

Desarrollo de un Protocolo Integral para la Gestión y Extinción de Incendios en Vehículos Eléctricos a Bordo de Buques: Aplicación de ECOFIRE

Trabajo Fin de Máster
Grado en Gestión Náutica y Transporte Marítimo
Enero 2024

Autor:
Inmaculada Crespo González-Tánago
49560520-M

Tutor/a:
Prof. Dr. José Agustín González Almeida

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval
Universidad de La Laguna; Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado

D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Marina Civil, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. Inmaculada Crespo González-Tánago con DNI 49560520-M, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Desarrollo de un Protocolo Integral para la Gestión y Extinción de Incendios en Vehículos Eléctricos a Bordo de Buques: Aplicación de ECOFIRE**

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de enero de 2024.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Tutor/a del trabajo.

Crespo González-Tánago, IC. (2024). *Método de extinción y protocolo de actuación frente a incendios producidos por vehículos eléctricos en el transporte marítimo*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

El trabajo aborda la creación de un Protocolo de Actuación para Incendios en Buques causados por Vehículos Eléctricos. Se explora la clasificación de fuegos, centrándose en los de Clase C (equipos eléctricos) y se discuten los riesgos específicos asociados con las baterías de litio en vehículos eléctricos.

La propuesta principal es la implementación del producto ECOFIRE FIGHTING SIMONRACKINDUSTRY como agente extintor. Se describen sus características y beneficios, resaltando su seguridad, rapidez y carácter ecológico.

Se presenta un Protocolo de Actuación detallado, desde la llegada del vehículo eléctrico hasta la intervención de brigadas de emergencia y el uso específico de ECOFIRE. Se hace hincapié en la formación continua del personal.

En resumen, se propone un enfoque completo que aborda los desafíos de incendios de vehículos eléctricos en buques, combinando medidas preventivas, normativas internacionales y el uso de un agente extintor especializado.

Además, como conclusión, este trabajo proporciona una contribución valiosa al sector marítimo, abordando un aspecto emergente de la seguridad contra incendios y estableciendo una base para la adaptación a la creciente presencia de vehículos eléctricos en entornos navales. La combinación de conocimientos técnicos, medidas preventivas y la elección de agentes extintores especializados conforma un protocolo completo y sostenible para la gestión de incendios en buques.

Palabras claves: vehículo eléctrico, incendio, protocolo, ECOFIRE.

Crespo González-Tánago, IC. (2024). *Método de extinción y protocolo de actuación frente a incendios producidos por vehículos eléctricos en el transporte marítimo*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de La Laguna.

ABSTRACT

The work addresses the creation of an Action Protocol for Fires on Ships caused by Electric Vehicles. The classification of fires is explored, focusing on Class C fires (electrical equipment), and the specific risks associated with lithium batteries in electric vehicles are discussed.

The main proposal is the implementation of the ECOFIRE FIGHTING SIMONRACK INDUSTRY product as an extinguishing agent. Its characteristics and benefits are described, highlighting its safety, speed and ecological nature.

A detailed Action Protocol is presented, from the arrival of the electric vehicle to the intervention of emergency brigades and the specific use of ECOFIRE. Emphasis is placed on continuous training of staff.

In summary, a comprehensive approach is proposed that addresses the challenges of electric vehicle fires on ships, combining preventive measures, international regulations and the use of a specialized extinguishing agent.

Furthermore, in conclusion, this work provides a valuable contribution to the maritime sector, addressing an emerging aspect of fire safety and establishing a basis for adaptation to the growing presence of electric vehicles in naval environments. The combination of technical knowledge, preventive measures and the choice of specialized extinguishing agents forms a complete and sustainable protocol for the management of fires on ships.

Keywords: electric vehicle, fire, protocol, ECOFIRE.

AGRADECIMIENTOS

Con estas palabras quiero mostrar mi agradecimiento a todas aquellas personas que me han apoyado y acompañado a lo largo de este proyecto:

A mi tutor, José Agustín González Almeida, por el tiempo dedicado en este proyecto y por los conocimientos transmitidos.

A mi familia y amigos, porque gracias a su cariño y apoyo he logrado obtener mis objetivos

A los capitanes de los buques en los que he adquirido estos conocimientos, en relación a los equipos contraincendios y ejercicios de formación.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. ANTECEDENTES.....	3
4. Tipos de fuego.....	4
4.1. Clasificación tipos de fuego	4
4.2. Fuego Clase C.	5
5. ANATOMÍA VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	6
5.1. Motor eléctrico.....	6
5.2. Plancha inferior	6
5.3. Baterías	8
5.3.1 Riesgo de las baterías	9
6. MARCO NORMATIVO.	10
6.1. Normativa Internacional de seguridad conra incendios a bordo de los buques.	10
6.2. Normativa aplicable a las baterías de litio	12
. SISTEMA DE EXITINCIÓN DE INCENDIOS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.	13
7.1. Producto principal: Simonrack Ecofire Fighting.....	13
7.2. Descripción del producto ECOFIRE.	14
7.2.1. Características técnicas.....	14
7.2.2. Ficha de seguridad.	15
7.3. Objetivo del producto.	16
7.4. Aplicaciones y método de aplicación a bordo.	16
7.4.1. Método de aplicación a bordo.....	17
7.4. Comparativa con otros agentes extintores.	18
7.5. Ventajas.....	19
8. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN FRENTE A INCENDIOS PRODUCIDOS POR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	21

8. Conclusiones.....	27
9. Anexos.....	29
01.- Anexo I. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN CONTRA INCENDIOS A BORDO POR INCENDIO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO.	29
10.Bibliografía.....	30

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Elementos básicos de un vehículo eléctrico-----	6
Ilustración 2.Plancha inferior-----	7
Ilustración 3.Conjunto de baterías en plancha inferior-----	7
Ilustración 4.Composición de una celda de batería -----	8
Ilustración 5.Membrana separada por líquido -----	9
Ilustración 6.Caja de celdas que forman la batería de litio-----	9
Ilustración 7.Símbolo Ecofire Fighting Simonrack Industry -----	14
Ilustración 8.Bloqueo del fuego tras la línea de producto aplicada -----	16
Ilustración 9.Depósito ECOFIRE 1000 L-----	17
Ilustración 10. Demostración del producto -----	20
Ilustración 11.Demostración agente bloqueante del fuego -----	20
Ilustración 12.Zona habilitada y colocación del depósito ECOFIRE-----	23
Ilustración 13. Colocación de los vehículos en zona habilitada -----	23
Ilustración 14.Posición de los vehículos eléctricos-----	24

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de fuego. Fuente: Elaboración propia.	4
Tabla 2. Números ONU dependiendo del tipo de baterías de litio y su transporte. Fuente: Elaboración propia	12
Tabla 3. Característica de un buque. Fuente: Elaboración propia.	18
Tabla 4. Capacidad cubiertas de carga. Fuente: Elaboración propia.	18
Tabla 5. Comparativa obtenida del catálogo ECOFIRE. Fuente: Fuente: https://simonrack.com/home/ecofire#ficha	19

1. INTRODUCCIÓN.

La tendencia en la industria automotriz indicaba un crecimiento significativo en la adopción de vehículos eléctricos (VE) en comparación con los vehículos de combustión interna (VCI).

