

SOLUCIÓN PARA FUEGOS DE BATERÍAS DE ION LITIO



Mario Quiroga

Special hazards – Sales Engineer

mario.quiroga@firepipng.com

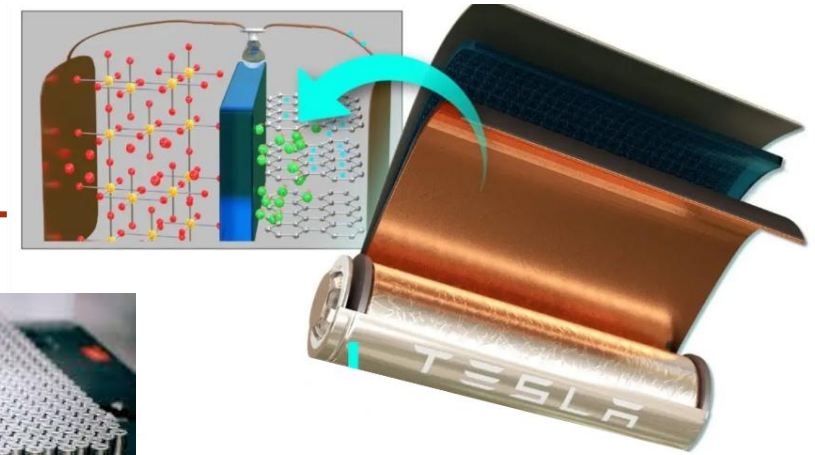
+34 628 089 780



PROBLEMÁTICA BATERIAS DE ION LITIO

Cada celda de iones de litio consta de:

- Dos electrodos, el ánodo (electrodo negativo) y el cátodo (electrodo positivo). Estos electrodos están formados por un colector y un material activo aplicado en él
- Un electrolito conductor de iones, se trata de una mezcla de sales de litio disueltas en disolventes orgánicos con diversos aditivos que actúa como mediador de los procesos de intercambio de iones dentro de la célula.
- Un separador que asegura la separación eléctrica de los electrodos al tiempo que facilita un intercambio iónico eficaz.

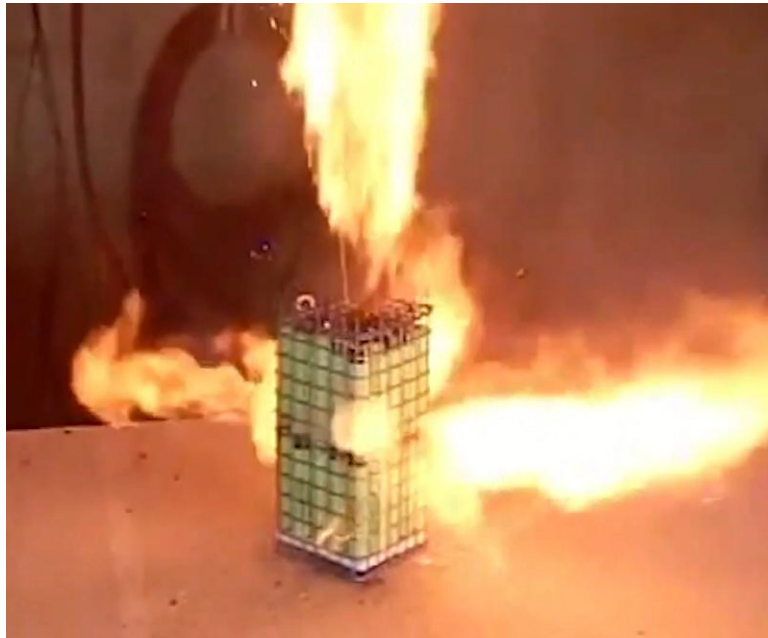


Cuando una sola celda, o área dentro de la celda, alcanza temperaturas elevadas debido a un **fallo térmico, fallo mecánico, cortocircuito interno o externo, descarga excesiva, sobrecarga o abuso electroquímico**, el electrolito se inflama, el material de óxido del cátodo se descompone y se produce la liberación de oxígeno, y un gran incremento de la temperatura, efecto que se conoce como un **Thermal runaway**

Como consecuencia se generará:

- Gran cantidad de **calor de más de 1.000°C**
- Emisión **gases tóxicos y explosivos** -derivados de la aparición de reacciones químicas por la presencia de los Iones de Litio, como Fluoruro de Hidrógeno, CO, CO2.....
- **Oxígeno**

La cantidad de oxígeno liberado no es suficiente para afectar la combustibilidad externa a la célula. Se considera más probable que el O₂ se libere internamente a la célula y juegue un papel central en el inicio de la fuga térmica. Esto también dará como resultado un desarrollo de calor más agresivo y una mayor producción de CO o CO₂."



