

# Las Euroclases: Clasificación de la reacción al fuego de mezclas bituminosas

**Marisol Barral; Ramón Romera;** Grupo Campezo S.L.

**Carmelo Lorenzo;** Oscal S.L.U.

**Pablo Garmendia; Izaskun Martínez;** Fundación CIDEMCO.

**M<sup>a</sup> Eugenia Muñoz; Antxon Santamaría;** Instituto Universitario POLYMAT (UPV/EHU).

Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta, en lo que se refiere a la seguridad en túneles, es el de su comportamiento frente a los incendios originados en su interior. Las características especiales de este tipo de infraestructuras hacen que los accidentes con fuego sean una de las principales causas de grandes catástrofes.

De acuerdo con la directiva europea de productos de construcción (DPC 89/106/CEE) las mezclas bituminosas deben tener marcado CE de acuerdo a las normas EN13108 y de acuerdo con éstas el comportamiento de reacción al fuego se clasifica en base a la norma EN 13501-1:2007. El objetivo de esta norma es definir un procedimiento armonizado europeo que permita la clasificación de los productos de construcción, en cuanto a su reacción al fuego, basado en EUROCLASES en función de sus

condiciones finales de uso. De acuerdo con esta norma se establecen las siguientes categorías:

- \* Productos de construcción: revestimientos para paredes o techos.
- \* Revestimientos para suelos.
- \* Productos aislantes térmicos para tubos lineales.

Puesto que los pavimentos asfálticos son materiales que se aplican en forma de revestimiento de suelos nos centraremos exclusivamente en el sistema de clasificación de materiales correspondiente a la segunda de las categorías.

Las clases definidas por la citada Norma son: A<sub>fl</sub>, A<sub>2fl</sub>, B<sub>fl</sub>, C<sub>fl</sub>, D<sub>fl</sub>, E<sub>fl</sub>, F<sub>fl</sub>, y tal y como se observa en la **Tabla 1** el grado de exigencia de los ensayos aumenta en función de la clasificación que se asigna al revestimiento, hasta alcanzar la clasificación mas exigente, A<sub>fl</sub> correspondiente al material totalmente incombustible.

## Descripción de ensayos

### Ensayo de no combustibilidad (EN ISO 1182:2002)

La combustibilidad de un material es la capacidad de este para mantener o no un proceso de combustión en determinadas condiciones. El ensayo ha sido desarrollado para

Clase	Método(s) de ensayo	Clasificación adicional Producción de humo
A <sub>1fl</sub>	Ensayo de no combustibilidad (EN ISO 1182)	
	Bomba calorimétrica (EN ISO 1716)	
A <sub>2fl</sub>	Ensayo de no combustibilidad (EN ISO 1182)	
	Bomba calorimétrica (EN ISO 1716)	
B <sub>fl</sub>	Panel radiante (EN ISO 9239-1)	s1= humo<750% min s2= no s1
	Panel radiante (EN ISO 9239-1)	s1= humo<750% min s2= no s1
C <sub>fl</sub>	Ensayo de inflamabilidad (EN ISO 11925-2)	
	Panel radiante (EN ISO 9239-1)	s1= humo<750% min s2= no s1
D <sub>fl</sub>	Ensayo de inflamabilidad (EN ISO 11925-2)	
	Panel radiante (EN ISO 9239-1)	s1= humo<750% min s2= no s1
E <sub>fl</sub>	Ensayo de inflamabilidad (EN ISO 11925-2)	
F <sub>fl</sub>	Ningún comportamiento determinado	

**Tabla 1.- Criterios de clasificación definidos en la norma EN 13501-1 para revestimientos de suelos.**



**Figura 1.- (izda) Horno de no combustibilidad (dcha) Dispositivo de ensayo**

materiales que, pese a no ser completamente inertes, producen sólo una cantidad muy pequeña de calor y llamas al estar expuestos a temperaturas de aproximadamente 750°C.

Las muestras a ensayar, acondicionadas de acuerdo con la Norma EN 13238, son introducidas en un horno que contiene un tubo refractario rodeado por una resistencia calentadora arrollada y dotado de un estabilizador de circulación de aire.

