

## MANUAL CONTRA INCENDIOS de PU Europe

# COMPORTAMIENTO DE COMBUSTIBILIDAD DE LOS PRODUCTOS DE AISLAMIENTO

### ► COMBUSTIÓN SIN LLAMA E INCANDESCENCIA CONTINUA

La combustión sin llama y la incandescencia continua son procesos de combustión interna lenta que pueden generar incendios más tarde a cierta distancia de la fuente de ignición original.

No hay pruebas de que el PU entre en combustión sin llama o muestre incandescencia continua. Para que esto ocurra es necesario un material poroso abierto, lo que no es el caso del aislamiento de PU, aunque lo es para muchos materiales naturales y sintéticos, p.ej. virutas de madera, algodón, lana, etc. o algunos productos de lana mineral.

Hasta ahora, el sistema de Euroclases no considera el potencial de combustión sin llama o incandescencia continua de un producto, pero hay desarrollos en curso. Estos se convertirán en un criterio en la clasificación de reacción al fuego debido a una petición de ciertos legisladores nacionales. Un nuevo ensayo está en curso. Algunos países, como por ejemplo Alemania y Austria, consideran este criterio importante para la seguridad contra incendios. Los Estados Miembro de la UE están autorizados a requerir ensayos y reglamentos nacionales adicionales para productos marcados CE siempre que no exista una solución armonizada de la UE. Los productos de aislamiento de PU no necesitan ser sometidos a ensayo en los ensayos nacionales actuales ya que se considera que cumplen. En realidad, no se han observado incidentes que involucren al PU.

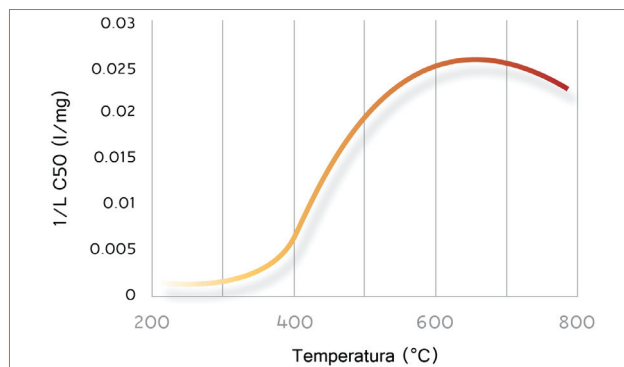


Figura 1: El potencial tóxico de un producto rígido de poliuretano depende de la temperatura

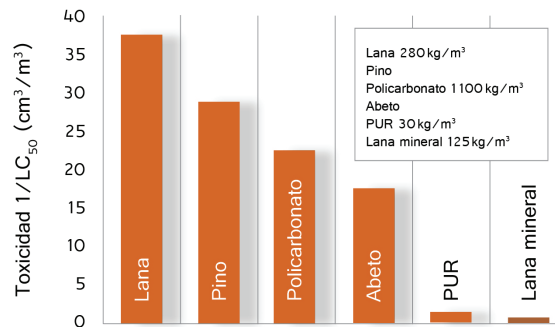
### ► HUMO Y TOXICIDAD DEL HUMO

El humo es una clasificación adicional para cada una de las clases de incendio A2 a D en el sistema de Euroclasificación de reacción al fuego. Los productos de aislamiento de PU con Marcado CE llevan una indicación de la clase de reacción al fuego y humo (véase [la clasificación de Reacción al fuego](#) en el capítulo [Normas europeas contra incendios y legislación nacional](#)). Los productos de aislamiento de PU cumplen los requisitos de humo establecidos por la normativa para las aplicaciones en que se usan.

Además, se han podido obtener aprobaciones más amplias sobre la base de FSE. Se han publicado algunos ejemplos [1], aunque, desde entonces, se han obtenido más aprobaciones.

La toxicidad del humo no forma parte del sistema de Euroclasificación, pero era parte de las evaluaciones de FSE para aprobaciones especiales, mencionadas en el párrafo anterior (véase también la sección: [Seguridad contra incendios en edificios](#)).