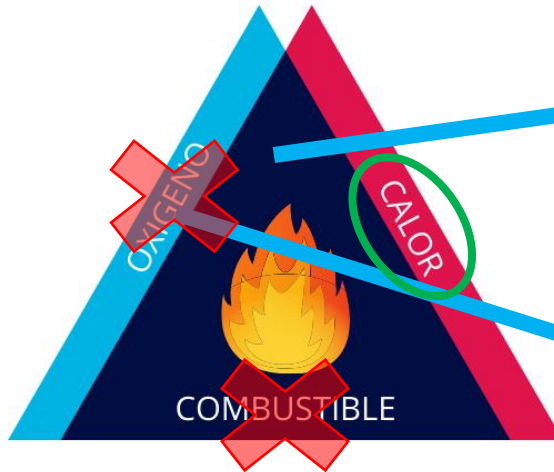
LA CLAVE ES ENFRIAR

El hecho de que la propia celda genere oxígeno en su interior, debido a la propia composición de las baterías de Ion Litio compuesta por cientos de celdas; y considerando la dificultad de acceso a una de estas celdas, normalmente encapsuladas, nos lleva a la conclusión que extinguir el fuego a nivel de una sola celda no debería de ser el Enfoque de los sistemas de supresión de incendios.

Cómo podemos evitar el desarrollo del Fuego:

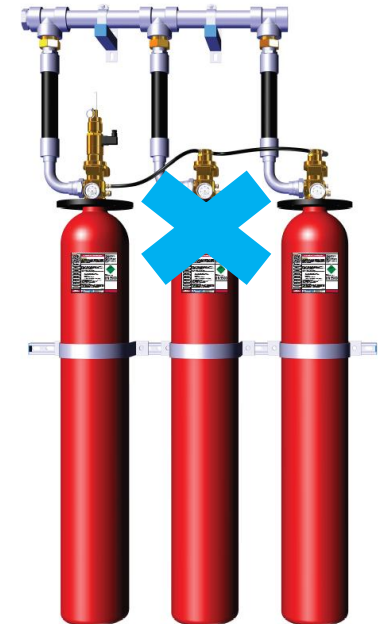
Bien sabido es los 3 elementos fundamentales que tiene que haber para que se desarrolle un fuego

1. Presencia de Combustible
2. Presencia de Oxígeno
3. Aportación de Calor



- Reducir el oxígeno NO ES UNA OPCION: evita que arda el resto de combustible que pueda haber en la sala, durante el tiempo de permanencia del gas (mínimo 10 min según Norma ISO-EN), pero no evitará el desarrollo del fuego en el resto de las celdas ni tampoco el posterior desarrollo una vez baje la concentración en la sala por debajo de la concentración de inertización[1].
- Además, evitar que el oxígeno entre en contacto con las baterías, como hacen los sistemas de extinción basados en espumas y polvo químico, tampoco resuelve el problema

El papel **clave** de los sistemas de supresión de incendios es **absorber el calor** y reducir el grado de propagación, o el número de celdas que estarán involucradas en el fuego.



LA CLAVE ES ENFRIAR



Hay unanimidad en los distintos estudios contrastados que el enfriamiento es la clave para el control/extinción del fuego en las baterías de Ion Litio, controlar que el fuego de una celda no se extienda a las demás celdas, refrigerar por debajo de las temperaturas de ignición de los gases desprendidos es fundamental para evitar el desarrollo del fuego,

Ya hay varios organismos que están sacando guías para la protección de almacenamiento donde hay baterías de Ion Litio

- NFPA 855. Nos da criterios para la protección de los Contenedores de BESS (Battery Energy Store Systems) Almacenamiento de energía
- FM (Factory Mutual) en su documento RESEARCH TECHNICAL REPORT. Development of Protection Recommendations for Li-ion Battery Bulk Storage, nos indica También criterios de extinción para Almacen de Baterias

En ambos casos los requerimientos de abasteciendo de agua son muy grandes dada la gran energía que se emite en este tipo de fuegos, así como la rapidez en la propagación



4.11.2.1 Sprinkler systems for ESS units (groups) with a maximum stored energy of 50 kWh, as described in 4.6.2, shall be designed using a minimum density of 0.3 gpm/ft² (12.2 mm/min) based over the area of the room or 2500 ft² (230 m²) design area, whichever is smaller, unless a lower density is



