



Construcción segura contra incendios con EPS

EUMEPS



EPS: expansión hacia un futuro sostenible



EPS: 98% AIRE

Introducción	2
1 Fuego: efectos y prevención	3
1.1 Etapas de un incendio en un edificio	3
1.2 Consecuencias del fuego: víctimas y daños materiales	4
1.3 Principios generales de la prevención de incendios	4
1.4 Medidas de prevención de incendios relacionadas con el aislamiento	6
1.5 Mercado CE	6
2 Comportamiento frente el fuego de los productos de aislamiento con EPS	7
2.1 Comportamiento frente al fuego de los productos de aislamiento de EPS con retardante de llama	7
2.2 Calor de combustión	8
2.3 Toxicidad del humo de combustión del EPS	8
2.4 Oscurecimiento por el humo	9
3 Seguridad contra incendios de productos de aislamiento de EPS y seguros	10
3.1 Análisis de grandes incendios	10
3.2 El papel del aislamiento en un incendio	11
4 Seguridad contra incendios en aplicaciones de EPS	12
4.1 Forjados y cimentaciones seguros frente al fuego usando EPS	12
4.2 Paredes seguras frente al fuego usando EPS	12
4.3 Paneles sándwich de acero y EPS seguros frente al fuego	12
4.4 Forjados de acero aislados con EPS seguros frente al fuego	13
5. Conclusión	15
Referencias	16

Introducción

Un incendio es un desastre para todos los que estén implicados en él. Una preocupación vital es el alto potencial de daño y el creciente aumento del importe de las correspondientes pólizas de seguros. En este documento tratamos el papel del material de aislamiento en la seguridad contra incendios de los edificios, con una especial atención en el EPS. Mostraremos que en un edificio adecuadamente diseñado y construido, el material de aislamiento juega solamente un papel menor en la seguridad contra incendios. Por otro lado, éste contribuye enormemente al ahorro de energía en la calefacción y refrigeración. Esto no es solamente una contribución financiera, sino también una contribución a la mitigación de las emisiones de dióxido de carbono y a la prevención del calentamiento global. Las propiedades exclusivas del EPS le permiten ser la elección ideal de material de aislamiento para muchas aplicaciones.

El propósito de este documento es aclarar el comportamiento frente al fuego de la espuma de poliestireno expandido (EPS) cuando se usa como material de aislamiento. Proporciona una visión general de los datos relativos a las construcciones seguras contra los incendios utilizando materiales de construcción de EPS. Se concibe como una referencia para todas las partes interesadas: propietarios de edificios, arquitectos, constructores, bomberos, aseguradoras, gestores e ingenieros de riesgos. Para los miembros de EUMEPS, el tema principal es la comprensión y tratamiento de los intereses de las personas implicadas, ya sea el propietario que desea tener un hogar confortable, saludable, seguro y asequible; o un trabajador de la construcción que quiere tener un producto fiable, sólido y seguro ante posibles fallos; o un bombero que quiere limitar los riesgos a los que se enfrenta cuando ayude a la gente en caso de emergencia.

¿Por qué es el EPS el material de aislamiento preferido?

Ventajas técnicas:

- Poco peso, alta resistencia a la compresión, excelente capacidad para ser transitable
- Alto valor de aislamiento, constante durante su vida útil (sin efecto de envejecimiento, por ejemplo por la disminución del contenido de gas expandente y/o aumento del contenido en humedad)
- Fácil, limpio y seguro de trabajar
- Libertad de diseño adoptando prácticamente cualquier forma por moldeado o corte
- Espuma de célula cerrada, inerte, biológicamente neutro
- Disponible en calidad resistente a fuego (FR)

Aspectos de Seguridad e Higiene:

- No irrita la piel, ojos o vías respiratorias por las fibras o polvo emitidos
- No se necesita equipo o prendas de protección personal adicionales

Respetuoso con el medioambiente

- Duradero, porque no se degenera por la humedad, podredumbre, moho, exposición a los rayos ultravioletas o compactación por vibración
- Bajo impacto medioambiental durante su producción
- Fácil y completamente reciclable
- Exento de formaldehído, (H)CFC's y otros agentes que ataquen al ozono

Precio competitivo

- Es el aislamiento con mejor relación coste-efectividad.

