# Normas de Inflamabilidad

## UL · Tests de Fuego

Underwriters Laboratories es una organización independiente que proporciona tests y pruebas de seguridad de productos y su certificación. Sus procedimientos **UL94** de prueba y el sistema de calificación para determinar la inflamabilidad de termoplásticos y siliconas son el estándar generalmente aceptado en casi todo el mundo.

### UL 94 Clasificación V0 · V1 y V2

Esta prueba mide el tiempo de quema de una muestra del polímero fijada verticalmente (el espesor se especifica en el test) después de que se haya puesto en contacto con la llama de un quemador Bunsen durante 10 segundos. Las pruebas V0, V1 y V2 determinan el grado de auto-extinción de un polímero.

Según UL 94 (Quema Vertical) **Clasificación V0**: El fuego se extingue en 10 segundos sin goteo.
Según UL 94 (Quema Vertical) **Clasificación V1**: El fuego se extingue en 30 segundos sin goteo.
Según UL 94 (Quema Vertical) **Clasificación V2**: El fuego se extingue en 30 segundos con goteo.

Se puede observar la importancia de usar material certificado bajo **UL 94 grado V0**, debido al elevado nivel de seguridad que ofrece al poseer las mejores propiedades de autoextinguibilidad y por ende la no propagación del fuego, dando lugar a una mejor

performance ante la aparición de llama en la instalación y minimizando los riesgos de incendio.

### UL 94 HB

Esta prueba mide el tiempo de quema de una muestra de plástico fijada horizontalmente (el espesor se
especifica en el test) después de que se haya puesto en contacto con la llama de un quemador Bunsen durante 30 segundos. Según el **UL 94 HB** (Quema Horizontal) el material se clasifica HB cuando una muestra de un espesor de 3 mm se quema a una velocidad máxima de 76 mm /minuto.

### UL VW-1

El propósito de la **UL VW-1 Vertical Wire Flame Test**, es calificar la inflamabilidad de cables y mangueras.

En el test **UL VW-1**, un quemador Tirrill (similar a un mechero Bunsen) se utiliza como la fuente de ignición (la fuente de ignición es pequeña (menos de 1 KW), y se aplica sólo durante 75 segundos). La muestra se le aplica llama durante 15 segundos y luego se retira. La llama se vuelve a aplicar a continuación, ya sea después de 15 segundos o cuando la muestra se extingue (el que sea mayor), para un total de cinco aplicaciones de 15 segundos. Después de que el procedimiento anterior se ha completado, una muestra que pasa esta prueba no debe arder durante más de un minuto.

## UNE-EN 45545-2:2013

Aplicaciones ferroviarias. Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. Parte 2: Requisitos para el comportamiento frente al fuego de los materiales y componentes.

La reciente publicación, en marzo de 2013, de la norma **EN 45545** ha supuesto un antes y un después en la regulación del comportamiento al fuego de los materiales, barreras contra el fuego, equipamiento eléctrico e instalaciones, destinados al sector ferroviario en Europa ya que toda norma nacional que pueda entrar en conflicto con ella deberá ser anulada antes de marzo de 2016.

Mientras que países como Alemania, Francia, Reino Unido, Polonia, Italia y Escandinavia disponían de una normativa nacional propia, otros países adoptaban sus normas. El caso de España era un caso singular ya que disponía de una directriz técnica, RenfeDT-PCI/5A, que regía el comportamiento al fuego de los materiales, mientras que adoptaba la normativa francesa, NF F 16101 en lo relativo a la densidad de humos y toxicidad de gases de combustión emitidos.
Esta norma ha sustituido a la especificación técnica CEN TS 45545 publicada en 2009 y que, debido a su status de especificación técnica, no era de obligado cumplimiento en los estados de la UE y, por lo tanto, coexistía con las normas nacionales vigentes (Figura 1).