Los parámetros del ensayo son:

a) Pérdida de masa ( $\Delta m$ ). Expresa la pérdida de masa sufrida por la probeta tras ser sometida al ensayo. La norma establece que  $\Delta m \leq 50\%$ .

b) Inflamación. Indica el tiempo de duración de llamas persistentes, expresada en segundos. Se consideran llamas persistentes aquellas cuya duración sea igual o mayor a 5 segundos en cualquier parte visible de la muestra. La norma establece  $\tau_f = 0$ , es decir sin producción sostenida de llamas.

c) Elevación de la temperatura  $\Delta T = T_{\text{media}} - T_f$  en °C.

Para el cálculo de  $\Delta T$  se tendrán en cuenta las siguientes temperaturas (Fig. 1):

-  $T_i$  (Temperatura inicial): Temperatura media durante los 10 minutos finales del periodo de estabilización de la temperatura del horno.

-  $T_m$  (Temperatura máxima): Valor discreto de la temperatura máxima en cualquier punto durante todo el periodo de ensayo.

-  $T_f$  (Temperatura final): Temperatura media durante el último minuto del periodo de ensayo.

### Ensayo de bomba calorimétrica: Determinación del calor de combustión (EN ISO 1716:2002)

El ensayo consiste en determinar el calor de combustión de una muestra de masa conocida (1,5gr como máximo) bajo condiciones

normalizadas, en atmósfera de oxígeno. La bomba calorimétrica se rodea de una camisa de agua que absorberá el calor liberado por la muestra durante la combustión. Esta a su vez estará rodeada de una camisa adiabática, para evitar fugas de calor. La calibración del calorímetro se realiza determinando el calor de combustión de una sustancia de referencia (ácido benzoico).

El ensayo permite determinar el poder calorífico superior (PCS) de la muestra a volumen constante resolviendo la siguiente ecuación:

$$PCS = [E(T_m - T_i + C) - B] / M$$

Donde:

**PCS** Poder calorífico superior expresado en MJ/kg. Energía térmica producida por combustión de unidad de masa de una sustancia dada.

**E** Equivalente de agua del calorímetro, la bomba, sus accesorios y el agua introducida en la bomba, expresada en MJ/K.

**$T_m$**  Temperatura máxima en °K.

**$T_i$**  Temperatura inicial en °K.

**C** Corrección de temperatura expresada en °K debida al intercambio de calor con el exterior (cero si el depósito aislado es adiabático).

**B** Corrección expresada en MJ debido a los combustibles usados durante el ensayo.

**M** Masa de la probeta en Kg.

La Norma establece los siguientes valores.

\*  $PCS \leq 2.0$  MJ/Kg para la euroclase A1<sub>fl</sub> y  $PCS \leq 3.0$  MJ/Kg para A2<sub>fl</sub>

a) Para productos homogéneos y componentes sustanciales de productos heterogéneos

b) Para cualquier componente externo no sustancial de productos heterogéneos.

c) Para el producto como un todo

\*  $PCS \leq 1,4$  MJ/m<sup>2</sup> Para cualquier componente interno no sustancial de productos heterogéneos

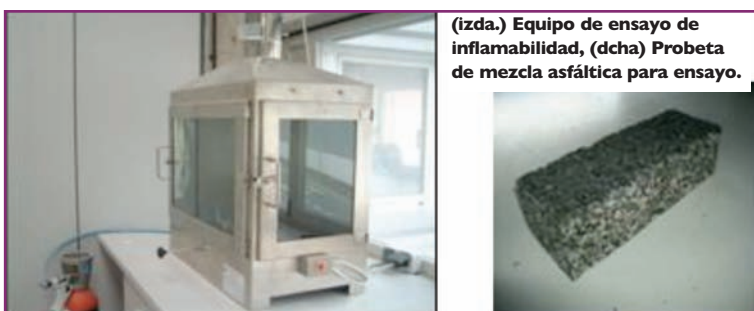


**Dispositivo de ensayo de bomba calorimétrica**

## Ensayo de Inflamabilidad (UNE EN ISO 11925-2:2002)

El ensayo consiste en someter al material a una pequeña llama cuya altura y caudal de gas será controlada, observando la respuesta del material ante una fuente de ignición de pequeña escala. Los parámetros a evaluar son la propagación de la llama y la inflamación superficial, cuando la llama se enfrenta sobre la superficie del material de dimensiones determinadas y colocada de manera vertical.