1 Fuego: efectos y prevención

Un incendio solo puede empezar y continuar si están presentes tres factores esenciales. Estos tres factores, que comprenden el triángulo del fuego, son la disponibilidad de material combustible, el oxígeno y la energía de ignición. Normalmente, el material combustible y el oxígeno están siempre disponibles. El tercer factor, la energía de ignición, puede aportarse de forma intencionada o no intencionada, por ejemplo por una llama, una chispa, un cigarrillo o un cortocircuito.

1.1 Etapas de un incendio en un edificio

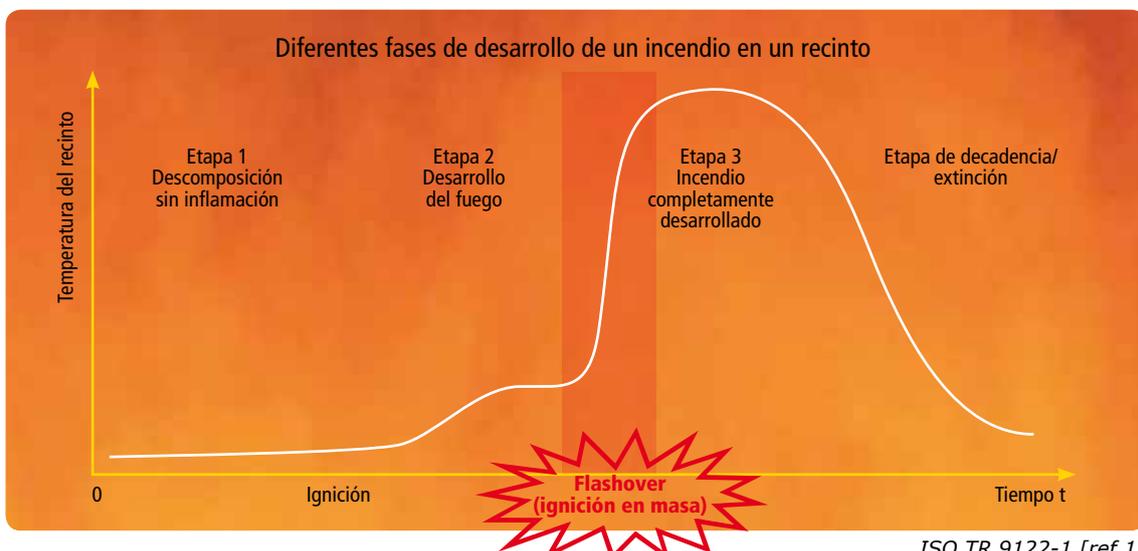
Cuando un edificio está en uso diario a temperatura normal hay un equilibrio natural entre el material inflamable y el oxígeno. Sin embargo, cuando el material inflamable entra en contacto con una cantidad suficiente de energía, este equilibrio se rompe. Un incendio puede empezar y transcurrir a través de un cierto número de fases: ignición, crecimiento/ desarrollo, desarrollo completo y decadencia.

Los materiales sólidos no arden directamente pero despiden gases combustibles cuando se calientan. Son los gases los que arden. En la primera fase de un incendio, los gases combustibles lo desarrollan y lo hacen crecer mientras la temperatura es todavía relativamente baja. Tras un cierto tiempo puede producirse un rápido desarrollo del fuego: la inflamación en masa (flash over). Un creciente número de elementos alcanzan su temperatura de ignición; la temperatura sube entonces rápidamente desde unos 100°C a 750°C. Los gases acumulados prenden y el fuego se expande por toda la habitación. Para los humanos, las temperaturas superiores a los 45°C son desagradables; una estancia prolongada a una temperatura superior a los 65°C puede causar

daños en los pulmones y si la temperatura es mayor, las personas no pueden sobrevivir durante mucho tiempo. Tras la aparición de la inflamación en masa, el incendio alcanza su tamaño máximo y su desarrollo posterior se ve limitado por la disponibilidad de oxígeno a través de la ventilación. Tras el flash over las oportunidades de salvar a la gente o el contenido de la habitación son mínimas debido a la temperatura, la falta de oxígeno y el daño a los materiales por el calor y el hollín. Dejándolo arder, un incendio finalmente decaerá debido a la falta de material inflamable.