El crecimiento de vehículos eléctricos plantea desafíos significativos en el ámbito del transporte marítimo, especialmente en relación con la seguridad contra incendios. La utilización de baterías de litio en estos vehículos presenta riesgos específicos que requieren atención y soluciones adecuadas para evitar posibles incidentes y garantizar la seguridad de los buques y su tripulación.

Uno de los mayores problemas radica en la complejidad de extinguir incendios generados por el sobrecalentamiento de las baterías de litio en vehículos eléctricos. Los métodos de extinción tradicionales no son completamente efectivos en estos casos, y la propagación rápida del fuego representa una amenaza significativa para la seguridad de los buques durante el transporte de estos vehículos.

Además, la falta de un protocolo específico y de sistemas de extinción adaptados a las particularidades de los incendios causados por vehículos eléctricos aumenta la vulnerabilidad de los buques, poniendo en riesgo tanto la integridad de la embarcación como la seguridad de la carga y la tripulación.

En este contexto, es imperativo abordar estos desafíos mediante la implementación de soluciones innovadoras, normativas específicas y protocolos de actuación que permitan afrontar de manera eficaz los incendios originados por vehículos eléctricos en el transporte marítimo. La adopción de tecnologías y productos especializados, como ECOFIRE de Simonrack, se presenta como una alternativa prometedora para mejorar la seguridad y la gestión de riesgos en este escenario emergente.

2. OBJETIVOS.

El objetivo principal del proyecto es proponer un protocolo integral para la gestión y extinción de incendios en vehículos eléctricos a bordo de buques. La propuesta considera la complejidad de los incendios relacionados con las baterías de litio, reconociendo la necesidad de agentes extintores específicos para abordar eficazmente estas situaciones.

Los objetivos detallados son los siguientes:

- Proporcionar información detallada sobre la clasificación de incendios, haciendo hincapié en la importancia de comprender los diferentes tipos de fuego para seleccionar métodos de extinción adecuados.
- Detallar los desafíos particulares asociados con los incendios de Clase C, que involucran equipos eléctricos. Se explica por qué los métodos tradicionales de extinción pueden no ser idóneos en estas situaciones.
- Examinar las partes fundamentales de un vehículo eléctrico, con un enfoque especial en el motor eléctrico, la plancha inferior que protege las baterías y las propias baterías de litio.
- Presentar las normativas internacionales relacionadas con la seguridad contra incendios en buques, con un enfoque específico en el transporte de vehículos eléctricos y las baterías de litio.
- Presentar el producto ECOFIRE como un agente extintor innovador y respetuoso con el medio ambiente diseñado para abordar incendios, especialmente los originados en vehículos eléctricos.
- Elaborar un protocolo detallado que abarque la ubicación específica de los vehículos eléctricos a bordo, la monitorización constante, la aplicación de ECOFIRE y la formación regular del personal.
- Resaltar las ventajas del producto ECOFIRE, incluyendo su seguridad, eficacia, naturaleza ecológica y aplicaciones versátiles en la extinción de incendios.
- Presentar un análisis completo de costos y capacidades del producto ECOFIRE, demostrando su viabilidad económica y su eficacia en la extinción de incendios a bordo de buques.

En resumen, la iniciativa busca abordar de manera exhaustiva los desafíos asociados con los incendios de vehículos eléctricos en entornos marítimos, ofreciendo información detallada, soluciones prácticas y un protocolo específico para mejorar la seguridad en este contexto.

3. ANTECEDENTES.

A lo largo de la historia, el transporte marítimo ha sido una columna vertebral para la conectividad global, pero con la creciente conciencia ambiental, se ha producido una evolución notable. Normativas como el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) han establecido estándares para la seguridad y se han adaptado a los cambios tecnológicos, incluyendo la integración de vehículos eléctricos (VE). Estos VE, impulsados por baterías de litio, ofrecen una alternativa sostenible al transporte marítimo tradicional basado en combustibles fósiles.

A pesar de las ventajas, la integración de vehículos eléctricos en el transporte marítimo presenta desafíos, especialmente en términos de seguridad contra incendios y extinción efectiva de fuegos relacionados con las baterías de litio. La singularidad de estos incendios en el entorno marítimo ha requerido la creación de nuevos protocolos y sistemas de extinción de incendios.

El futuro del transporte marítimo está estrechamente vinculado a la transición hacia la sostenibilidad. La búsqueda de combustibles y tecnologías más limpias impulsa la investigación en energías renovables y sistemas de propulsión más eficientes.

La colaboración entre la industria naviera, los fabricantes de vehículos eléctricos y las entidades gubernamentales desempeña un papel crucial para allanar el camino hacia una flota marítima más ecológica y segura. El cruce entre el transporte marítimo y los vehículos eléctricos marca un hito significativo en la búsqueda de un futuro más sostenible para la industria. La implementación de tecnologías innovadoras y la adaptación de protocolos de seguridad son fundamentales para aprovechar los beneficios de la electrificación en el transporte marítimo, asegurando un equilibrio armonioso entre la eficiencia operativa y la responsabilidad medioambiental.

4. Tipos de fuego.

La importancia de conocer la clasificación radica en saber qué tipo de extintor o método es más efectivo para apagar un fuego específico. Cada clase tiene sus propias características y desafíos, por lo que es crucial utilizar el enfoque adecuado para evitar que el fuego se propague o empeore. Un fuego se origina a partir de la combinación de tres elementos esenciales conocidos como el "triángulo del fuego". Estos elementos son:

1. **Combustible:** Cualquier material que pueda arder. Puede ser sólido, líquido o gaseoso. Ejemplos incluyen madera, papel, gasolina, etc.
2. **Oxígeno:** El oxígeno del aire que respiramos actúa como un componente crucial para mantener la combustión. Sin oxígeno, el fuego no puede mantenerse.
3. **Fuente de calor o Ignición:** Un punto de partida para iniciar la reacción química de la combustión. Esto puede ser una chispa, un resaca a una llama, el calor de una superficie caliente, etc.

Cuando estos tres elementos están presentes en las proporciones correctas, se crea el fuego. Además del triángulo del fuego, algunos modelos modernos también incluyen un cuarto elemento: la reacción en cadena de la combustión.

Es importante controlar estos elementos para prevenir y extinguir incendios. Por ejemplo, los extintores actúan cortando el suministro de oxígeno, enfriando la fuente de calor o eliminando el combustible para detener la reacción en cadena y apagar el fuego.

4.1. Clasificación tipos de fuego

La clasificación de fuegos se suele representar con letras (A, B, C, D y F) y cada una de ellas indica el tipo de combustible que está involucrado. La clasificación más común es la clasificación de fuegos de acuerdo con la norma NFPA 10, que utiliza letras y colores:

CLASE	COMBUSTIBLE
A (Verde)	Materiales comunes: madera, papel, tela, etc.
B (Rojo)	Líquidos inflamables: gasolina, aceite, grasas, etc.
C (Azul)	Equipos eléctricos.
D (Amarillo)	Metales combustibles
F (Negro)	Aceites y grasas de cocina

Tabla 1. Clasificación de fuego. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Fuego Clase C.

Los fuegos de Clase C son aquellos que involucran equipos eléctricos energizados. Estos incendios pueden ser desafiantes debido al riesgo de descarga eléctrica al entrar en contacto con el agua u otros agentes conductores de electricidad. Por lo tanto, los métodos tradicionales de extinción de incendios, como el agua, no son recomendables para este tipo de fuegos.

