente cerca del punto de carga para evitar el estiramiento de los cables de carga?
¿Los puntos de carga están protegidos contra daños mecánicos por vehículos?
¿Se proporciona aislamiento manual de emergencia de los puntos de carga para asegurar el apagado seguro del equipo en caso de una falla en el suministro eléctrico principal?
¿Los interruptores de aislamiento de emergencia incorporan instalaciones de bloqueo para prevenir la reinstalación no autorizada durante el mantenimiento y emergencias?
¿Han sido todos los circuitos de energía configurados para requerir el reinicio manual del aislador cuando se restaure la energía?
¿El(es) punto(s) de aislamiento están señalizados prominentemente y ubicados estratégicamente donde serán fácilmente accesibles para el personal capacitado y los bomberos?
¿Las áreas de carga cerradas están libres de almacenamiento, incluidos los materiales de desecho, con una separación de al menos 6 metros?
¿Cualquier instalación peligrosa, como el almacenamiento de líquidos inflamables, tiene una separación mínima de 10 metros entre los puntos de carga de EV y el borde de las áreas peligrosas (Zona 1 o 2, ATEX)?
¿Cualquier área de carga en sótanos está separada de otras partes de las instalaciones por elementos de estructura que proporcionen al menos 120 minutos de resistencia al fuego, con cuidadosa consideración al diseño de sus sistemas de rociadores y arreglos de ventilación?
¿Las áreas de carga internas para vehículos eléctricos están protegidas por instalaciones de detección automática de incendios adecuadamente diseñadas?
¿Los sistemas de rociadores en áreas con puntos de carga de EV están apropiadamente diseñados para áreas de estacionamiento cerradas e instalados, puestos en servicio y mantenidos de acuerdo con NFPA 13 y por un proveedor certificado?

Cláusula de referencia documental

Todos los derechos reservados. Este documento y su contenido están protegidos por las leyes de derechos de autor y otras leyes de propiedad intelectual. La reproducción, distribución o utilización no autorizada de cualquier parte de este documento, en cualquier forma, está estrictamente prohibida sin el permiso expreso por escrito del titular de los derechos de autor.

Para obtener permisos de reproducción o cualquier otra consulta, por favor comuníquese con El Circulo de Ingeniero de Riesgos

Copyright (©) - 2025 – Circulo de Ingenieros de Riesgos (CIR) – Buenos Aires