El EPS empieza a ablandarse a una temperatura de unos 100°C, una temperatura a la cual las personas tienen una probabilidad mínima de sobrevivir. En esta fase de un incendio ya no hay prácticamente oxígeno y el aire es tóxico debido a los altos niveles de dióxido y monóxido de carbono. Durante la fase de desarrollo rápido del incendio, la combustión súbita generalizada o "flash over", la madera sufre una auto-ignición a una temperatura de alrededor de 340°C, y el EPS a una temperatura de alrededor de 450°C.

Por lo tanto, el tiempo para salvar personas y materiales se limita a la primera fase del incendio y es independiente del material de aislamiento. Tras el flash over o las personas que estén dentro no pueden ser salvadas y el valor de los mate-



ISO TR 9122-1 [ref 1]

	Holanda	N. Zelanda	Europe Occ.	EEUU	Dinamarca
Víctimas (por millón de habitantes)	6,4	9,6	13,3	25,0	14,6
Daños (en % del PIB)	0,20	0,11	0,27	0,35	0,39
Costes prevención (en % del PIB)	0,30	0,18	n/a	0,39	0,49

Perspectiva general de víctimas y daños por región. [ref 2, 3]

riales del recinto probablemente se pierda totalmente.

A partir de la inflamación en masa el control del daño solo puede conseguirse aislando el posible fuego. El EPS tiene un papel limitado en el diseño de construcciones resistentes al fuego usadas en edificios compartimentados. El EPS solo debería aplicarse en tales construcciones en combinación con otros materiales resistentes al fuego que jueguen el papel de resistir al mismo.

1.2 Consecuencias del fuego: víctimas y daños materiales

No es posible evitar totalmente un incendio. La sociedad está siempre buscando el equilibrio óptimo entre los costes de las medidas preventivas y los de las consecuencias del incendio. Las reglamentaciones en edificación son un reflejo de este proceso. Las normativas actuales tienden hacia una reglamentación basada en el comportamiento del material. Esto es reconocido en la Unión Europea por la adopción de la Directiva de Productos de Construcción (CPD), iniciada en 1988, en la cual los criterios de comportamiento juegan un papel fundamental.

Algunas reglamentaciones más antiguas hacen todavía indicaciones descriptivas. Un ejemplo podrían ser los requisitos de no-combustibilidad

del material de aislamiento (clases M0, M1..). La alternativa basada en el comportamiento supone tener criterios de comportamiento frente al fuego para elementos de construcción como el suelo, las paredes, el techo o la cubierta. El planteamiento basado en el comportamiento tiende a conseguir una mejora de la seguridad frente al fuego a menor coste. Esto puede verse en Holanda y Nueva Zelanda donde las reglamentaciones se basan principalmente en el comportamiento. La tasa de mortalidad causada por los incendios en Holanda es ahora de 6,4 por millón de habitantes y 9,6 en Nueva Zelanda, comparado con los 13,3 por millón en Europa y los superiores 25,0 de EEUU, que tienen una reglamentación fundamentalmente descriptiva.

Además, las estadísticas indican que la reglamentación basada en el comportamiento es un planteamiento efectivo para limitar los daños por incendios. Los daños causados por el fuego en Holanda son un 0,2% del PIB y el 0,11% del PIB en Nueva Zelanda mucho más bajo que la media Europea del 0,27%. Los costes de prevención en Holanda suman un 0,3% del PIB y 0,18% del PIB en Nueva Zelanda. Un país como Dinamarca, con una reglamentación basada principalmente en descripciones, gasta un 60% más en prevención de incendios pero tiene un 95% más de daños y un 128% más de muertes por incendios que Holanda, que tiene una reglamentación basada en el comportamiento [ref 2 y 3].