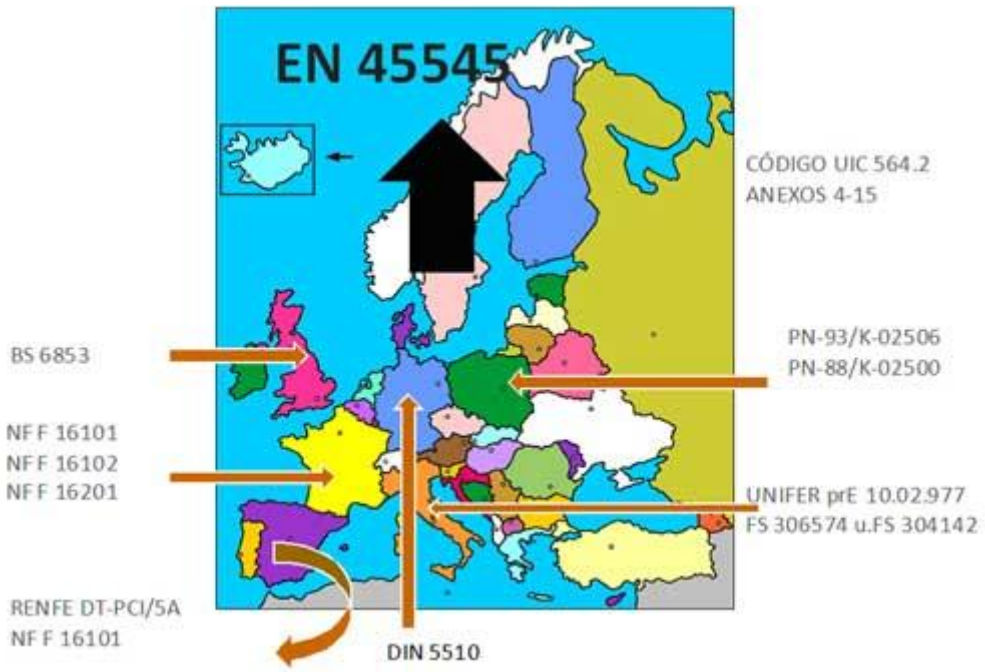


*Figura 1: Marco normativo previo a la entrada en vigor de la norma EN 45545.*

Los objetivos de la norma son los de disminuir el riesgo de generación de un incendio, controlar la velocidad y la extinción del mismo, así como minimizar el daño que los productos generados durante el incendio (calor, humo y gases tóxicos) provoquen sobre los pasajeros y la tripulación.

Esta parte de la Norma **EN 45545** especifica los requisitos de comportamiento frente al fuego de los materiales y productos utilizados en los vehículos ferroviarios definidos en la Norma EN 45545-1.
Las categorías de explotación y diseño definidas en la Norma **EN 45545-1** se utilizan para establecer los niveles de peligro que se utilizan como base de un sistema de clasificación.
Esta parte especifica, para cada nivel de peligro, los métodos de ensayo, las condiciones de ensayo y los requisitos de comportamiento frente al fuego.
No es parte del campo de aplicación de esta norma europea el describir medidas que garanticen la protección de los vehículos en caso de incendio.

La norma consta de 7 partes abarcando diferentes aspectos que van desde el diseño, fabricación y montaje del vehículo ferroviario hasta su etapa de operación y uso. Las partes son las siguientes:

a) Parte 1: General.
b) Parte 2: Requerimientos de comportamiento al fuego de materiales y componentes (reacción al fuego).
c) Parte 3: Requerimientos de resistencia al fuego para barreras al fuego (resistencia al fuego).
d) Parte 4: Requerimientos de seguridad frente al fuego en el diseño de vehículos ferroviarios.
e) Parte 5: Requerimientos de seguridad frente al fuego del equipamiento eléctrico.
f) Parte 6: Control del fuego y sistemas de gestión.

g) Parte 7: Requerimientos de seguridad frente al fuego para instalaciones de líquidos y gases inflamables.

En el presente artículo se va a realizar un análisis de las partes 1 y 2 de la citada norma.