La Norma establece en su parte 2 "Ensayo con una fuente de llama única" para un tiempo de exposición de 15 s, valores de  $F_s \leq 150\text{mm}$  dentro de 20 s.



## Ensayo de Panel Radiante (EN ISO 9239-1)

El ensayo consiste en aplicar un flujo radiante que simula el efecto de los niveles de flujo de calor sobre un revestimiento para suelos, expuesto al calentamiento por llama, gases calientes o ambos. Después de la ignición se registra el avance del frente de llama sobre la muestra en términos de tiempo de propagación. Si se requiere, es posible seguir el desarrollo del humo durante el ensayo. Los parámetros más importantes del ensayo son: distancia de propagación de la llama y flujo de calentamiento crítico en la extinción de la llama. El flujo crítico se define como el flujo radiante para el cual se apaga la llama o el flujo radiante después de un periodo de ensayo de 30 minutos o este valor es inferior (es decir, el flujo correspondiente a la máxima propagación de la llama).

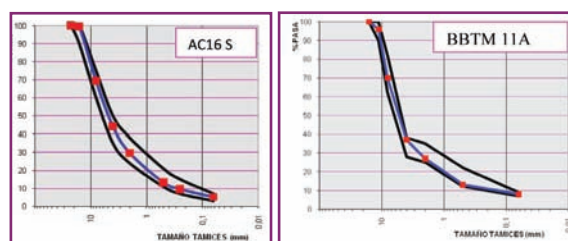
La Norma establece flujo crítico  $\geq 8,0 \text{ KW/m}^2$ .



(izda) Dispositivo de panel radiante. (dcha) Muestra de una mezcla bituminosa preparada para el ensayo.

## Mezclas bituminosas estudiadas

Se analiza la reacción al fuego de dos mezclas bituminosas, identificadas como AC16surf 35/50 S y BBTM 11A 45/80-65. Ambas han sido elaboradas con áridos de naturaleza ofítica (con marcado CE), siendo el ligante bituminoso un betún de penetración 35/50 con un contenido de betún sobre mezcla de 5,7 en la primera de las mezclas. Para la segunda mezcla se ha utilizado un betún modificado con polímero tipo BM-3c y un contenido de betún sobre mezcla de 4,8. Ambas mezclas cumplen las especificaciones establecidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carretera y puentes (PG-3). La Figura presenta las curvas granulométricas de ambas mezclas.



Ambas mezclas, así como sus componentes, han sido sometidas a distintos ensayos, a fin de estudiar su reacción al fuego y poder establecer de esta forma su calificación dentro de las Euroclases.

Los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

a) En el ensayo de panel radiante el flujo de calor crítico para ambas mezclas es  $11 \text{ kW/m}^2$  por tanto superior a  $8 \text{ kW/m}^2$  como establece la norma.

b) Los ensayos de inflamabilidad ponen de manifiesto que no se dan fenómenos de propagación de llama, cumpliéndose por tanto el criterio de  $F_s \leq 150\text{mm}$  en 20 segundos, como establece la norma.

c) Los humos generados por ambas mezclas bituminosas tienen valores menores al 75% marcado por la norma.

De acuerdo con la norma UNE EN 13501-1, estos resultados permitirían clasificar estas mezclas como clase  $B_{fl-s1}$ . No obstante se ha tratado de dilucidar si cumple los requisitos para ser clasificada como  $A2_{fl}$ . De acuerdo con la citada norma la clasificación  $A2_{fl}$  contempla dos posibilidades, en función de que se trate de un producto homogéneo o heterogéneo (constituido por dos o más componentes). Estos a su vez

pueden considerarse componentes sustanciales o no sustanciales.

Las mezclas bituminosas objeto de estudio deben ser consideradas como productos heterogéneos y sus dos componentes: áridos (árido grueso+fino+filler) y betún, son componentes sustanciales de acuerdo con los criterios establecidos por la norma, ya que si bien el betún es un componente minoritario éste presenta una densidad superficial en las mezclas estudiadas superior a  $1 \text{ kg/m}^2$ .