Razones de la gran cantidad de daños

- Insuficientes medidas de prevención de incendios
- Aumento del daño a la continuidad del negocio causado por la concentración de suministros e instalaciones de producción
- Instalaciones de producción más caras, aunque vulnerables,
- Edificios más ligeros pero al mismo tiempo más grandes y complejos
- Recintos mayores para los incendios
- Defectuosas medidas de compartimentación y puertas cortafuegos
- Alta carga de fuego
- Reclamaciones y seguros: menores riesgos y más cobertura
- Ausencia de cumplimiento de Reglamentaciones en vigor

1.3 Principios generales de prevención de incendios

La mayor parte de los costes financieros de los incendios en todo el mundo es causada por unos pocos incendios grandes con enormes daños. Esto es debido a cierto número de razones.

Considerando las posibles medidas de prevención de incendios, esta lista de razones podría dar alguna directriz para ayudar a reducir los daños:

- **¡Compartimentar!**

Tener en cuenta el tamaño de los recintos así como el valor del contenido del mismo y su importancia para la continuidad del negocio. Un ejemplo podría ser separar la producción del almacenamiento de mercancías. Comprobar regularmente si las medidas de compartimentación funcionan. Un problema muy habitual es que se hagan aberturas o agujeros en los muros de compartimentación (por ejemplo para tuberías de ventilación o para canaletas de cables eléctricos) o que las puertas cortafuegos no cierren.

- **Ejecución del trabajo por profesionales**

Un buen diseño y estar pendiente de los detalles es un primer paso, pero se necesita una buena ejecución profesional del trabajo para asegurar el buen funcionamiento. Una mala preparación, materiales incorrectos y una pobre ejecución del trabajo es fuente de muchos problemas.

- **¡Reducir la carga de fuego!**

La carga de fuego de un edificio consta de dos componentes: la carga de fuego estática y la variable. La carga de fuego estática se llama a la carga de fuego de los productos de construcción usados para el edificio. Normalmente el factor más importante es la carga de fuego variable, que consiste en la procedente del contenido del edificio. Para reducir la carga de fuego los primeros dos elementos a revisar son el contenido del edificio y los materiales de la superficie interior de las habitaciones. Normalmente los materiales de aislamiento están cubiertos en su superficie con materiales como yeso, ladrillo, hormigón, piedra o acero y solo contribuyen al incendio cuando falla el material de la superficie. En el momento de este fallo, ya ha ocurrido la ignición en masa (flash over) y la pérdida total de la sala.

- **¡Hacer uso de medidas activas de prevención de incendios!**

Un alto porcentaje de incendios son provocados, por lo que se necesitan prever, no solamente alarmas por humo y rociadores, sino también alarmas antirobo, vallados y sistemas de protección ante las entradas de personas ajenas al recinto.



El tipo de material de aislamiento no es el factor más importante. p.e. en 2008, Incendio en un almacén Gamma DIY (Holanda) con aislamiento no-combustible.



Los detalles son importantes! A pesar de las advertencias por parte del constructor de la cubierta, eligieron la solución constructiva más barata. Resultado: la subestructura de madera causó un incendio.

- **¡Evitar el fallo de las puertas cortafuegos!**

Según una investigación realizada por la compañía de seguros global Factory Mutual, el fallo de las puertas cortafuegos juega un papel muy negativo en dos tercios de los daños por incendio. La compartimentación falla porque las puertas cortafuegos están abiertas, por ejemplo con cuñas que sujetan en posición abierta las puertas pesadas.