FM incrementa el riesgo de un garaje de HC-2 a HC-3

Realmente significativo son los cambios que en 2021 FM Global introdujo en su Ficha técnica de prevención de siniestros FMDS0326, donde aumenta el nivel de riesgo de un aparcamiento de **HC2 a HC3, por la presencia de coches eléctricos (baterías de Ion Litio)**

◆ Hazard Category 2 (HC-2):

Densidad mínima de descarga: **8 mm/min**

Área de diseño : 230 m²

◆ Hazard Category 3 (HC-3):

Densidad mínima de descarga: **12,2 mm/min**

Área de diseño : 230 m²



Transporte y logística	- Salas técnicas	HC-2
	- Terminales de aeropuerto - Estaciones de autobús - Estaciones de tren - Puertos para ferris - Terminales de cruceros - Puntos de estacionamiento para bicicletas	HC-1
	- Aparcamientos cubiertos - Aparcamientos	HC-3

LA IMPORTANCIA DE LA CERTIFICACIÓN



- Esta elevada demanda de agua supone un problema significativo en muchas instalaciones existentes, que fueron diseñadas para requerimientos hidráulicos considerablemente inferiores.
- Asimismo, el uso de grandes volúmenes de agua implica un **impacto medioambiental relevante**, dado que se trata de agua potencialmente contaminada, la cual requeriría tratamientos posteriores adecuados para su depuración, reciclaje o gestión conforme a la normativa aplicable.
 - El reto, por tanto, consiste en lograr la refrigeración utilizando una cantidad significativamente menor de agua o mediante agentes extintores alternativos que no estén basados en agua.
 - No obstante, actualmente no existe una normativa específica que regule este tipo de soluciones innovadoras. Por ello, resulta **imprescindible la certificación de dichas soluciones por parte de laboratorios acreditados**, que validen su eficacia, seguridad y adecuación técnica.

Ya nos lo dice el RIPCI Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, según **Real Decreto 513/2017 del 22 Mayo (RIPCI), en su capítulo II artículo 5.** Acreditación del cumplimiento de los requisitos de seguridad de los productos de protección contra incendios.

*Los productos (**equipos, sistemas o componentes**) de protección contra incendios no tradicionales o innovadores para los que no existe norma y exista riesgo, deberán justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en este Reglamento mediante una evaluación técnica favorable de la idoneidad para su uso previsto, realizada por los organismos habilitados para ello por las administraciones públicas competentes*



Núm. 139

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO

Lunes 12 de junio de 2017



Sec. I. Pág. 48349

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

6606 Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.



Uso de ADITIVOS

CARACTERÍSTICAS DE LOS **SISTEMAS eFP-600**

ADITIVO COLD FIRE



ADITIVO **COLD FIRE**

- El nuevo aditivo COLD FIRE representa la nueva generación de aditivos para control y supresión de Incendios, especialmente diseñado para **fuegos de baterías de Ion Litio**, liderando el avance en la tecnología de extinción de incendios.
- Este nuevo aditivo es un agente extintor de incendios respetuoso con el medio ambiente, especialmente **diseñado para suprimir y controlar rápidamente incendios**, enfriar superficies calientes, evitar la reignición y encapsular los gases de hidrocarburos.
- Este aditivo es líder en tecnología de extinción de incendios, destacando por su extraordinaria **capacidad de eliminar el calor** extremo de cualquier objeto (metal, madera, caucho, etc.) con el que entra en contacto.
- Su gran eficacia permite que su descarga se realice **mezclado con agua al 3%**, mejorando el poder refrigerante del agua frente a incendios de Ion Litio.



Su fórmula única a base de savia de plantas logra ser **10 veces más refrigerante** que el agua sin aditivos. Además, su rápida actuación se debe a que el **COLD FIRE** penetra en el fuego **6 veces más rápido** de lo que lo haría el agua sin aditivo. A medida que el **COLD FIRE** penetra en la superficie, **enfria** el área de manera segura por debajo de su punto de ignición.