Inicialmente la norma **EN 45545**, en su Parte 1, define 4 categorías operacionales dependiendo de los trayectos para los que está diseñado y equipado el vehículo (trayecto bajo tierra, estructuras elevadas, túneles, trayectos diáfanos, etc), la facilidad de evacuación lateral y la accesibilidad a zonas o estaciones de seguridad definitiva.

**Categoría operacional 1**
Vehículos en operación en infraestructura (túnel o estructuras elevadas <1 kilometro de longitud), cuando los vehículos ferroviarios se pueden detener con el mínimo retraso, y donde siempre se puede llegar de inmediato a una zona segura.

**Categoría operacional 2**
Vehículos para operación en tramos subterráneos,túneles y/o estructuras elevadas (<5 km de longitud), CON evacuación lateral disponible y donde hay estaciones o estaciones de rescate que
ofrecer un lugar de seguridad para los pasajeros, puede llegar en un corto tiempo de 4 minutos de funcionamiento (min velocidad 80 kmh).

**Categoría operacional 3**
Vehículos para operación en tramos subterráneos,túneles y/o estructuras elevadas (>5 km de longitud), CON evacuación lateral disponible y donde hay estaciones o estaciones de rescate que
ofrecer un lugar de seguridad para los pasajeros, puede llegar en un corto tiempo de 15 minutos de funcionamiento (min velocidad 80 kmh).

**Categoría operacional 4**
Vehículos para operación en tramos subterráneos,túneles y/o estructuras elevadas (<5 km de longitud), SIN evacuación lateral disponible y donde hay estaciones o estaciones de rescate que
ofrecer un lugar de seguridad para los pasajeros, puede llegar en un corto tiempo de 4 minutos de funcionamiento (min velocidad 80 kmh).

Por otra parte la norma **EN 45545-1** también define 4 categorías de diseño de vehículo ferroviario:
**A)** vehículo que forma parte de un tren automático que no dispone de tripulación de emergencia entrenada a bordo.
**D)** vehículo de doble cubierta.
**S)** coche cama y de descanso de doble o simple cubierta.
**N)** resto de vehículos (vehículo estándar).

A partir de las categorías operacionales y de las de diseño se genera la matriz de nivel de riesgo (Tabla 1) que aparece en la **EN 45545 Parte 2**. Dicha matriz define tres niveles de riesgo siendo el más exigente el HL3. Así, por ejemplo, un vehículo ferroviario destinado a un tranvía entrará dentro del nivel de riesgo HL1, mientras que otro destinado a un metro entrará dentro del nivel de riesgo HL3.

| CATEGORÍA DE DISEÑO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CATEGORÍA OPERACIONAL | N: VEHÍCULO ESTÁNDAR | A: VEHÍCULO AUTOMÁTICO SIN TRIPULACIÓN DE EMERGENCIA ENTRENADA A BORDO | D: VEHÍCULO CON DOBLE CUBIERTA | S: COCHE CAMA Y DE DESCANSO DE SIMPLE O DOBLE CUBIERTA |
| 1 | HL1 | HL1 | HL1 | HL2 |
| 2 | HL2 | HL2 | HL2 | HL2 |
| 3 | HL2 | HL2 | HL2 | HL3 |
| 4 | HL3 | HL3 | HL3 | HL3 |

*Tabla 1: Matriz del nivel de riesgo.*

Por otra parte, la norma EN 45545-2 'despieza' completamente un vehículo ferroviario y distingue entre productos listados y no listados de forma que todo producto colocado en un vehículo ferroviario deberá estar incluido dentro de una de estas categorías y sub-categorías:

a) Productos listados: categorías IN1-IN16 para productos ubicados en el interior, EX1-EX12 para ubicación exterior, F1-F5 para mobiliario, EL1-EL10 para equipos eléctricos y M1-M3 para equipamiento mecánico.

b) Productos no listados: productos que no entran en la categoría de listados y con posible ubicación interior o exterior.