- **Otras medidas preventivas**

- Mantenimiento de la instalación eléctrica. Los cortocircuitos pueden causar muchos incendios y pueden detectarse de forma eficaz mediante comprobaciones regulares por termografías de infrarrojos.
- Mantener una política de "permisos de trabajos en caliente". Estos permisos normalmente incluyen medidas tales como la disponibilidad de extintores, la disponibilidad de un teléfono móvil y la comprobación de la zona en cuanto a señales de fuegos después de una hora.
- Evitar el almacenamiento de mercancías combustibles pegados a los muros exteriores del edificio. Estas mercancías almacenadas son a menudo susceptibles de estar expuestas a la acción de pirómanos y puede ocasionar que el edificio entero sea destruido por el incendio.

1.4 Medidas de prevención contra incendios relativas al aislamiento

Aunque normalmente no es el primer material afectado en caso de incendio, podrían tenerse en cuenta algunas directrices para el uso del material de aislamiento.

• Usarlo siempre con un material de cubrición

No solo para proteger el material de aislamiento del fuego sino para protegerlo también del daño mecánico, la humedad y los problemas de la deformación y la combustión lenta. Es importante para todos los materiales de aislamiento que sean duraderos mientras deban ejercer su papel de aislamiento.

• Detalles constructivos

La calidad de una construcción está muy influenciada por la calidad de los detalles tal y como los diseñó el arquitecto. Las soluciones de los detalles, los lugares donde se encuentran los elementos constructivos, son esenciales para la calidad de la construcción total, no solo en lo que respecta a las propiedades ante un incendio sino también por muchas otras propiedades constructivas.

• EPS con retardante de llama

La mayoría de los productos de aislamiento de EPS vendidos en Europa están hechos con materia prima de calidad con retardante de llama. El propósito principal es cumplir con los requisitos de las reglamentaciones y del mercado. El EPS retardante al fuego se retrae del fuego cuando se expone a una energía de ignición. Cuando es quemado por una fuente de calor, se auto-extingue tan pronto como la fuente de calor se retira. Por tanto el EPS retardante al fuego no facilita la ruta por la cual el fuego se extenderá por el edificio.



Los requerimientos de las normativas varían de país a país, pero en muchos casos la reacción de comportamiento frente al fuego del producto desnudo es solo un criterio formal obligatorio. Donde la reglamentación se basa fundamentalmente en el comportamiento, como pretende la CPD, los requisitos se basan en los elementos constructivos. Recientes desarrollos europeos tratan este punto de vista y hacen posible realizar ensayos de reacción al fuego en composiciones estandarizadas, simulando aplicaciones finales de uso.

Los fabricantes pueden entonces declarar la clasificación de reacción al fuego, simulando aplicaciones finales de uso, en las etiquetas del producto justo al lado del recuadro de la marca formal CE. Las investigaciones de EUMEPS indican que la clasificación de la reacción al fuego para el EPS en la composición estandarizada tras yeso o mortero de cemento es Euroclase B-s₁d₀. La misma clasificación resulta para EPS tras perfiles de acero, que usa una composición estandarizada que simula el uso final del EPS en una construcción de una azotea con perfiles de acero. En ambos casos, esto desemboca en la misma clasificación que una construcción idéntica con lana mineral o de aislamiento PIR.

1.5 Mercado CE

Desde mayo de 2003 el mercado CE es obligatorio para los productos de aislamiento según la Directiva de Productos de Construcción (Construction Products Directive - CPD). El marcado CE puede considerarse como el "pasaporte" para el libre comercio de productos de edificación dentro de la Unión Europea. Parte de esta marca CE es la declaración de la clasificación de reacción frente al fuego del producto. Esta clasificación aplica al producto desnudo tal como se comercializa. Para el EPS desnudo esta clasificación es Euroclase D o E en caso de material retardante al fuego, y Euroclase F en caso de material no retardante al fuego (que a menudo se utiliza para embalaje). De hecho, esta clasificación dice poco acerca del comportamiento frente al fuego del elemento de edificación en el cual se usa el producto de aislamiento

Características de	EPS-FR (con retardante de llama)	EPS no-FR
Ablandamiento encogimiento, fusión	desde 100°C	desde 100°C
Temperatura de ignición		
Con llama piloto	370°C	350°C
Temperatura de auto-ignición	500°C	450°C

2 Comportamiento frente al fuego de productos de aislamiento de EPS

El comportamiento frente al fuego del material de aislamiento EPS desnudo no es muy relevante. El material está generalmente cubierto por otro material que es el que determina el comportamiento frente al fuego. El EPS solo se ve afectado tras el fallo del material que de cubrición y en ese momento el edificio o el recinto ya no puede ser salvado de la destrucción total. Sin embargo, existen muchos conceptos equivocados negativos acerca del papel del material de aislamiento en caso de incendio, el comportamiento frente al fuego del EPS, la producción de humo y su toxicidad. Los hechos muestran una imagen muy diferente.