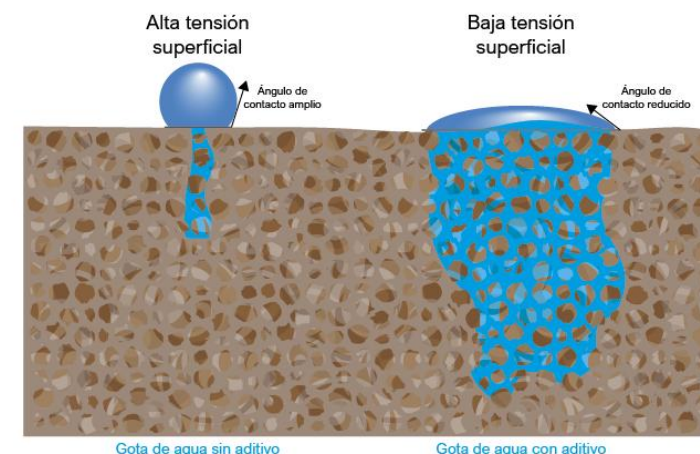
Este aditivo es considerado de **nueva generación** debido a su **Triple Tecnología de Supresión:** como Agente **Humectante**, como Agente **Encapsulador** y como Agente **Inhibidor**, consiguiendo la supresión del incendio mediante tres mecanismos distintos: **Reduciendo** la tensión superficial del agua, **Encapsulando** la fuente de calor y combustible, e **Inhibiendo** la reacción en cadena.

ACTUACION COMO AGENTE HUMECTANTE/ACTUACIÓN COMO INHIBIDOR

El **aditivo COLD FIRE** es un **agente humectante**, pues **reduce** la tensión superficial del agua a un tercio de su valor en estado puro, 72 dinas/cm a menos de 33 dinas/cm, esta reducción de la tensión superficial proporciona varias ventajas frente al agua sin aditivo

- Permite al aditivo esparcirse más rápidamente y **penetrar** mucho mejor en las superficies y en el fuego.
- Cuenta con un factor de penetración **6 veces superior** al agua sin aditivo.
- Proporciona gotas más pequeñas, que implica un aumento de la superficie de enfriamiento mucho mayor que si se tratase solo de agua, permitiendo un mayor contacto con el combustible y una superior **absorción** de la energía calorífica

Reduce la tensión superficial del agua y aumenta la penetración en superficies

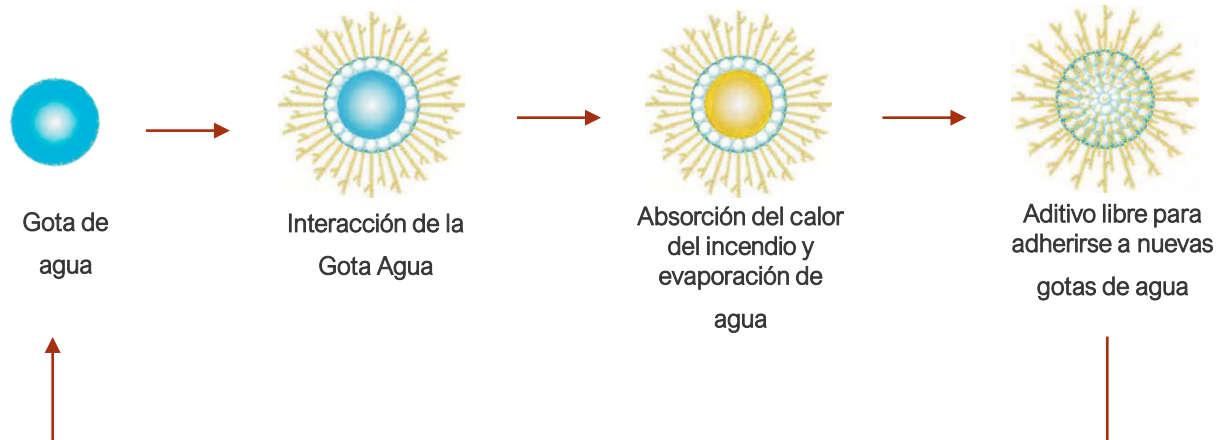
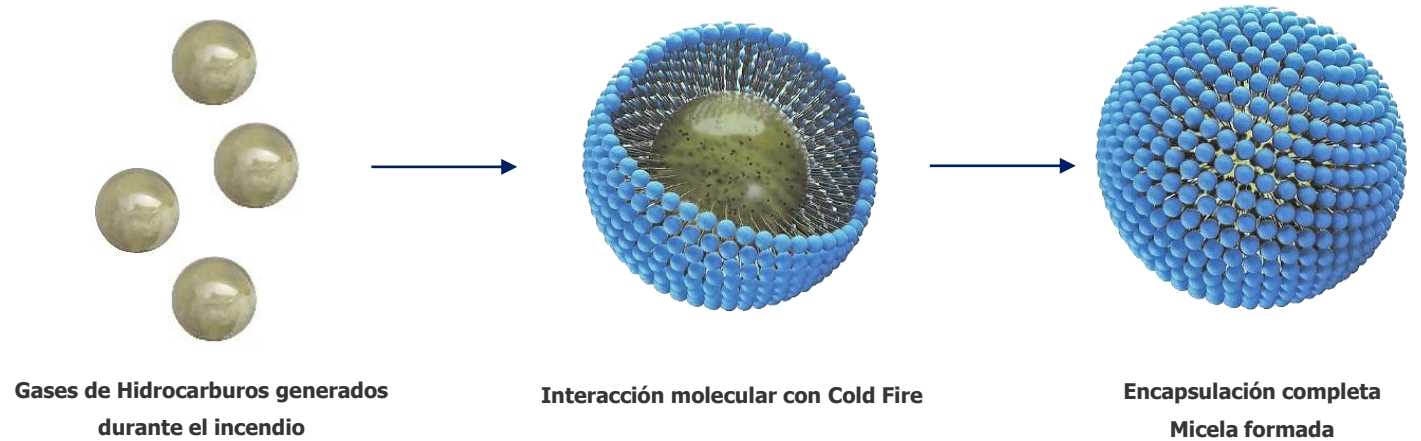