Dependiendo del tipo de producto a clasificar y su ubicación en el vehículo ferroviario, la EN 45545-2 especifica 26 requisitos a satisfacer. Cada uno de estos requisitos determina: ensayos a realizar, parámetros a evaluar y valores a cumplir dependiendo de los niveles de riesgo HL1, HL2 y HL3 (función del diseño del vehículo y la categoría operacional). La Tabla 2 recoge los distintos ensayos a realizar dependiendo del requisito precisado.

| Ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ISO 5658-2 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | | | ■ | ■ | | | | | ■ | | | | | |
| ISO 5659-2 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ |
| ISO 5660-1 | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | ■ | | ■ | ■ | ■ | |
| EN ISO 9239-1 | | | | | | | | ■ | | ■ | | | | | | | | | | | | |
| EN ISO 11925-2 | * | * | * | ■ | ■ | | | | | | * | * | | | | | * | | | | | |
| ISO/TR 9705 | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | |
| EN ISO 4589-2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| EN 13501-1, A1 | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | |
| ISO 2592, ISO 2719 | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | |
| EN 60332 | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| EN 50305 | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| EN 61034-2 | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| NF X 70100-1/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| EN ISO 12952 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | |
| EN 60695-2-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EN 60695-11-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Tabla 2: Tabla resumen de los ensayos a realizar.*

A modo de ejemplo, una pieza fabricada en material plástico o ‘composite’ y destinada a revestimiento interior de paredes en un vagón de metro, se considera que:

a) es un producto listado de la categoría IN1 (interior) y por tanto debe cumplir con el requisito R1.

b) al tratarse de un vagón de metro éste entra en la categoría operacional 4 y se puede considerar una categoría de diseño A (vehículo que forma parte de un tren automático sin tripulación entrenada para emergencias a bordo). Por tanto, a partir de la matriz de riesgo (Tabla 1), le corresponde el nivel de riesgo HL3.

c) la siguiente tabla muestra los ensayos a realizar, los parámetros a cuantificar y los valores máximos o mínimos requeridos para un producto que debe cumplir con el Requisito 1 (R1).

R1

| Requirement set (relevant product no.) | Test method reference | Parameter and unit | Maximum or Minimum | HL1 | HL2 | HL3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R1 (IN1A; IN1B; IN1D; IN1E; IN4; IN5; IN6A; IN7; IN8; IN9B; IN11; IN12A; IN12B; IN14; F5) | T02 ISO 5658-2 | *CFE* kWm$^{-2}$ | Minimum | 20 [a] | 20 [a] | 20 [a] |
| | T03.01 ISO 5660-1: 50 kWm$^{-2}$ | *MARHE* kWm$^{-2}$ | Maximum | [a] - | 90 | 60 |
| | T10.01 EN ISO 5659-2: 50 kWm$^{-2}$ | $D_s(4)$ dimensionless | Maximum | 600 | 300 | 150 |
| | T10.02 EN ISO 5659-2: 50 kWm$^{-2}$ | $VOF_4$ min | Maximum | 1 200 | 600 | 300 |
| | T11.01 EN ISO 5659-2: 50 kWm$^{-2}$ | $CIT_G$ dimensionless | Maximum | 1,2 | 0,9 | 0,75 |

*Tabla 3: Parámetros a cumplir para productos sujetos al Requisito 1 (R1).*

La norma En 45545-2 recoge tablas similares para cada uno de los 26 Requisitos establecidos.

## UNE 23727:1990

La normativa española **UNE 23727:1990** establece el ensayo normalizado de comportamiento al fuego de materiales de construcción, como toldos y carpas, moquetas, planchas, perfiles y pavimentos de caucho sintético, etc.

Los ensayos de reacción al fuego tienen como objetivo evaluar la contribución que puede tener un material en el inicio, desarrollo y propagación de un incendio.