2.1 Comportamiento frente al fuego de los productos de aislamiento con retardantes

Como la mayoría de los materiales orgánicos, la espuma de poliestireno es combustible. Sin embargo, en la práctica, su comportamiento frente al fuego depende de las condiciones bajo las que se use, así como de las propiedades inherentes del material. Las propiedades inherentes dependen de si la espuma está hecha o no de material retardante al fuego. La mayoría de los productos de EPS han sido fabricados durante décadas en calidad retardante al fuego. Esta se consigue añadiendo al material una cantidad muy pequeña (<1%) de un agente retardador del fuego. El retardador polimeriza en la estructura molecular y es insoluble en agua, lo que asegura que no hay desprendimientos desde el material al medioambiente. Las investigaciones muestran que las propiedades de retado del fuego permanecen durante décadas [ref 10].

El comportamiento frente al fuego del EPS retardante al fuego es significativamente diferente del EPS estándar. Expuesto al fuego, el EPS con retardante se retrae apartándose de la fuente de calor. La probabilidad de ignición del material se reduce significativamente y las chispas de soldadura o los cigarrillos normalmente no lo hacen arder. Otro efecto del retardador del fuego es que sus productos de descomposición sofocan la llama: en cuanto se aparta la fuente de calor, la llama se extingue. El efecto se ilustra claramente en una demostración en la cual se aplica una

llama en un agujero de un gran bloque de EPS utilizando una antorcha.

En cuanto la antorcha se aparta, el fuego se extingue.

La reacción frente al fuego debe evaluarse no solo sobre el material o producto, sino a nivel de elemento de edificación o construcción (también llamado solución constructiva). Una regla básica de diseño con el EPS y otros materiales plásticos de aislamiento es no usar nunca el material sin cubrir. Ya que el EPS no debe nunca ser el material que esté cara al fuego, la clasificación de la reacción frente al fuego del material o producto de EPS desnudo tiene solo una importancia formal. La capa que realmente determina la reacción frente al fuego es la capa que se enfrenta al fuego y cubre al material de aislamiento de EPS. Usando una combinación de aislamiento de EPS y capas de recubrimiento específicas siempre es posible diseñar una construcción que cumpla los requisitos contra incendios. Correctamente aplicado e instalado el EPS no se ve afectado por la aparición y desarrollo de un incendio en un edificio.

Recientes estudios llevados a cabo por EUMEPS han confirmado el excelente comportamiento del EPS en construcción. Los ensayos según EN 13501-1 para elementos comunes de EPS cubierto de yeso, mortero y acero resultaron con una clasificación B-s₁d₀. La parte de humos de esta clasificación, el s₁, es la mejor clasificación posible para una construcción, lo que significa que hay muy poca o ninguna contribución a la producción de humo.





2.2 Calor de combustión

El calor producido por el material ardiendo es uno de los factores que determinan cómo se desarrolla el fuego. Este es el motivo por el que la carga de fuego es a menudo uno de los criterios de las reglamentaciones y debe calcularse en la fase de diseño. El valor calorífico del EPS por kilogramo es 40 MJ/kg, es decir, dos veces más que los productos de madera, con unos 20 MJ/kg. Sin embargo, el 98% del volumen de EPS es aire con una densidad de uso habitual de 15 a 20 kg/m³, lo que conduce a una baja contribución a la carga de fuego global. El EPS es también más favorable comparado con otros materiales de aislamiento [ref 4]. La contribución del EPS a la carga de fuego en las soluciones habituales de cubiertas plana con lámina asfáltica es de alrededor del 10% [ref 4]. El caso en estudio [ref 6 y ref. 12] mostró que en un almacén de una cadena de tiendas de alimentación, la contribución del aislamiento de EPS de la cubierta plana a la carga de fuego total era del 3%. Cambiar el EPS por otros materiales de aislamiento no suponía absolutamente ninguna diferencia en cuanto a la carga de fuego.