INHIBIDOR REACCION QUÍMICA

- El aditivo COLD FIRE, además de funcionar como Agente Humectante, también actúa como Inhibidor de las reacciones en cadena de oxidación que sustentan la combustión.
- La propagación del fuego se debe a estas reacciones en cadena, que se llevan a cabo debido a **los radicales libres** que se generan durante la combustión. Estos radicales son capaces de liberar gran cantidad de energía en forma de calor y a su vez propagarse aumentando en número, produciéndose así un ciclo exotérmico. Sin embargo, la capacidad refrigerante de COLD FIRE logra consumir la energía disponible para la propagación de los radicales libres y reducir la temperatura por debajo del punto de ignición (flash point), consiguiendo la ruptura del ciclo exotérmico e inhibiendo así las reacciones en cadena de la combustión.

ENCAPSULADOR DE LÍQUIDOS / VAPORES INFLAMABLES

- El aditivo COLD FIRE también actúa mediante la formación de **micelas** a nivel molecular. Esta propiedad otorga a este aditivo una actuación dual de encapsulamiento: **interacciona a nivel molecular con los hidrocarburos del incendio y también con las gotas de agua**. Las micelas encapsulan las moléculas de líquidos y vapores inflamables, transformando líquidos y vapores inflamables en no inflamables.
- Esta propiedad ayuda a prevenir la capacidad de reignición del fuego, que es muy persistente en los incendios de baterías de Ion – Litio, ya que las micelas también actúan encapsulando los humos que se producen durante el incendio, **logrando mejorar la visibilidad y la respiración de los equipos de actuación** si es requerida su intervención tras la actuación de este aditivo.



Las moléculas de COLD FIRE absorben una **gran cantidad de calor** y la **trasfieren** hacia dentro de la gota de agua que inmediatamente se transforma en vapor, **consumiendo así la energía del fuego**.

El vapor liberado colisiona con otras moléculas adyacentes de agua, y se condensan nuevamente en forma de gotas.

Las nuevas gotas formadas se adhieren al **COLD FIRE**, comenzando el ciclo de **nuevo**.

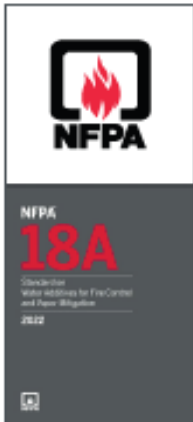
CERTIFICACIONES INTERNACIONALES



Certificados del Aditivo **COLD FIRE:**

Es **biodegradable** y **seguro** para el medio ambiente y para las personas:

- **No corrosivo**
- **No toxico**
- **Permite el contacto con la Piel**
- **Puede ser inhalado**



NFPA 18A Section 7.7
Pruebas de estabilidad en micelas esféricas

Pruebas de estabilidad de micelas esféricas. "Esta sección cubre los procedimientos de prueba para evaluar la capacidad de una solución de aditivo de agua para formar y mantener micelas esféricas estables capaces de encapsular líquidos combustibles e inflamables (polares y no polares), convirtiendo los líquidos inflamables en no inflamables, no inflamables y no explosivos y manteniendo la encapsulación en presencia de altas temperaturas durante un período prolongado de tiempo".