Los tipos de comportamiento se clasifican según la siguiente escala:

M0: No combustible. Totalmente ignífugo – cero llama (puede haber combustión sin llama)
M1: Combustible. Ignífugo, no inflamable – 5 segundos de llama solamente en el ensayo
M2: Combustible. Ignífugo, dificilmente inflamable, auto-extinguible (Gases No tóxicos)
M3: Combustible. Moderadamente inflamable (Gases tóxicos)
M4: Muy combustible e inflamable

## NF F 16-101:1988 · NF F 16-102:1992

En Europa, EE.UU. y otros países, existen muchas normas y método de ensayo de pruebas de fuego para componentes de ferrocarril debido a los diferentes antecedentes en la historia y a la experiencia en las pruebas de fuego.
El propósito de la normativa francesa **NF F 16-101/102** es establecer criterios relativos a la elección de los materiales de acuerdo a su comportamiento frente al fuego con respecto a su reacción, la opacidad del humo y la toxicidad de los gases emitidos.
**NF F 16-101** es aplicable a todos los materiales no metálicos, con la excepción de la pintura, donde forman parte de los vagones de pasajeros, cabinas, furgones, vagones de observación y sus remolques, así como las cabinas de los maquinistas. Para equipos eléctricos se complementa con la **NF F 16-102**.

**Clasificación M de Reacción al fuego**
NF P 92-501: Materiales de construcción – Reacción a las pruebas de fuego, prueba de radiación que se utiliza para material rígido o materiales flexibles en espesor de más de 5mm.
NF P 92-503: Prueba de la hornilla eléctrica utilizada para materiales flexibles, espesor de no más de 5mm.
NF P 92-504: Velocidad de propagación de la prueba de llama utilizado para los materiales los cuales no están destinados a ser pegados sobre un sustrato rígido.
NF P 92-505: Prueba de goteo con radiador eléctrico, utilizado para materiales de fusión.
Los resultados combinados de estas dos pruebas conducen a una clasificación en cinco clases M0 a M4. (M0, M1, M2, M3, M4).

**Clasificación I de Indice de Oxígeno**
Determinación del índice de oxígeno (0.i), de acuerdo con los requisitos de la norma EN ISO 4589-2
Prueba del hilo incandescente, de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 60695-2-11
Los resultados combinados de estas dos pruebas conducen a una clasificación en cinco clases I0 a I4 (I0, I1, I2, I3, I4).

**Clasificación F de Densidad de Humo y Toxicidad**
NF X 10-702 – Prueba de fuego métodos de emisión de humo de la prueba de medición

de la densidad óptica específica del humo por la combustión o la pirólisis de materiales sólidos.
NF X 70-100 – Pruebas de comportamiento de fuego – Análisis de pirólisis y combustión de gases.
Los resultados combinados de estas dos pruebas conducen a una clasificación en cinco clases de F0 a F5 (F0, F1, F2, F3, F4, F5).

**NF F 16-101:1988 / NF F 16-102:1992 las principales preocupaciones:**
Clasificación M: M0-M4 (los resultados combinados de NFP 92-501, NFP 92-503, NFP 92-504, NFP 92-505 conducen a la clasificación)
Clasificación I: I0-I4 (los resultados combinados de la norma EN ISO 4589-2, EN60695-2-11 conducen a la clasificación)
Clasificación F: F0-F5 (los resultados combinados de NFX 70-100, NFX 10-702 conducen a la clasificación)

**Aplicación NF F 16-101:1988 / NF F 16-102:1992 Materiales de ensayo de fuego:**
Productos de caucho, juntas de goma, techos, paredes y cubiertas, textiles, telas sin tejer, cortinas, carcasas y rellenos de asientos, pavimentos de suelo, materiales esponjosos, espumas de melamina, pinturas, adhesivos, pigmentos, barniz, mangueras, tubos de refrigeración y calefacción, conectores y otros materiales.

La **NF F 16-101** es efectiva desde el 1976 y su logro demuestra claramente una disminución de incendios en los ferrocarriles.