Tabla 1: Potencial tóxico de diversos materiales



Puede haber algunas exigencias nacionales adicionales limitando la toxicidad del humo. En Alemania, los productos no combustibles en vías de evacuación fueron sometidos a pruebas de toxicidad, debido a la naturaleza de esta aplicación, siempre que estuvieran clasificados de acuerdo con la norma nacional DIN 4102. Este requisito desaparece con la introducción de la clasificación europea conforme a la Norma EN 13501, debido a que las autoridades han aceptado que, con una limitación muy estricta de contribución al desarrollo de fuego y humo, también es muy limitado el riesgo causado por gases tóxicos de la combustión. En Francia hay un requisito de toxicidad del humo para el aislamiento combustible que se aplica al techo o pared interior sin barrera térmica en edificios de acceso público. El aislamiento de PIR detrás de un recubrimiento de acero ha obtenido aprobaciones en aplicaciones de paredes y techos.

### ➤ PRESTACIONES EN ENSAYOS SEGÚN LA APLICACIÓN

#### COMPORTAMIENTO DE COMBUSTIBILIDAD DEL AISLAMIENTO DE PU (PUR/PIR)

Las estructuras aisladas con productos de PU muestran un excelente comportamiento frente al fuego en supuestos de fuego real debido a su carácter termoestable y a la elevada estabilidad térmica. El aislamiento de PU no se funde o gotea cuando se calienta. La carbonización que se produce en la superficie del aislamiento protege el núcleo de la descomposición, manteniendo así la integridad de la estructura durante un largo tiempo, incluso si es fuertemente atacado por el fuego. Las estructuras aisladas con aislamiento de PU pueden comportarse mejor u ofrecer un rendimiento equivalente a las estructuras aisladas con otros materiales de aislamiento comúnmente utilizados.

Aunque el PUR puede comportarse bien en un incendio, los productos de aislamiento de PIR ofrecen una combustibilidad reducida, mayores rangos de temperatura de trabajo, un aumento de la formación de carbonización y mayor estabilidad calorífica y, por tanto, son más adecuados en general para aplicaciones de mayor riesgo.

<sup>1</sup> Hoja informativa de ISOPA: *Evaluación del riesgo de humo en edificios: Fire Safety Engineering and PU Insulation products* (enero, 2008). <http://www.isopa.org/isopa/uploads/Documents/documents/smoke%20fact%20sheet.pdf>



Montaje según prDIN 4102 p20



Daños en la muestra de ensayo: enlucido de acabado

<sup>2</sup> Hoja informativa de ISOPA: *Ensayo de fuego en fachada sobre Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) de PU*

### EJEMPLO 1: ENSAYO DE FUEGO DE FACHADA DE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE) DE PU [2]

Se ensayó un sistema SATE según la norma alemana, prDIN 4102-20 'Besonderer Nachweis für das Brandverhalten von Außenwandbekleidungen'. La norma prDIN 4102-20 es la base de una propuesta a CEN de procedimiento armonizado.

#### EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:

FMPA Leipzig (Alemania)

El ensayo de fachada se dispuso en configuración de esquina con una abertura (simulando una ventana) en la parte inferior. Las llamas de un hogar de madera atacaron el recubrimiento de la fachada. Como carga de fuego se utilizó un hogar de 25 kg.

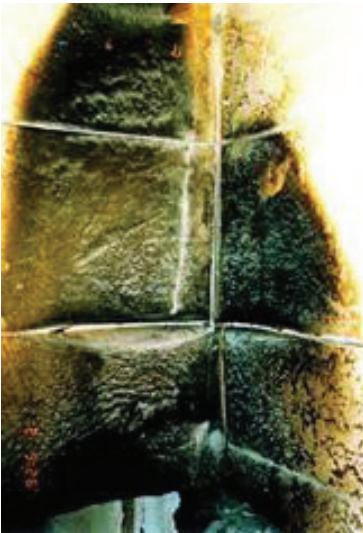
Se realizaron mediciones de temperatura en la superficie y detrás del enlucido y dentro de los paneles de PUR a diferentes alturas de la fachada. El tiempo total de ensayo y observación fue de 60 minutos.

Después de la ignición del hogar de madera las llamas incidieron sobre la superficie del sistema SATE de PU. El hogar de madera se consumió casi totalmente después de 14 minutos. Sin embargo, se generó una exposición adicional al fuego por la combustión del marco de madera de la ventana y la caja de persiana enrollable. Después de 50 minutos el fuego se había extinguido totalmente y todas las llamas se habían apagado por auto extinción.