Para extinguir fuegos de Clase C, se utilizan extintores que no conducen electricidad. Los dos tipos de extintores más comunes son:

1. **Extintores de Polvo Químico Seco:** Contienen polvo químico no conductor que corta el suministro de oxígeno al fuego.
2. **Extintores de Dióxido de Carbono (CO₂):** Contienen dióxido de carbono, un gas no conductor, que desplaza el oxígeno alrededor del fuego. Estos extintores son útiles para incendios en equipos eléctricos.

Es esencial que las personas que responden a un incendio de Clase C estén capacitadas para abordar la situación de manera segura, evitando el riesgo de descarga eléctrica. Además, cortar la fuente de energía siempre es una medida clave para garantizar la seguridad.

Es por ello, que, en este tema en cuestión, es muy importante encontrar el agente extintor que pueda sofocar el fuego producido por las baterías de los coches eléctricos, no siendo esos métodos tradicionales efectivos 100%, debido a que éstos conllevan muchísimo tiempo para poder apagar un fuego de este tipo, y por consiguiente pondríamos en peligro el buque, y las personas de abordó.

5. ANATOMÍA VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Vamos a realizar una descripción a groso modo de las partes que componen un vehículo eléctrico, de forma generalizada, para comprender así, dónde reside el problema. Con esta imagen podemos apreciar claramente la estructura principal del vehículo eléctrico.

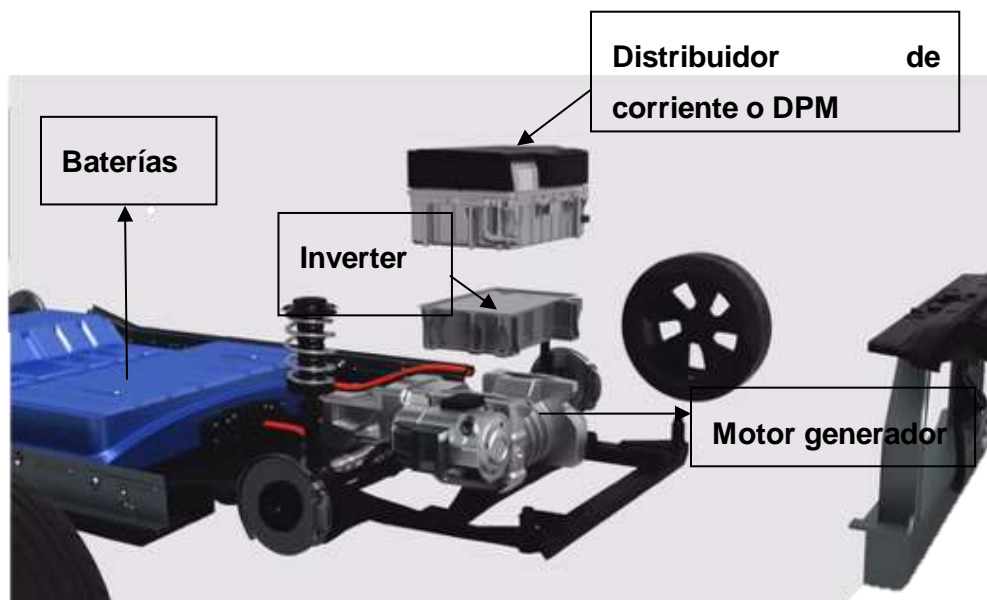


Ilustración 1. Elementos básicos de un vehículo eléctrico. Fuente: Captura de pantalla video *Anatomía de un coche eléctrico* [TÉCNICA - #POWERART] S05-E31.

5.1. Motor eléctrico

Dentro de los elementos mecánicos se compone básicamente de tres elementos:

- Distribuidor de corriente o DPM: Situado en la parte superior, dónde iría la culata del motor y sirve para distribuir la corriente. Además, es un sistema de fusible donde entra la corriente del vehículo.
- Inverter: Se encarga de convertir la corriente continua a corriente alterna, que es la que utiliza el motor, además realiza el procedimiento inverso de convertir corriente alterna en corriente continua.
- Motor generador: Consta de un sistema sin escobilla con imanes permanentes, refrigerados por líquidos y un grupo reductor que ajusta la velocidad de giro del motor con la velocidad deseada en las ruedas.

5.2. Plancha inferior

Esta plancha se encuentra situada en la parte inferior del vehículo y tiene un grosor adecuado para evitar que se produzca cualquier incidente con el conjunto de baterías, ya que

esta es una de las causas más comunes de incendio, golpe en baterías. Su función principal es la de proteger el conjunto de baterías.



Ilustración 2. Plancha inferior. Fuente: Fuente: Captura de pantalla video *Anatomía de un coche eléctrico* [TÉCNICA - [#POWERART](#)] S05-E31.



Ilustración 3. Conjunto de baterías en plancha inferior. Fuente: Fuente: Captura de pantalla video *Anatomía de un coche eléctrico* [TÉCNICA - [#POWERART](#)] S05-E31.

Esta plancha se encuentra situada en la parte inferior del vehículo y tiene un grosor adecuado para evitar que se produzca cualquier incidente con el conjunto de baterías, ya que ésta es una de las causas más comunes por las que se produce el incendio.

5.3. Baterías

Las baterías de las que están compuestas los vehículos eléctricos, son baterías de litio, y cómo hemos podido apreciar en la ilustración 3 se encuentran apiladas en la plancha inferior del vehículo.

Es una caja compuesta por pequeñas baterías o celdas y cada una de ellas está compuesta por la carcasa externa y otra interna. La carcasa externa la componen por un lado una cara de aluminio y por el otro lado de la cara de cobre. La carcasa interna la componen por un lado una cara que se llama ánodo, formado por litio, y otro lado de la cara llamado cátodo, hecho de carbono.

En medio de estas caras existe una membrana permeable separada por un líquido, que es un electrolito de composición desconocida, pero no puede contener agua, a diferencia de las baterías convencionales, y se encargan de permitir el tránsito de electrones entre la capa superior y la capa inferior, es decir, entre el ánodo y el cátodo.

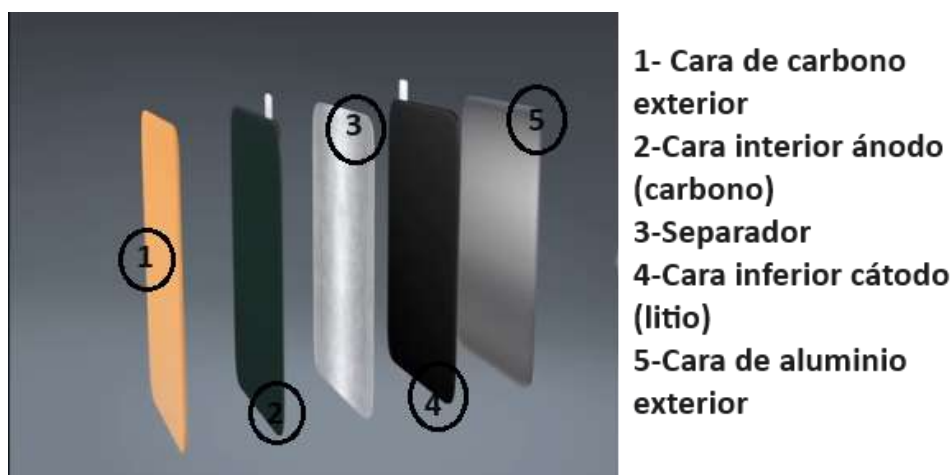


Ilustración 4. Composición de una celda de batería. Fuente: Fuente: Captura de pantalla video *Anatomía de un coche eléctrico [TÉCNICA - #POWERART] S05-E31.*

Además, existe una membrana microporosa que evita cortocircuitos entre ambas caras (ánodo y cátodo), permitiendo así el tránsito en ambas direcciones, una para realizar la carga y otra para descargar.