## DIN 5510-2

**Clases S1-S5; SR1-SR2; ST1-ST2**

Esta norma se aplica a los vehículos ferroviarios en el ámbito de la Construcción de Ferrocarriles en Alemania y la Ordenanza de funcionamiento (EBO) , la construcción de ferrocarriles de vía estrecha (ESBO), del tren de levitación magnética (MbBO) y la construcción y el Ordenanza de funcionamiento de Tranvías (BOStrab).

El propósito de la norma es establecer clasificaciones para el comportamiento del fuego y los efectos secundarios de la combustión de los materiales y componentes utilizados en la construcción de estos vehículos. También se deben especificar los procedimientos de prueba necesarios para ello, los requisitos en cuanto al comportamiento del fuego y los efectos secundarios de la combustión, y los requisitos relacionados con la prevención de incendios.

El objetivo de la prueba según **DIN 5510-2:2009-05**, en combinación con DIN 53438 (S1) y DIN 54837, es para determinar el comportamiento al fuego de los materiales utilizados en los vehículos ferroviarios cuando se expone a la llama de un quemador de gas.
Los resultados se utilizan para la clasificación tanto de la inflamabilidad, generación de humos y propiedades de goteo.
El procedimiento de ensayo se describe en la norma DIN 53438 y/o DIN 54837 mientras la DIN 5510-2 detalla los requisitos, procedimientos de pruebas y clasificaciones.

**Clasificación de Combustibilidad**
Para la clasificación de combustibilidad hay cinco categorías definidas a partir de S1 (sólo pequeños artículos) y S2 a S5 (todos los materiales y componentes) y desde SF1 a SF3 los pavimentos y revestimientos de suelos.

La categoría S1 está determinada por la norma DIN 53438 (parte 1-3) “Pruebas de materiales combustibles; reacción a la llama de un mechero, acción de la punta de la llama y la superficie”.
La categoría de combustibilidad desde S2 a S5 se obtiene usando la DIN 54837 “prueba del quemador de gas”. Por esta prueba de generación de humo y por el goteo se evaluarán también.

Las categorías SF1 a SF3 para revestimientos de suelos se obtienen utilizando la prueba DIN 4102 con la evaluación de la “intensidad de la radiación crítica” y la emisión de humo.

Hay dos categorías de “desarrollo de humo”: SR1 y SR2 mediante la evaluación de la integral de atenuación de la luz.

Para la categoría de “goteo” sólo hay dos niveles: ST1 y ST2

## BS 476 · Test de Fuego

The **British Standards Institution (BSI)** es el Consejo Nacional del Reino Unido que proporciona la organización, instalaciones y la estructura para la preparación de las normas nacionales. Destacamos la normativa **BS 476** que establece tests de ensayo de propagación de fuego de materiales de construcción y estructuras, como tejidos industriales para la soldadura, pantallas corta-fuegos, mantas ignífugas, etc.

### BS 476 Parte 6 · Propagación de fuego.
Esta prueba mide la tasa de liberación de calor durante la combustión. La liberación de calor durante la combustión afectará el aumento de la temperatura del material circundante sin quemar y posterior tasa de propagación del fuego.
La muestra se monta y se somete a 14 llamas de chorro de gas a intervalos en toda la anchura de la muestra. Dos calentadores eléctricos generan una temperatura de fondo. El aumento de temperatura se mide utilizando termopares y se compara con el aumento obtenido con una muestra de placa estándar de fibrocemento. La Clase 0 es el mejor resultado de los tests.

### BS 476 Parte 7 · Propagación superficial de la llama.
Esta prueba muestra cómo la propagación de la llama sobre la superficie de un material da una indicación en cuanto a su capacidad para extender el fuego.
La muestra se monta en un soporte refrigerado por agua y expuesta al panel radiante durante 10 minutos con una llama piloto aplicado por el primer minuto de la prueba. La progresión de la parte anterior de la llama se mide después de 1:30 minutos y al final

de la prueba.
Los grados del test van desde 1 (mejor) hasta 4 (el peor).

Para lograr la Clase 1 **BS 476 parte 7** de clasificación, la propagación de la llama no debe ser superior a 165 mm en 10 minutos.