La temperatura alcanzada fue de 1 000 °C en la abertura e incluso de 800-600 °C entre 1 m y 3 m por encima de la abertura. Al nivel de 4-5 m la temperatura disminuyó a 200 °C, lo que correspondió a la altura máxima observada de la llama que casi alcanzó la parte superior de la fachada a un nivel de 5 m. Sin embargo, las temperaturas medidas dentro de la espuma de PU (entre 75 mm y 150 mm de la superficie exterior) permanecieron bastante bajas y no excedieron de los 25 °C a 60 °C comparadas con las temperaturas en la superficie exterior de 600 °C a 800 °C.



Daños en la muestra de ensayo: capa de aislamiento de PU



Daños en la muestra de ensayo: habitación del incendio

Después del ensayo se retiró el enlucido del PU. No se produjo rotura del enlucido. La espuma solo estaba decolorada y parcialmente destruida en la superficie y en una zona limitada, donde la temperatura de la exposición al fuego excedió los 200 °C. No se produjo propagación del fuego dentro del propio PU o fuera de la zona de exposición directa de la llama.

**COMENTARIO SOBRE LOS RESULTADOS:**

La exposición al fuego aumentó por la instalación de un marco de madera en la ventana y una caja de persiana enrollable combustible. A pesar de este aumento de la carga de fuego, la fachada de SATE de PU mostró una respuesta muy limitada a la exposición al fuego y posteriormente, solo donde se produjo una temperatura de llama suficientemente elevada. No hubo propagación adicional de la llama por parte de la propia espuma rígida de PU. Todas las llamas se apagaron por auto extinción.

**MÁS DETALLES:**

Hoja informativa de ISOPA: *Ensayo de fuego en fachada sobre Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) de PU.*  
[http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets\\_public/Facade\\_Fire\\_Test\\_on\\_PUR\\_External\\_Thermal\\_Insulation\\_Composite\\_System\\_\\_ETICS\\_.pdf](http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets_public/Facade_Fire_Test_on_PUR_External_Thermal_Insulation_Composite_System__ETICS_.pdf)



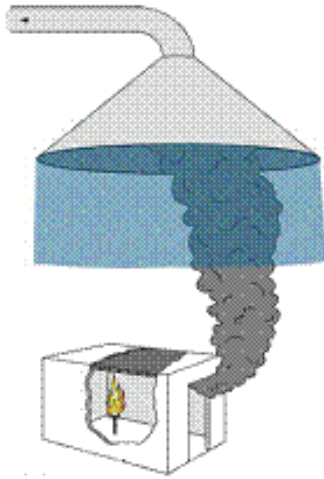


Figura 2: Esquema de la configuración del ensayo bajo una gran campana calorimétrica

## EJEMPLO 2: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO CONTRA EL FUEGO DE CUBIERTAS PLANAS METÁLICAS AISLADAS

Europa no ha armonizado la norma de ensayo diseñada para simular el comportamiento de cubiertas planas metálicas aisladas situadas encima de un incendio interior en desarrollo, ni para fines de legislación ni a efectos de seguros.

Por tanto se inició un programa de ensayo con el objetivo de desarrollar un método de ensayo a escala de una habitación pequeña para este fin.

Se desarrollaron criterios claros pasa/no pasa para usar el método de ensayo como base para un sistema de clasificación de cubiertas planas metálicas aisladas con diferentes materiales de aislamiento.

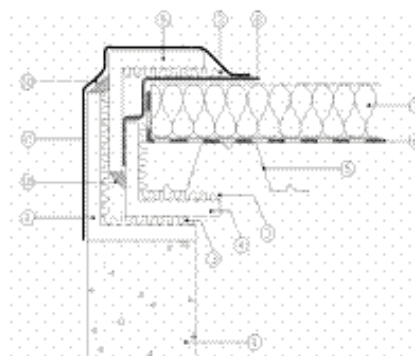
### EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:

SP (Suecia)

#### Configuración del ensayo

La geometría del aparato de ensayo es la misma que para el ensayo de esquina (Room Corner Test). Los suelos y paredes están fabricados de hormigón aligerado, mientras que la cubierta está construida y sometida a ensayo simulando la aplicación de uso final (Figura 2).

Figura 3: Detalle esquemático del contorno



1. pared de hormigón aligerado no combustible
2. marco fijado de forma permanente al recinto
3. lana cerámica
4. marco inferior
5. cubierta metálica
6. capa de control de vapor
7. aislamiento térmico
8. membrana impermeable
9. marco superior
10. soldaduras, en dos puntos a cada lado
11. banda de tela asfáltica impermeable para sellar la cubierta

El conjunto completo de la cubierta se montó en un bastidor cerrado en la parte superior del recinto de ensayo. El bastidor se fija con una pendiente del 2 %, con el lado inferior por encima de la pared trasera. Los canales de la cubierta metálica están tendidos paralelos a la longitud del edificio. El espesor del material de aislamiento varía en función de su conductividad térmica declarada para lograr el mismo valor de R.