Ilustración 5. Membrana separada por líquido. Fuente: Fuente: Captura de pantalla video *Anatomía de un coche eléctrico* [TÉCNICA - [#POWERART](#)] S05-E31

Para mejorar su rendimiento y seguridad, estas baterías incorporan elementos como sensores de temperatura, reguladores de tensión y monitores de estado de carga. Estos elementos controlan la carga, el flujo de corriente, registran la capacidad alcanzada y supervisan la temperatura para preservar la vida útil de la batería (Iberdrola, 2022).

Todas las celdas están apiladas en una caja en bastantes unidades formando la llamada, batería de litio.

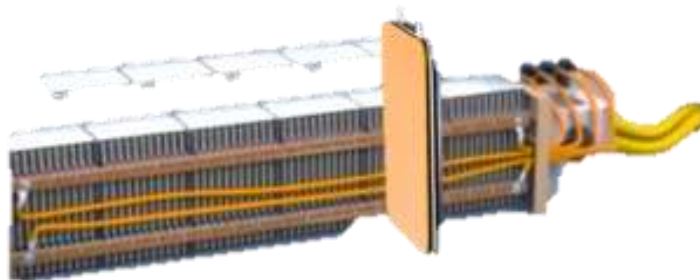


Ilustración 6. Caja de celdas que forman la batería de litio: Fuente: Captura de pantalla video *Anatomía de un coche eléctrico* [TÉCNICA - [#POWERART](#)] S05-E31.

5.3.1 Riesgo de las baterías

El principal riesgo asociado a las baterías de litio surge de su capacidad para almacenar grandes cantidades de energía, que, en situaciones extremas, pueden resultar en cortocircuitos y, en casos más graves, llevar a la combustión. La liberación de oxígeno durante estos eventos puede desencadenar fugas térmicas, desencadenando un fuego en cadena.

Se destaca los riesgos asociados con las baterías de litio, señalando situaciones como la sobrecarga, descarga profunda y exposición a temperaturas extremas que podrían provocar combustión espontánea. Subrayamos la importancia del Sistema de Gestión de Batería (BMS) para prevenir estos riesgos.

Además, mantener las baterías a una temperatura media es esencial, y en entornos fríos. Por último, se destaca también el riesgo de daño en caso de impactos, lo que podría resultar en la perforación de la batería y desencadenar un incendio.

6. MARCO NORMATIVO.

6.1. Normativa Internacional de seguridad contra incendios a bordo de los buques.

Las normativas principales para combatir incendios en la mar están regidas principalmente por el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, conocido comúnmente Convenio SOLAS, tratado de la Organización Marítima Internacional (OMI). Además de las normativas internacionales, existen normativas locales y nacionales en las cuales no vamos a entrar en detalle, ya que el proyecto no está basado en ninguna nación, sino a nivel internacional.

A continuación, vamos a describir de manera clara y concisa, el marco normativo relacionado con la prevención, detección y extinción de incendios a bordo:

a) Convenio SOLAS

El Capítulo II-2 se enfoca en disposiciones detalladas de seguridad contra incendios aplicables a buques, incluyendo buques de pasajeros, carga y tanques. Establece principios como la división del buque en zonas mediante mamparos, restricción de materiales combustibles, detección y extinción de incendios, protección de evacuación y acceso a equipos contra incendios, y minimización del riesgo de inflamación de gases de carga. El capítulo está estructurado en varias partes:

- **Parte A - Generalidades:** Incluye el ámbito de aplicación, objetivos y definiciones.
- **Parte B - Prevención de Incendios y Explosiones:** Aborda la probabilidad de ignición, propagación de incendios y producción de humo y toxicidad.
- **Parte C - Supresión de Incendios:** Cubre detección, control de humo, contención y lucha contra incendios, así como la integridad estructural.

- **Parte D - Evacuación:** Incluye notificaciones, medios de evacuación y procedimientos para tripulación y pasajeros.
- **Parte E - Prescripciones Operacionales:** Trata la disponibilidad operacional, mantenimiento, instrucciones, formación y operaciones.
- **Parte F - Proyectos y Disposiciones Alternativas:** Aborda proyectos y opciones alternativas.
- **Parte G - Prescripciones Especiales:** Incluye reglas específicas para instalaciones de helicópteros, transporte de mercancías peligrosas y protección de espacios especiales.

b) Código FFS

El código internacional de Sistemas de Extinción de Incendios, es un código que fue adoptado como parte del SOLAS en el cual se proporcionan normas detalladas sobre el diseño, la instalación y el mantenimiento de sistemas de extinción de incendio a bordo de los buques

c) Código ISF/SSCI

Este Código tiene como objetivo establecer normas internacionales para ciertas especificaciones técnicas relacionadas con los sistemas de seguridad contra incendios descritos en el capítulo II-2, poniendo un énfasis particular en los siguientes apartados:

- Capítulo 2: Conexiones Internacionales a Tierra: Se centra en la regulación de las conexiones internacionales a tierra.
- Capítulo 3: Protección del Personal: Aborda las normas relacionadas con la protección del personal en situaciones de incendio.
- Capítulo 4: Extintores de Incendios: Establece especificaciones técnicas para la fabricación y uso de extintores de incendios.
- Capítulo 7: Sistemas Fijos de Extinción de Incendios por Aspersión de Agua a Presión y por Nebulización: Se enfoca en las normativas para sistemas de extinción fijos utilizando aspersores de agua a presión y nebulización.
- Capítulo 8: Sistemas Automáticos de Rociadores, Detección de Incendios y Alarma Contraincendios: Establece estándares para sistemas automáticos que incluyen rociadores, detectores de incendios y alarmas contra incendios.
- Capítulo 9: Sistemas Fijos de Detección de Incendios y Alarma Contraincendios: Se ocupan de las normativas aplicables a sistemas fijos de detección de incendios y alarmas contra incendios.

- Capítulo 10: Sistemas de Detección de Humo por Extracción de Muestras: Establece directrices para sistemas de detección de humo que utilizan extracción de muestras.

6.2. Normativa aplicable a las baterías de litio

El código "IMDG" se compone de dos volúmenes y un suplemento, y clasifica las mercancías peligrosas en nueve clases. Nos enfocaremos en la Clase 9, que aborda las sustancias peligrosas diversas, especialmente relevantes para vehículos con propulsión eléctrica. Esta clase comprende:

Sustancias y objetos no clasificados en otras clases, que la experiencia o la demostración ha mostrado ser lo suficientemente peligrosos como para aplicar las disposiciones de seguridad específicas del Convenio SOLAS 1974, en su forma enmendada.