En la tabla siguiente Prager [ref 8] muestra que hay poca diferencia en la contribución a la carga de fuego en cuanto a los diferentes materiales de aislamiento si se comparan a un mismo valor de aislamiento.

Material	conductividad térmica λ (W/mK)	Densidad ρ (kg/m ³)	Calor de combustión H (MJ/kg)	Carga de fuego/m ³ Q_V (MJ/m ³)	Carga de fuego /m ² Valor R idéntico Q (MJ/m ²)
EPS	0,035	20	39,6	792	92
XPS	0,040	32	39,6	1.267	169
MW	0,045	170	4,2	714	107

En la [ref 8] Prager muestra la contribución a la carga de fuego para un cierto número de materiales comunes de aislamiento

2.3 Toxicidad del humo por la combustión del EPS

La contribución del EPS a la producción de humo y gases tóxicos depende de la cantidad de material de aislamiento disponible y de la densidad del material. La importancia relativa de esta contribución viene determinada por la participación del EPS en la carga de fuego total. Como se ha mencionado previamente, la contribución del EPS y otros materiales de aislamiento en la carga de fuego total generalmente es muy poca, es decir, alrededor del 3% en el caso de estudio de un almacén [ref 6].

Además el aislamiento de EPS está normalmente cubierto por un material de acabado superficial como yeso, mortero, ladrillo, madera o acero que protege al EPS durante la primera fase del incendio. Inicialmente, la superficie de la construcción se calienta tras el inicio del fuego. Posteriormente, el calor fluye a través de la construcción. Si el calor penetra en el EPS dentro de la construcción, el material no arde pero se comprime por el calor y finalmente se funde. Solo si el material de la superficie se quema completamente y el EPS fundido se expone a la llamas, entonces el EPS contribuirá al fuego y producirá humos y gases de combustión. Normalmente el fuego consume solo una parte del material de EPS fundido dejando el resto como una resina solidificada tras el incendio.

La toxicidad del humo de la combustión del EPS fue investigada por TNO en 1980. Los resultados probaron que el EPS produce considerablemente menos humos tóxicos que los materiales naturales como madera, lana o corcho [ref 13]. El EPS es un hidrocarburo puro (C₈H₈)_n que se descompone en última instancia en CO, CO₂ y H₂O.

La influencia del retardador de llama usado en la masa del EPS es muy pequeña ya que el efecto deseado se consigue con un contenido de solamente un 0,5% a 1,0 %, mientras que para otros materiales se necesita un contenido de retardador de hasta un 30%. La influencia del retardador de fuego sobre la toxicidad de los humos es por tanto mínima para el EPS.

Toxicidad de los humos del EPS y diversos materiales "naturales"

Muestra		Fracciones emitidas (v/v) en ppm a diferentes temperaturas			
		300°C	400°C	500°C	600°C
EPS (calidad estándar)	Gases del fuego	300°C	400°C	500°C	600°C
	Monóxido de carbono	50*	200*	400*	1,000**
	Monoestireno	200	300	500	50
	Otros compuestos aromáticos	fracciones	10	30	10
EPS-ES (calidad Retardante de fuego)	Bromuro de hidrógeno	0	0	0	0
	Monóxido de carbono	10*	50*	500*	1,000*
	Monoestireno	50	100	500	50
	Otros compuestos aromáticos	fracciones	20	20	10
Madera de pino	Bromuro de hidrógeno	10	15	13	11
	Monóxido de carbono	400*	6,000**	12,000**	15,000**
Tablero aglomerado	Compuestos aromáticos	-	-	-	300
	Monóxido de carbono	14,000**	24,000**	59,000**	69,000*
Corcho expandido	Compuestos aromáticos	fracciones	300	300	1,000
	Monóxido de carbono	1,000*	3,000**	15,000**	29,000**
		fracciones	200	1,000	1,000

Observaciones: condiciones de ensayo especificadas en DIN 53 436; caudal de aire 100 l/h; probetas de 300mm x 15mm 20mm comparadas con condiciones normales de uso.
*brasa /rescoldo ** como llama – no detectado

Investigación APME según DIN-53436.