NFPA 18
Norma sobre Agentes Humectantes

Esta norma establece los requisitos para el desempeño y el uso de agentes humectantes en relación con el control y la extinción de incendios. Está destinada a orientar a bomberos, autoridades competentes (AC) y otros interesados en juzgar la aceptabilidad y el uso de cualquier agente humectante ofrecido para tal fin.



EXTINTOR SISTEMA eFP-600

- Los extintores SISTEMA eFP-600 con ADITIVO COLD FIRE son un equipo portátil diseñado para la rápida supresión de incendios en baterías de Ion Litio, incorporan eFP-600 al 3%, en los siguientes formatos
 - Extintor 9 L
 - Extintor de carro 50 L.
- Extintor Ensayado APPLUS según la directriz **NTA 8133: Extintores portátiles contra incendios: requisitos de rendimiento, métodos de ensayo y marcado para su idoneidad en la extinción de incendios de baterías de litio.**

Batería de 660 Wh llevada a Thermal Runaway, el fuego se controló en menos de 18 segundos y no hubo reignición.



	Extintor de 9 L.	Extintor de 50 L.
Agente de Supresión	Agua + 3% Cold Fire	Agua + 3% Cold Fire
Cantidad de Agente	9 L	45 L
Agente Compresor	25g Nitrogen	650g Nitrogen
Incendios Clase A	✓	✓
Incendios Clase B	✓	✓
Incendios Ion Litio	✓	✓
Presión de Diseño	15 bar	20 bar
Altura	59,5 cm	88 cm
Peso medio total	13,6 kg	76,15 kg
Rango de Descarga	40 cm	5 m
Temperatura de Servicio	0 - 55 °C	0 - 55 °C



Sistema de extinción certificado por Applus, número de reporte 25/32302628

ENSAYO EN BATERÍA DE ION LITIO

CRITERIOS DE VALIDACION

La evaluación de la eficacia del extintor portátil se evaluará mediante una serie de 3 ensayos de los cuáles el extintor ha de ser capaz de sofocar las llamas producidas por el incendio de batería de ion litio y asegurar que no se produce re ignición de la batería en los siguientes 20 minutos a la extinción del incendio.

La evaluación se considerará satisfactoria si al menos dos de los tres ensayos cumplen con los criterios establecidos. En caso de que los dos primeros ensayos sean satisfactorios, no será necesario realizar un tercer ensayo.

Los criterios de ensayo son los siguientes:

- Se comprobará que el extintor es capaz de apagar el fuego (sofocación de llamas).
- No existe reignición de la batería en los siguientes 20 minutos después de haber realizado la extinción (no aparición de llamas).

Tipología celdas batería: NMC – cilíndricas 18650.

Número de celdas: mínimo 77. En el ensayo 2, se colocan 81 celdas pero para determinar las características de la batería ensayada se consideran 77 celdas.

Potencia nominal batería: 0,7 kWh

Evaluación en base la directriz NTA 8133:2021 y la UNE EN 3-7:2004+A1:2008.



RESULTADOS

- Se observa que en el momento que se produce la extinción manual con la descarga completa
- Del extintor, **las llamas quedan extinguidas** y la temperatura de la batería desciende drásticamente.
- **No se produce reignición** del incendio en los siguientes 20 minutos.

BOCA DE INCENDIO CON ADITIVO AL 3%

- Sistema compuesto por 2 armarios modulares pintados al horno en Rojo RAL3000.
- Devanadera con 20 m de Manguera de 25 mm.
- Lanza profesional Viper de Triple Efecto fabricada en aluminio.
- Proporcionador Kugel de 1" con dosificación fija al 3% de COLD FIRE. con bypass para uso solo con agua o agua con aditivo al 3%
- Válvula de corte.
- Manómetro.
- Opción de toma de 45mm adicional

Incluye en interior de armario 2 depósitos de 20 Litros de COLD FIRE con tecnología de Triple Supresión, especializado para los incendios de baterías de Ion Litio



ENSAYO EN CARRETILLA ELÉCTRICA

CRITERIOS DE VALIDACION

La evaluación de la eficacia de la BIE se evaluará mediante ensayo de extinción de incendio de transpalé eléctrico con baterías de ion-litio en situación de embalamiento térmico (“thermal runaway”).