Sustancias no cubiertas por las disposiciones del Convenio SOLAS 1974, pero que están sujetas a las regulaciones del Anexo III del MARPOL 73/78, en su forma enmendada.

Dentro de la Clase 9 del código "IMDG", las baterías y pilas de litio están detalladas en el apartado 2.9.4. Estas deben ser clasificadas bajo uno de los siguientes números de la ONU:

Nº ONU	TIPO
3090	BATERÍAS DE METAL LITIO
3091	BATERÍAS DE METAL LITIO INSTALADAS EN UN EQUIPO O BATERÍA DE METAL LITIO EMBALADAS CON UN EQUIPO
3480	Baterías de ion litio
3481	Baterías de ión litio instaladas en un equipo o baterías ión litio o batería de ión litio embaladas con un equipo
3536	Baterías de litio instaladas en una unidad de transporte

Tabla 2. Números ONU dependiendo del tipo de baterías de litio y su transporte. Fuente: Elaboración propia

7.SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Cómo hemos visto con anterioridad, tras el análisis de las baterías, existe una gran complejidad en la extinción de un incendio a bordo producido por el sobrecalentamiento de estos vehículos, por ello tenemos la necesidad de crear un protocolo específico con un sistema de extinción contraincendios para que pueda aplicarse a todos los buques a nivel internacional, de igual forma que existen procedimientos específicos para casos de derrames por hidrocarburos, inundación, varada, etc.

Debe ser totalmente específico debido a que, actualmente, a bordo de los buques, los medios de extinción existentes no son suficientemente eficaces para combatirlos, puesto que para poder apagar un incendio ocasionado por un vehículo de combustión serían necesario aproximadamente unos 5.000 litros de agua, mientras que para los ocasionados por vehículos eléctricos serían necesarios unos 25.000 litros, es decir 5 veces más, conllevando esto mucho mayor tiempo de extinción y mayor tiempo para su propagación.

Uno de los peligros de este tipo de incendio es que como ya hemos visto, el conjunto de baterías se sitúa en la plancha inferior del vehículo, por tanto, son originados desde abajo y por consiguiente cuando los sistemas de detección de incendio, instalados a bordo, consiguen dar alarma, el fuego ya ha avanzado y tendríamos que pararlo inmediatamente para evitar su propagación por el resto de cubiertas y de vehículos que existan en la cercanía

7.1. Producto principal: Simonrack Ecofire Fighting.

Hemos optado por este producto, el cual vamos a describir en profundidad para que puedan comprender la genialidad del mismo y su desconocimiento.

El producto se llama SIMONRACK ECOFIRE y está iniciado por:

- ECOFIRE FIGHTING SIMONRACK INDUSTRY
- ECOFIRE FIGHTING SIMONRACK FOREST
- ECOFIRE FIGHTING SIMONRACK FLICHT
- ECOFIRE FIGHTING SIMONRACK HOME

De todos ellos, el que mejor se adapta a las circunstancias es ECOFIRE FIGHTING SIMONRACK INDUSTRY, ya que es recomendado para incendios de concentración y su mayor densidad favorece su adherencia. Además, siguiendo la normativa europea, éste es específico para fuegos de tipo C “fuegos eléctricos”.



Ilustración 7. Símbolo Ecofire Fighting Simonrack Industry. Fuente: <https://simonrack.com/home/ecofire#ficha>

7.2. Descripción del producto ECOFIRE.

ECOFIRE es un producto innovador creado por Cesar Sallen de España y distribuido a nivel mundial por la empresa Simonrack.

Se trata de una solución líquida a granel, de color marrón oscuro e inodora, compuesta por cargas orgánicas naturales disueltas en agua. Diseñado como agente de extinción de incendios y prevención, actúa bloqueando el fuego de manera altamente eficaz, con una eficacia de 30-40 veces superior al agua. Lo distintivo es que es un producto 100% ecológico, biodegradable y completamente orgánico, contribuyendo a la conservación del medio ambiente y en línea con las actuales tendencias ambientales como la construcción de buques eléctricos.

Su versatilidad es notable, ya que no solo es efectivo en incendios eléctricos, sino que también puede utilizarse en diversos tipos de incendios, incluyendo los de aceites y combustibles. Esto asegura su utilidad en el combate de diferentes situaciones de incendio, destacando su eficacia generalizada.

7.2.1. Características técnicas.

Este producto se formula como una solución acuosa especializada para abordar específicamente las cargas orgánicas. Su distintivo reside en su condición no tóxica, no bioacumulable y no corrosiva, lo que lo convierte en una opción segura para diversos materiales, desde papel y cartón hasta plásticos y poliuretanos.

Con un enfoque en la extinción de incendios, este producto funciona como una barrera defensiva contra el fuego, siendo idóneo para su implementación en autobombas, motobombas y sistemas industriales de extinción. Su manipulación no requiere precauciones especiales, ya que no es tóxico ni irritante para la piel y los ojos. Además, su carácter biodegradable lo exime de riesgos medioambientales.

En cuanto a su mantenimiento, destaca por una duración de 5 años sin necesidad de revisiones. Se aconseja almacenarlo en envases herméticamente cerrados, y muestra una notable resistencia a temperaturas que oscilan entre -40°C y 75°C , manteniendo su estabilidad. Es importante señalar que no genera corrosión en metales y no demanda precauciones particulares durante su manipulación y almacenamiento.

7.2.2. Ficha de seguridad.

En cuanto a la ficha de seguridad, hemos seleccionado únicamente los puntos más relevantes y a tener en cuenta en relación al mantenimiento, vertido y su protección individual en caso de derrame. A continuación, detallamos que:

En situaciones de emergencia, se deben seguir las siguientes pautas para garantizar la seguridad y bienestar:

No se requieren medidas especiales para los primeros auxilios. En caso de contacto con la piel, el producto no irrita. Si hay contacto con los ojos, enjuague con agua y busque atención médica. Para la ingestión, consulte a un médico si persisten los trastornos. En situaciones de inhalación, proporcione aire fresco y consulte a un médico si hay trastornos. No se han identificado síntomas o efectos significativos; sin embargo, se recomienda un tratamiento sintomático en caso de atención médica.

En cuanto a las medidas contra incendios, el producto no es combustible, lo que permite el uso de diversos agentes extintores. Se deben utilizar equipos de protección según la magnitud del incendio, y se aconseja refrigerar los tanques cercanos al fuego, evitando que los productos usados lleguen a desagües.

En caso de vertido accidental, se aconseja precaución para evitar contacto directo. La limpieza ocular es necesaria en caso de salpicaduras, y se deben consultar las medidas de protección indicadas en las secciones 7 y 8. Para la contención y limpieza del vertido, se recomienda el uso de materiales absorbentes y el almacenamiento en un contenedor cerrado.

Durante la manipulación y almacenamiento, no se requieren medidas especiales, pero se debe cumplir con la legislación de riesgos laborales. El almacenamiento seguro implica mantener el producto en un lugar seco y los envases herméticamente cerrados.