En este caso, el producto heterogéneo como un todo debe de cumplir los requisitos establecidos por la norma para la bomba calorimétrica ( $\text{PCS} \leq 3 \text{ MJ/kg}$ ). Los ensayos realizados con ambas mezclas arrojan los siguientes resultados:

$\text{PCS} = 1,35 \text{ MJ/kg}$  para la mezcla AC16S

$\text{PCS} = 1,61 \text{ MJ/kg}$  para la mezcla BBTM 11A

Ambas muestras, por tanto, cumplen la norma. En cuanto a los resultados de la bomba calorimétrica para los componentes de la mezcla por separado:

1.- Árido: Al tratarse de un material inorgánico o con un contenido de materia orgánica inferior al 1% se considera un material incombustible y se clasificaría como  $A_{1f}$ .

2.- Betún: Los resultados obtenidos con la bomba calorimétrica son los siguientes:

- Betún 35/50. Poder calorífico superior  $\text{PCS} = 45,24 \text{ MJ/kg}$ . Multiplicando este valor por la densidad superficial del betún en la mezcla AC16S resulta un valor  $\text{PCS} = 497,67 \text{ MJ/m}^2$

- Betún modificado con polímero. Poder calorífico superior  $\text{PCS} = 42,86 \text{ MJ/kg}$ . Multiplicando este valor por la densidad superficial del betún en la mezcla BBTM 11A resulta un valor  $\text{PCS} = 574,37 \text{ MJ/m}^2$ .

La norma establece un valor de  $4,0 \text{ MJ/m}^2$  para asignar una clasificación  $A_{2f}$ . Por tanto a la vista de los resultados hay que concluir que la clasificación de las mezclas bituminosas analizadas es  $B_{ff-s1}$ .

## Conclusiones

La EUROCLASE según la norma europea EN 13501-1:2007 considerando las mezclas bituminosas analizadas como revestimientos de suelos es  $B_{ff-s1}$ .

Podemos afirmar que las situaciones de incendio que contemplen flujos de calor iguales o inferiores a  $10,9 \pm 0,4 \text{ kW/m}^2$ , el pavimento

constituido por las mezclas bituminosas estudiadas, no implicarían ninguna aportación extra al incendio en términos de propagación de la llama, inflamación superficial, calor generado y humos emitidos.

## Bibliografía

1. Carvel, R. O., Torero, J. L., "The contribution of asphalt road surfaces to FIRE risk in tunnel fires: Preliminary findings", *Tunnel management international*, 2006.
2. Jofré Ibañez, C., "Optimización de las características de los pavimentos para túneles", VIII Congreso Nacional FIRMES, 2008.
3. Colwell, S., Nicholls, J.C., Torero, L., "Test Methodologies for Reaction to Fire of Pavement Materials" *Sustainable and Advanced materials for road Infrastructure*, 2005.
4. "Asphalt pavements in tunnels", EAPA, *European Asphalt pavement association*, 2008.
5. Haack, Alfred., "Fire in tunnels, Design Fire scenarios, part 1" *European Thematic Network Fire in tunnels*, 2004.
6. Bruno, Brousse., Lacroix, Didier., "Fire in tunnels, Fire safe design, part 2" *European Thematic Network Fire in tunnels*, 2004.
7. "Influencia de la mezcla asfáltica en la seguridad de los túneles", *Carreteras*, N° 155/Sep-Oct 07.
8. Paap, F., TNO Building Construction Research. *Private Communication*. 2004.
9. Lathawer W., *Effects of pavement on fires in road tunnels*, *Routes Roads*, n° 334 (2007).
10. Del Val M.A., Romana M.G., Galvis R. *Una propuesta para el proyecto de firmes y pavimentos en tuneles* *Revista de Obras públicas*, n° 3474 (2007).
11. *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Carreteras para obras de carreteras y puentes (PG-3)*. 2004.
12. *Orden Circular 24/2008*.
13. *Norma UNE EN 13501-1: 2009 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y de los elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego*.
14. *Norma UNE EN ISO 1182:2002 Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción. Ensayo de no combustibilidad*.
15. *Norma UNE EN ISO 1716:2002 Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción. Ensayo del calor de combustión*.
16. *Norma UNE EN ISO 9239-1:2002 Ensayos de reacción al fuego de los revestimientos de suelos. Parte 1: Determinación del comportamiento al fuego mediante una fuente de calor radiante*.
17. *Norma UNE EN ISO 11925-2:2002 Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única*.