Los criterios de Validación son los siguientes:

- Se comprobará que el sistema BIE es **capaz de apagar el fuego** (sofocación de llamas).
- **No existe reignición** de la batería en los siguientes 20 minutos después de haber realizado la extinción (no aparición de llamas).
- Temperatura:
 - o Temperatura alrededor de la carretilla $\leq 60^{\circ}\text{C}$
- Radiación:
 - o Radiación alrededor de la carretilla $\leq 2,5 \text{ kW/m}^2$

Nota: La evaluación de los criterios de temperatura y radiación se evaluará a los 120 s des del inicio de la descarga manual del sistema de intervención y se deben mantener desde el inicio de la descarga manual des sistema, hasta la finalización de la intervención.



RESULTADOS

- Se llevaron las **baterías de 6,3 kWh** a Thermal Runaway
- Temperatura de la carretilla supero los **850 °C**, temperatura alrededor inferior a los 60°C
- Radicación inferior los **2,5 kW**
- El fuego se controla en menos de **132s** tras el inicio de la descarga
- **Aditivo consumido menos de 5 litros**
- **Se produjo la extinción** del incendio
- **No hubo reignición**

SISTEMAS ROCIADORES AUTOMÁTICOS

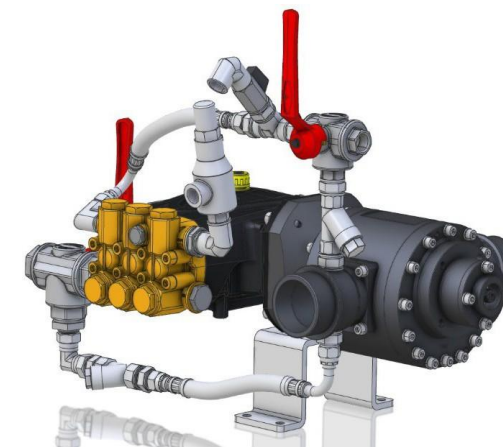
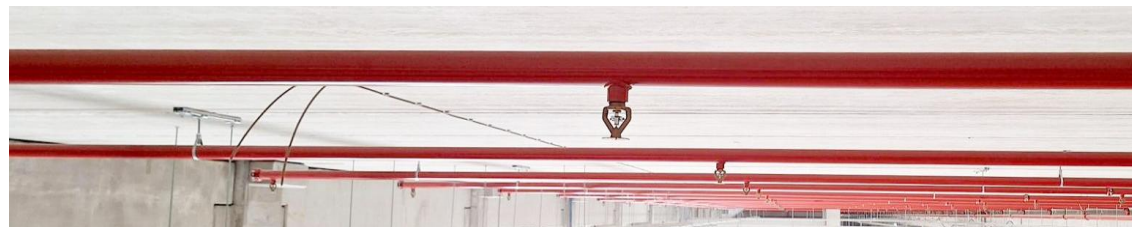
- Sistema de extinción de incendios especial para aparcamientos con coches eléctricos.
- **Sistema certificado** por Applus, con **Documento de Idoneidad Técnica (DITE)** para su uso en incendios de Baterías de Ion Litio con rociadores automáticos
- **Diseño según norma UNE EN 12845.** Sistemas fijos de lucha contra incendios Sistemas de rociadores automáticos.
- Clase de Riesgo: Riesgo Ordinario 2 (RO2)
- Densidad de Diseño **5 mm/min**
- Agente de extinción: COLD FIRE al 3% con agua



DETALLES DEL SISTEMA

COMPONENTES DEL SISTEMA

- Boquillas K80 de ½”.
- Temperatura de activación 68 °C
- Cobertura por boquilla aproximada de 11 m2
- Presión de trabajo en la red 8 bar
- Deposito de aditivo
- Proporcionador fijo al 3%, caudal máximo 450lpm.



DATOS DEL ENSAYO

- Batería de Ion Litio **60 kWh** (10 módulos de 6 kWh)
- Ensayo realizado para **48 min de autonomía** en los que se controló y se suprimió el fuego
- Caudal máximo durante el ensayo **470 lpm**
- Los termopares colocados en el coche alcanzaron los **800 °C** en algunas zonas, consiguiendo bajar a menos de 100°C en el transcurso de la prueba.
- **688 L de aditivo consumido**

ENSAYO EN APARCAMIENTO CON ROCIADORES AUTOMÁTICOS

CRITERIOS DE VALIDACION

Propagación del fuego: no existe propagación entre los vehículos. El vehículo adyacente no se quema.

Temperatura:

- Temperatura alrededor del coche eléctrico $\leq 60^{\circ}\text{C}$
- Temperatura en el forjado $\leq 200^{\circ}\text{C}$

Radiación:

- Radiación alrededor del coche eléctrico $\leq 2,5 \text{ kW/m}^2$
- Coche target no puede sufrir daños relevantes

Nota: La evaluación de los criterios de temperatura y radiación se evaluará a los 120 s des del inicio de la descarga del sistema de intervención y se deben mantener desde el inicio de la descarga des sistema, hasta la finalización de la intervención.