En cuanto a los controles de exposición y la protección individual, no se han identificado sustancias con valores límite relevantes. Para la protección de ojos, se sugiere el uso de gafas de seguridad con protectores laterales, y al manipular el producto, se deben seguir las medidas de seguridad para la piel, evaluando los guantes antes de su uso. No se requiere protección respiratoria ni hay riesgos térmicos. Las operaciones de mezcla deben realizarse en recintos cerrados para evitar vertidos y exposiciones ambientales

7.3. Objetivo del producto.

El objetivo principal del producto es evitar la propagación del fuego, así como su extinción completa, sin que pueda volver a producirse el incendio. Es ahí donde este producto destaca, al aplicar el producto por la cubierta, en los alrededores del mismo, lograríamos que no pudiese propagarse hacia cualquier área.

"Simonrack Ecofire Fighting" es una solución avanzada para combatir incendios, destacando por ser una formulación basada en agua dirigida a enfrentar las cargas orgánicas. Sus características técnicas y ventajas lo convierten en un agente extintor versátil y eficiente.

Este producto destaca tanto en sus aplicaciones, como en sus ventajas y sobre todo porque se consigue el equilibrio medio ambiental que la OMI quiere conseguir para un transporte marítimo más ecológico y con menor toxicidad.



Ilustración 8. Bloqueo del fuego tras la línea de producto aplicada. Fuente: captura video FEDR - Cortafuegos con ECOFIRE.

7.4. Aplicaciones y método de aplicación a bordo.

ECOFIRE tiene muchas aplicaciones como son las siguientes:

- Vehículos, vehículos agrícolas o vehículos de transporte
- Rastrojos
- Estaciones de prevención de incendios
- Cortafuegos
- Incendios domésticos
- Baterías de litio
- Transporte o lugares de difícil evacuación
- Aislante térmico
- Cámara frigorífica

- Cercado de animales
- Viviendas
- Materiales

Nosotros vamos a centrarnos tanto en vehículos como en baterías de litio, ya que nuestro problema a combatir son los incendios producidos por vehículos eléctricos, debido al sobrecalentamiento de sus baterías formadas de litio.

7.4.1. Método de aplicación a bordo

Utilizaremos el método ECOFIRE INDUSTRY 1000L para combatir incendios eléctricos. Se instalará en un lugar seco, se aplicará mediante una motobomba y se suministrará a través de una manguera en caso de incendio. Este método se recomienda especialmente para fuegos eléctricos.



Ilustración 9. Depósito ECOFIRE 1000 L
Fuente: <https://simonrack.com/home/ecofire#ficha>

Se trata de un equipo autónomo de extinción, el cual solo necesitaría la colocación de una motobomba al depósito, por lo tanto, no conlleva una sobrecarga económica ni reestructuración de cubiertas. Seleccionar una área específica en una cubierta para almacenar exclusivamente vehículos de una categoría determinada y establecer una subcentral de seguridad en ese lugar. Esta subcentral incluiría todos los equipos de protección necesarios, así como el sistema de extinción de incendios, como el depósito de ECOFIRE.

Es esencial tener en mente que, con 1 litro del producto, podemos cubrir alrededor de 10 metros cuadrados. Así que, con un depósito de 1000 litros, podríamos extinguir un área de aproximadamente 10,000 metros cuadrados. Ahora, vamos a profundizar más y realizar una

breve demostración sobre cómo aplicar este método de extinción en un buque específico, teniendo en cuenta los datos proporcionados por el fabricante.

CARACTERÍSTICA	METROS
Eslora	174 m
Manga	27 m
Puntal	25 m

Tabla 3. Característica de un buque. Fuente: Elaboración propia.

CUBIERTA CARGA	METROS LINEALES
Cubierta 1	185
Cubierta 3	890
Cubierta 5 y cardeck	905

Tabla 4. Capacidad cubiertas de carga. Fuente: Elaboración propia.

En total, la longitud disponible es de 1980 metros lineales, que se traducen en una superficie de 2,972 metros cuadrados. Si consideramos que solo vehículos grandes de 14 metros cuadrados pueden ser acomodados, la capacidad de carga del buque sería de aproximadamente 210 vehículos. Utilizando únicamente el 30% del depósito de ECOFIRE INDUSTRY 1000L, que tiene la capacidad de apagar alrededor de 700 vehículos, sería suficiente para cubrir toda la superficie de carga del buque.

Considerando el costo del depósito, que asciende a 7,043.47€, además del costo de la motobomba y su instalación, se concluye que la implementación de este sistema no implica un costo económico prohibitivo. Esto permitiría a las empresas navieras transportar vehículos de manera segura, sin comprometer la seguridad ni el medio ambiente. En este análisis, se destaca la viabilidad económica de adoptar medidas de seguridad contra incendios en el transporte marítimo de vehículos.

7.4. Comparativa con otros agentes extintores.

En comparación con un extintor, el producto ECOFIRE presenta características distintivas. En primer lugar, se destaca que no se trata de un producto químico, a diferencia

de los extintores convencionales. Además, en este caso, no estamos hablando de recipientes manejables típicos, ya que ECOFIRE utiliza un depósito de 1000 litros.

Otra diferencia fundamental radica en la necesidad de mantenimiento. Mientras que los extintores requieren mantenimiento periódico, que implica la constante verificación de su presión y anillas de seguridad, ECOFIRE no demanda este tipo de intervenciones.

Un aspecto notable es la velocidad de actuación de ECOFIRE, que es considerablemente rápida en comparación con el uso de un extintor convencional.

En resumen, la tabla proporciona una visión clara y concisa de la comparativa entre varios agentes extintores y ECOFIRE, resaltando sus diferencias clave y destacando las ventajas particulares de ECOFIRE en términos de composición, manejo y mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS	ECOFIRE	BOLA DE EXTINCIÓN	EXTINTOR
Producto Químico	NO	SI	SI
Recipiente manejable	SI	SI	NO
Mantenimientos / Timbrado	NO	SI	SI
Uso de gas en aplicación	NO	SI	SI
Reducción temperatura	SI	NO	SI
Explosión propagación	NO	SI	NO
Encapsula	SI	NO	SI
Fácil de usar	SI	SI	NO
Rango de aplicación	ALTO	BAJO	ALTO
Biodegradable	SI	NO	NO
Tiempo actuación	RAPIDO	RAPIDO	LENTO

Tabla 5. Comparativa obtenida del catálogo ECOFIRE. Fuente: <https://simonrack.com/home/ecofire#ficha>

7.5. Ventajas.

ECOFIRE ofrece una solución segura, eficaz y ecológica para combatir incendios

- Seguro: Formulado con productos naturales, reduce riesgos y corta el humo, evitando intoxicaciones.
- Rápido y Eficaz: Entre 6 y 10 veces más rápido que el agua, extingue por completo sin reactivación, fácil de aplicar y no transmite calor.
- Ecológico: 100% natural, biodegradable, seguro para personas, animales y plantas, se limpia fácilmente sin dejar residuos.



Ilustración 10. Demostración del producto. Fuente: Captura video **FEDR - ECOFIRE HOME**

- Prevención: Actúa como barrera preventiva, cortafuegos y aislante térmico, ideal para áreas de evacuación difícil.



Ilustración 11. Demostración agente bloqueante del fuego. Fuente: Captura video **FEDR - Cortafuegos con ECOFIRE**

8. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN FRENTE A INCENDIOS PRODUCIDOS POR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

Formular un protocolo de actuación contra incendios a bordo de un buque frente a un incendio producido por un vehículo eléctrico requiere considerar las particularidades de este escenario. Los vehículos eléctricos cuentan con sistemas de baterías, como ya hemos comentado y desarrollado a lo largo del proyecto, y componentes eléctricos que pueden representar desafíos adicionales.