### **COMENTARIO SOBRE LOS RESULTADOS:**

El programa de investigación demostró la repetibilidad de los resultados, lo que lo hace adecuado para la evaluación del comportamiento frente al fuego a escala real de montajes de cubiertas planas metálicas.

Los resultados obtenidos con los productos fibrosos no combustibles y el aislamiento PIR muestran un comportamiento aceptable. No se observó combustión súbita generalizada, la temperatura en el exterior del aislamiento permaneció muy por debajo de los 200 °C y no hubo infiltración de aire. El aislamiento se mantuvo en su lugar en la totalidad de la cubierta. El aislamiento de PIR incrementó ligeramente la tasa de liberación de calor mientras que los productos fibrosos no combustibles mostraron la aparición de incandescencia después del ensayo. Algunos otros productos de aislamiento no pasaron el ensayo.

Los productos de aislamiento de PIR usados en los ensayos también lograron la clase I FM 4450. Esta es una prometedora correlación entre este método de ensayo y FM 4450.

### **MÁS DETALLES:**

Hoja informativa de PU Europe: *Evaluación del comportamiento frente al fuego de cubiertas planas de chapa aisladas*. [http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets\\_public/Factsheet\\_2\\_Assessment\\_of\\_the\\_Fire\\_Behaviour\\_of\\_Insulated\\_Steel\\_Deck\\_Flat\\_Roofs.pdf](http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets_public/Factsheet_2_Assessment_of_the_Fire_Behaviour_of_Insulated_Steel_Deck_Flat_Roofs.pdf)





Banco de ensayo al final del ensayo

### EJEMPLO 3: ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO SEGÚN NORMA EN 1365-2 DE UNA CUBIERTA A DOS AGUAS AISLADA CON PANELES DE PU

Se ensayó una estructura de cubierta a dos aguas aislada con PU según la Norma EN 1365-2: 1999 (Ensayos de resistencia al fuego de los elementos portantes. Parte 2: Suelos y cubiertas).

El conjunto ensayado consistía en pares de madera, paneles de madera con ranura y lengüeta gruesa de 19 mm sobre los pares, tela asfáltica, paneles de aislamiento de PU de 100 mm cubiertos con tablero de virutas (OSB, por sus siglas en inglés) de 22 mm.

#### EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:

FMPA Leipzig (Alemania)

Observaciones durante el ensayo:

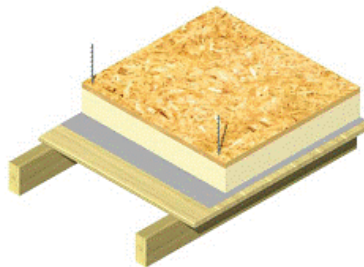


Figura 4: Montaje del ensayo

- 21 minutos después del comienzo del ensayo, las placas de madera se quemaron completamente y las placas de aislamiento de PU quedaron expuestas al fuego.
- Solo después de 37 minutos se observó un

ligero aumento de la temperatura en la superficie superior del banco de ensayo pero nunca se alcanzó el límite de incremento de temperatura de 180K durante el ensayo.

- Después de 41 minutos se liberó algo de humo a través de una junta pero la estructura aún no estaba dañada visiblemente.
- En el minuto 46 fue necesario detener el ensayo para prevenir que la estructura se colapsara debido a que los

pares de madera se habían debilitado por el fuego.

- Al final del ensayo, los paneles de aislamiento de PU estaban parcialmente carbonizados pero evitaron que el fuego alcanzara las capas superiores del banco de ensayo.