Evaluación de acuerdo protocolo ad-hoc APPLUS LABORATORIES.



RESULTADOS

- **Fuego CONTROLADO en menos de 9 min**
- Activación de la **primera boquilla a los 2 min**
- Activación de la segunda boquilla a los 4 min
- Activación de la 3 y 4 boquilla a los **8 min**
- **688 litros de aditivo consumidos en 48 min de prueba**
- **Coche adyacente no sufrió ningún daño**
- Autonomía certificada 45m
- **Temperaturas inferiores a los 60°C alrededor del coche y < a 200 ° C en techo**
- Radiación inferior a los 2,5 kW/m²



DISPOSITIVOS ESPECIALES

LO IMPORTANTE SI SE PUEDE ES REFRIGERAR LA BATERÍA.

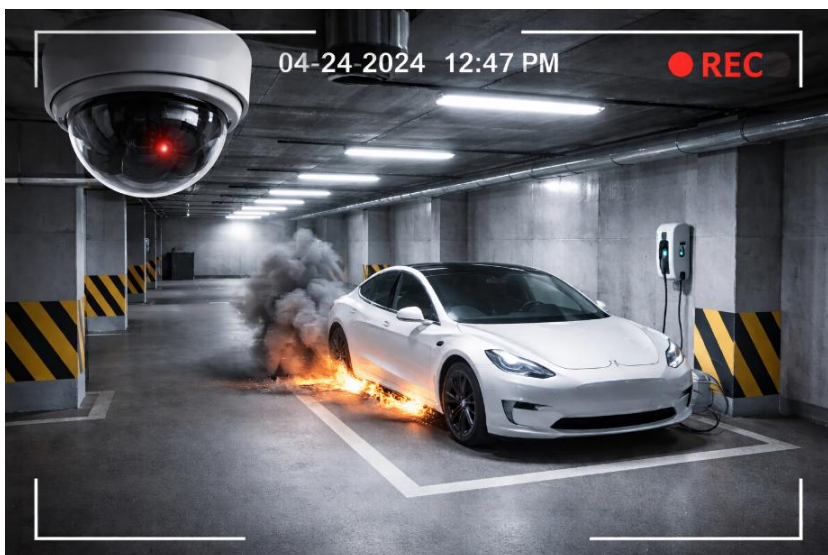
BOQUILLA DE DESCARGA BAJO EL VEHICULO

- **Sistema certificado** para detección y supresión de incendios en aparcamiento con vehículos eléctricos.
- Dispositivo integral de detección térmica y extinción para plazas de aparcamiento de vehículos eléctricos (VE).
- Equipo fijo y compacto para montaje en cada plaza, que **integra detección de temperatura y descarga de agua** dirigida a los bajos del vehículo, refrigerando de esta forma la zona donde se ubican las baterías y evitando la progresión del incendio y reduciendo la emisión de humos.
- Incorpora un **sistema de activación automática** por umbral térmico y apertura automática de la válvula de descarga y un sistema de boquillas de descarga de agua dirigidas a cubrir toda la superficie de los bajos del coche.
- Se conecta a la red de BIEs, con un consumo mínimo de 100lpm a una presión de solo 5 bar.



BOQUILLA DE SUELO

- Detecta automáticamente el aumento de temperatura, gracias a su elemento de detección integrado, pudiendo enviar una señal a la central de control
- Activa de forma automática la descarga de agua debajo del vehículo donde se aloja la batería, gracias a llevar integrada en la estructura una válvula con activación eléctrica por solenoide
- Su perfecta ubicación justo debajo de la batería del vehículo, permite una proyección rápida y eficaz del agua, controlando la liberación de calor y protegiendo a los neumáticos para evitar que se incendien
- Gracias a sus difusores tridimensionales, permite una mayor cobertura y protección (vehículos próximos y estructura).



- La opción de comunicación remota permite la activación de una cámara para ver el estado real del vehículo y actuar con rapidez.
- Incorpora una salida de relé configurable que permite conectarse a cualquier central de detección y control
- Gracias a la incorporación de un pulsador manual, es posible activar el sistema manualmente en caso de detectar un inicio de fuego en un vehículo eléctrico.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Mario Quiroga

628 089 780

mario.quiroga@firepiping.com