El objetivo principal de este protocolo es garantizar la seguridad del personal y el buque ante un incendio y cubre todas las áreas del buque y especifica acciones para mitigar incendios de vehículos eléctricos.

Vamos a exponer las partes que componen este protocolo de actuación, mediante el Anexo I. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN CONTRA INCENDIOS A BORDO POR INCENDIO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO, en el cual se puede observar todos los puntos a tener en cuenta. Vamos a desarrollar únicamente los puntos más específicos apartando las generalidades.

En primer lugar, a la llegada de un vehículo eléctrico, el responsable de la carga, en este caso el primer oficial, deberá de ubicar el vehículo en la zona acordada para la estiba de este tipo de carga, así como entregar un documento, el cual llamamos DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD PARA LA SEGURIDAD DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO, al pasajero responsable del vehículo, para que la compañía pueda asegurar que ese vehículo cumple con la seguridad adecuada para su transporte.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD PARA LA SEGURIDAD DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Fecha:

Yo, _____, titular del vehículo eléctrico con las siguientes características:

- **Marca:**
- **Modelo:**
- **Año:**
- **Número de Matrícula:**

Declaro y asumo la plena responsabilidad por la seguridad de mi vehículo eléctrico y me comprometo a seguir las siguientes prácticas recomendadas:

Comprometo a cumplir con las recomendaciones y directrices proporcionadas por el fabricante en el manual del propietario, especialmente en lo referente al mantenimiento y uso seguro del vehículo.

Me comprometo a realizar mantenimientos regulares según las especificaciones del fabricante, incluida la revisión de la batería y otros componentes eléctricos.

Aseguraré el uso de cargadores y cables de carga recomendados por el fabricante.

Evitaré la sobrecarga y desconectaré la carga cuando la batería esté completamente cargada.

Verificaré regularmente que los sistemas de protección contra sobrecalentamiento de la batería estén en funcionamiento.

Entiendo que los vehículos eléctricos están diseñados con altos estándares de seguridad, y asumo la responsabilidad de seguir las pautas proporcionadas por el fabricante para contribuir significativamente a mantener la seguridad del vehículo.

Firma: _____

Nombre completo del propietario: _____

DNI/Identificación: _____

Contacto (teléfono/email): _____

En segundo lugar, el personal deberá de conocer perfectamente la zona de la cubierta en la que irá ubicado y deberá seguir las instrucciones de colocación del vehículo.



Ilustración 12. Zona habilitada y colocación del depósito ECOFIRE. Fuente: Elaboración propia

En este caso, cogiendo como ejemplo el buque con las características expuestas en las tablas 3 y 4

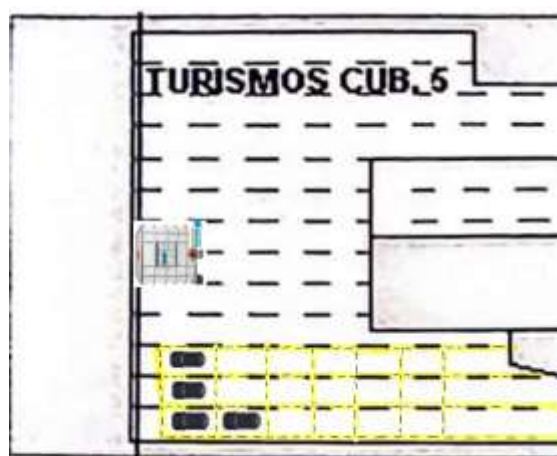


Ilustración 13. Colocación de los vehículos en zona habilitada.

Los vehículos se estibarán respetando 1 m por delante, por detrás y por laterales del vehículo, entre vehículo y vehículo.

Una vez ubicados a bordo, el personal de guardia deberá de realizar las rondas de seguridad verificando con detectores de gases y pistolas termográficas la monitorización constante de temperaturas de los vehículos eléctricos estibados.

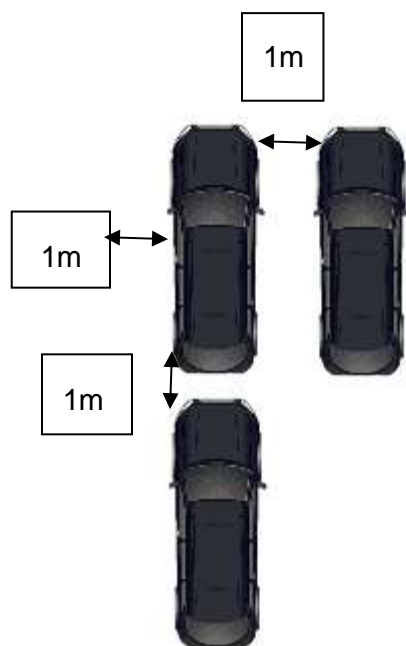


Ilustración 14. Posición de los vehículos eléctricos. Fuente: Elaboración propia.

Además, la compañía implementará un sistema de videovigilancia (CCTV) que supervisará en tiempo real las áreas de carga en las cubiertas del buque. Este sistema permitirá abordar de manera eficiente y segura cualquier incidente que pueda ocurrir a bordo.

La subcentrales de seguridad instaladas a bordo de los buques, además de contener el equipo reglamentario deberá de incluir mantas ignífugas para vehículos eléctricos.



Ilustración 15. Subcentral de seguridad, equipo y señalética. Fuente: elaboración propia

En este tipo de buque en cuestión, existen 3 brigadas de emergencia, capacitadas para poder sofocar incendios a bordo: Brigada de emergencia, Brigada de apoyo y brigada de máquinas.

- **ACTUACIÓN EN CASO DE INCENDIO VEHÍCULO ELÉCTRICO**

La brigada de emergencia acudirá al lugar del incendio, con un VFH portátil y evaluará la situación, además coordinará las actuaciones para conseguir la extinción del fuego.

Acudirá a la subcentral acordada para ellos, se provisionará del equipo y de las mantas, así como alistaré la manguera y arrancará la motobomba conectada al depósito de ECOFIRE.

Los miembros de la brigada verificarán el área alrededor del vehículo primero para prevenir la propagación, ya que nuestro producto actúa como un bloqueo. Luego, comenzarán a barrer desde la parte inferior hacia arriba, de un lado a otro, hasta extinguir el fuego. Las otras brigadas brindarán apoyo enfriando las estructuras cercanas y tendrán suministros adicionales.

Una vez que el incendio esté apagado, se apagará la bomba y se realizará la limpieza del producto.

Como ya hemos añadido en el protocolo, una vez al mes deberá realizarse la formación con la tripulación de este tipo de actuación, incendio producido por vehículo eléctrico, para que el personal sepa realizar la colocación de la manta, así como la familiarización de actuación con el método ECOFIRE.

En resumen, podemos decir que el protocolo se describe tal que así:

1. **Declaración de Responsabilidad para la Seguridad del Vehículo Eléctrico:**

- Antes de abordar el buque, el propietario del vehículo eléctrico debe firmar una declaración asumiendo la responsabilidad por la seguridad del vehículo.