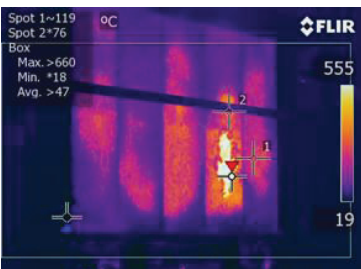
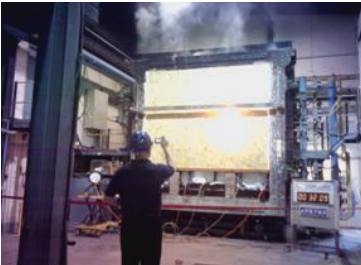
### COMENTARIO SOBRE LOS RESULTADOS:

La estructura de la cubierta tenía la clasificación REI 45. Esto significa que se cumplieron tres criterios críticos durante un mínimo de 45 minutos: estabilidad o resistencia mecánica (R), estanqueidad del recinto (E) y aislamiento térmico (I). Las cubiertas a dos aguas que contienen materiales de aislamiento no combustible y no celular poseen las certificaciones REI 30 y REI 45. Las cubiertas a dos aguas que contienen paneles de aislamiento de PU pueden, por tanto, demostrar un comportamiento equivalente a, o mejor que, construcciones similares que contienen materiales de aislamiento no combustible y no celular.

### MÁS DETALLES:

Hoja informativa de PU Europe: *Primacía de la resistencia al fuego según lo demostrado por el comportamiento de los diferentes materiales de aislamiento en cubiertas a dos aguas y muros de entramado de madera.* [http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets\\_public/Factsheet\\_1\\_Fire\\_resistance\\_of\\_different\\_insulation\\_materials\\_in\\_pitched\\_roofs\\_and\\_timber\\_frame\\_walls.pdf](http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets_public/Factsheet_1_Fire_resistance_of_different_insulation_materials_in_pitched_roofs_and_timber_frame_walls.pdf)





Configuración del ensayo según Norma EN1365-1: cara no expuesta de la muestra e imagen termográfica durante el ensayo

#### **EJEMPLO 4: RESISTENCIA AL FUEGO DE SISTEMAS DE PANELES ESTANCOS DE ENTRAMADO DE MADERA QUE UTILIZAN POLIURETANO Y LANA MINERAL SEGÚN LA NORMA EN 1365-1**

Este ensayo se realizó con vistas a comparar los sistemas típicos de paneles estancos de entramados de madera que utilizan PU y lana mineral según la Norma EN 1365-1 (Resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 1: Paredes.). Las configuraciones se acordaron con la UKTFA (UK Timber Frame Association) y Exova (Warrington Fire UK) y se usaron exactamente los mismos materiales y fijaciones. La cara interna expuesta (al fuego) se recubrió con un panel estándar de yeso de 12,5 mm. Para el recubrimiento de la cara no expuesta, se utilizó OSB (Tablero de virutas orientadas) de 11 mm. Ambas configuraciones utilizaron madera blanda de calidad C16, rastreles de 140x38 mm (cada 600 mm) y listón horizontal superior e inferior. El aislamiento se colocó entre los rastreles.

- (Ensayo 1) Panel FrameTerm 35 de 140 mm (lana mineral)
- (Ensayo 2) PIR de 80 mm revestido con lámina metálica

Ambos ensayos se sometieron a una carga de 11 kN/m.

#### **EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:**

Exova (Warrington Fire UK): WF Informe nº 306703

##### **Ensayo 11 (FrameTherm 35 de 140 mm, Lana Mineral)**

La capacidad portante se mantuvo durante 32 minutos (el ensayo se detuvo a los 32 minutos). El aislamiento perdió su integridad después de 31 minutos.

##### **Ensayo 2 (PIR de 80 mm revestido con lámina metálica)**

La capacidad portante se mantuvo durante 39 minutos (el ensayo se detuvo a los 39 minutos). El aislamiento perdió su integridad después de 38 minutos.

### **COMENTARIO SOBRE LOS RESULTADOS:**

En el Reino Unido todas las paredes exteriores de entramado de madera requieren una resistencia mínima de 30 minutos. La configuración de lana mineral (T1) logró 32 minutos y cumplió este requisito. El ensayo 2 (configuración con PIR) utilizó los mismos materiales, mismas fijaciones, mismo valor U (0,27) con un 60% del espesor de aislamiento gracias a una menor conductividad térmica. Con 39 minutos, el nivel de resistencia al fuego fue aproximadamente el mismo y también se cumplieron claramente los requisitos de la normativa.

### **MÁS DETALLES:**

Hoja informativa de PU Europe: *Resistencia al fuego de construcciones de paredes de entramado de madera*. [http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets\\_public/Factsheet\\_20\\_Fire\\_resistance\\_of\\_timber\\_frame\\_wall\\_constructions.pdf](http://www.pu-europe.eu/site/fileadmin/Factsheets_public/Factsheet_20_Fire_resistance_of_timber_frame_wall_constructions.pdf)