2. **Ubicación y Colocación del Vehículo:**

- El responsable de la carga debe ubicar el vehículo en la zona designada para la estiba de vehículos eléctricos.
- Se sigue un protocolo específico para colocar los vehículos, respetando ciertas distancias entre ellos.

3. **Monitoreo Constante:**

- El personal de guardia realiza rondas de seguridad con detectores de gases y pistolas termográficas para monitorear constantemente las temperaturas de los vehículos estibados.

4. **Videovigilancia (CCTV):**

- Se implementa un sistema de videovigilancia en tiempo real (CCTV) para supervisar las áreas de carga en las cubiertas del buque.

5. Equipamiento y Mantas Ignífugas:

- Las subcentrales de seguridad contienen equipo reglamentario, y se incluyen mantas ignífugas específicas para vehículos eléctricos.

6. Actuación en Caso de Incendio de Vehículo Eléctrico:

- La brigada de emergencia acude al lugar del incendio, evalúa la situación y coordina las acciones para extinguir el fuego.
- Se utiliza un sistema específico que implica el uso del producto ECOFIRE para bloquear y extinguir el fuego de manera efectiva.
- Las otras brigadas brindan apoyo enfriando las estructuras cercanas y proporcionan suministros adicionales.
- Después de apagar el incendio, se realiza la limpieza del producto.

7. Formación Periódica:

- Se establece la necesidad de realizar formación mensual con la tripulación sobre la actuación en caso de incendio producido por un vehículo eléctrico

8. Conclusiones.

En este proyecto hemos tenido en cuenta la idoneidad de los buques para enfrentar incendios en vehículos con baterías de litio, dada la creciente presencia de éstos en el transporte marítimo. Tras el informe anual del 14 de diciembre de 2023 ANFAC que busca superar el millón de unidades vendidas en 2024 en España, enfocándose en avances clave en electrificación para cumplir con objetivos de descarbonización y atraer inversiones, es por ello que la necesidad de introducir un protocolo de actuación con un método de extinción eficaz y sostenible en el transporte marítimo.

Se ha expuesto el protocolo de actuación ante un incendio en un buque, así como los recursos disponibles en el caso de estudio, proponiendo un nuevo método de extinción, incluyendo un producto novedoso y sostenible en los medios de combate ante incendios de este tipo.

La principal conclusión a la que he llegado es, que los sistemas contra incendios actuales no son suficientes ni efectivos para poder combatir este tipo de incendios, que actualmente no parecen importantes pero que con la evolución del parque automovilístico nos veremos obligados a implantar este tipo de medidas. Además, cabe destacar que existen productos, como éste en cuestión, totalmente adaptado a los requisitos medio ambientales, que pueden acabar con este problema de forma económica y rápida, que no conllevan ningún tipo de modificación estructural, ni conversión de sistemas ya instalados a bordo.

Hay que tener en cuenta que la tripulación no está adecuadamente preparada para enfrentar este tipo de fuego, lo cual requiere correcciones mediante regulaciones y formación adecuada.

Una medida perfectamente adaptada es la instalación de un depósito de producto ECOFIRE suministrado a través de una motobomba y una manguera en la zona habilitada para la estiba de éste tipos de vehículos.

Finalmente, se destaca la necesidad de adaptar la normativa existente para cumplir con posibles nuevas exigencias en términos de medios y formación

9. Anexos

01.- Anexo I. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN CONTRA INCENDIOS A BORDO POR INCENDIO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Nombre de la compañía marítima	Fecha de revisión
	Nombre del buque
PROTOCOLO DE ACTUACIÓN CONTRA INCENDIOS A BORDO POR INCENDIO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO	
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Objetivo del Protocolo	
1.2 Alcance	
II. RESPONSABILIDADES	
2.1 Responsabilidades del Personal	
2.2 Equipo de Emergencia	
III. PREVENCIÓN DE INCENDIOS	
3.1 Medidas de Prevención	
3.2 Capacitación del Personal	
IV. DETECCIÓN Y COMUNICACIÓN	
4.1 Sistemas de Detección	
4.2 Procedimientos de Comunicación	
V. EVACUACIÓN	
5.1 Plan de Evacuación	
5.2 Equipamiento de Emergencia	
VI. COMBATE DE INCENDIOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	
6.1 Equipos Específicos	
6.2 Procedimientos de Combate	
VII. SIMULACROS Y ENTRENAMIENTO	
7.1 Simulacros y evaluación	
VIII. DOCUMENTACIÓN Y REGISTRO	
8.1 Reportes de Incidentes	
8.2 Revisión del Protocolo	
IX. CONTACTOS DE EMERGENCIA	
9.1 Lista de Contactos	
X. ANEXOS	
10.1 Plano de Emergencia	
10.2 Instrucciones Específicas	
Este protocolo debe ser comunicado y entrenado regularmente con la tripulación. Al menos uno de los ejercicios semanales deberá de realizarse siguiendo el protocolo descrito.	

10. Bibliografía

- Carles, Solé "Baterías de litio: riesgos y prevención" <https://blog.toyota-forklifts.es/baterias-litio-riesgos-y-prevencion>. (03 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://blog.toyota-forklifts.es/baterias-litio-riesgos-y-prevencion>
- Código SSCI, [https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/marima_mercante/normativa-maritima/codigo/24_ssci_\(01-01-2020\).pdf](https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/marima_mercante/normativa-maritima/codigo/24_ssci_(01-01-2020).pdf). (2018). Obtenido de [https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/marima_mercante/normativa-maritima/codigo/24_ssci_\(01-01-2020\).pdf](https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/marima_mercante/normativa-maritima/codigo/24_ssci_(01-01-2020).pdf)
- <https://anfac.com/actualidad/anfac-preve-un-cierre-de-mercado-con-950-000-unidades-un-17-mas-que-en-2022/>. (s.f.).
- <https://simonrack.com/home/ecofire>. (2018). <https://simonrack.com/home/ecofire>. Obtenido de <https://simonrack.com/home/ecofire>: <https://simonrack.com/home/ecofire>
- <https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-14-6-in-october-battery-electric-14-2-market-share/>. (s.f.).
- <https://www.acea.auto/publication/report-vehicles-in-use-europe-2023/>. (s.f.).
- https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-publicaciones/publicaciones-descargables/proteccion-civil/Manual_de_primera_intervencion_frente_al_fuego_126131093.pdf. (s.f.).
- OMI. (2018). *Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas. IMDG*. LONDRES.
- OMI. (2020). *Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar. SOLAS*. LONDRES.
- PowerArt Guille García Alfonsín, *Anatomía de un coche eléctrico [TÉCNICA - #POWERART] S05-E31*, <https://www.youtube.com/watch?v=Lqshkt4zV-o&t=528s>. (3 de 01 de 2020). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=Lqshkt4zV-o&t=528s>

Permiso de divulgación del Trabajo Fin de Máster

El alumno **Inmaculada Crespo González-Tánago**, autor del trabajo final de Máster titulado “**Desarrollo de un Protocolo Integral para la Gestión y Extinción de Incendios en Vehículos Eléctricos a Bordo de Buques: Aplicación de ECOFIRE**”, y tutorizado por el/los profesor/es **José Agustín González Almeida**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFM), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Ingeniería Civil , Náutica y Marítima, de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.

Nota: Este documento será obligatorio presentarlo como última hoja del documento final del TFM.