Una amplia investigación realizada por APME, ejecutada de acuerdo con DIN-53436, a temperaturas desde 330°C a 600°C probó también que el EPS retardante al fuego produce menos humos tóxicos que los materiales naturales, no produciendo gases tales como cloro o cianuro [ref 11]. La combustión del EPS es relativamente limpia.

Estos materiales protegen al EPS durante esta fase del incendio. Ensayadas según la EN 13501-1 muchas aplicaciones logran una clasificación B-s₁d₀. La clasificación s₁ sobre producción de humo es la mejor clasificación posible. Cuando el EPS se expone directamente se quema y produce una considerable cantidad de humo negro y denso, que es proporcional a la masa consumida.

2.4 Oscurecimiento por el humo

La toxicidad es un efecto del humo y el oscurecimiento, o densidad del mismo, es otro. El aire oscurecido o el humo denso hace difícil escapar de una habitación incendiada. La producción de humo es de particular importancia para los materiales de edificación utilizados en las vías de escape. Para edificios estándar el tiempo de evacuación es de alrededor de media hora. El comportamiento de la construcción con respecto a la producción de humo tras ese tiempo generalmente no tiene importancia. Normalmente en las situaciones finales de uso el EPS está cubierto por revestimientos como yeso, mortero, ladrillo, hormigón o acero.

De aquí que, cuando se usa correctamente en aplicaciones recomendadas, el EPS no contribuye a la expansión del incendio y produce poco humo y gases tóxicos. La elección del material de aislamiento tiene poca influencia sobre la cantidad de gases tóxicos y humo producidos durante un incendio.



3 Seguridad contra incendios de productos de EPS y los seguros

Algunas compañías de seguros varían la prima del seguro del edificio dependiendo de los materiales de aislamiento que se usen. No hay ninguna base estadística para esta práctica. Deberíamos esperar que las compañías de seguros se basaran su juicio en hechos o evidencias sólidas pero el hecho es que imponen su propio criterio.

3.1 Análisis de grandes incendios (con daños de más de 1 millón de euros)

Tanto en casos de grandes como de pequeños incendios a menudo hay muchas especulaciones acerca de su causa. Esta es subjetiva y depende de la percepción, experiencia o interés comercial de las personas implicadas.

Algunas investigaciones de científicos holandeses sobre las causas de grandes incendios condujeron a las siguientes conclusiones:

• Tipo de edificio

La mayoría de los incendios se producen en escuelas, edificios industriales y edificios con gran afluencia de público. Los edificios modernos construidos según la reglamentación reciente tienden a ser menos vulnerables al fuego que los edificios antiguos. Más de la mitad de los edificios siniestrados no habían sido inspeccionados por los bomberos en los últimos tres años,

además se habían dado recomendaciones de mejora en el 87% de los casos de edificios que sí fueron inspeccionados.

• Compartimentos

Todos los edificios tenían alguna clase de compartimentación separación de recintos, pero solo en el 62% de los casos este diseño era conocido por los bomberos, que podrían entonces haber adaptado su táctica contra incendios de forma consecuente. En el 30% de los casos la compartimentación falló, y un 50% de los ellos fue debido a un fallo en la apertura automática de las puertas cortafuegos.

• Momento de inicio del fuego

La mayoría de los incendios empezaron fuera del horario normal de apertura del edificio, entre las 18.00 horas y las 09.00 horas.

• Extinción del incendio

Los bomberos llegaron al incendio en un intervalo de tiempo aceptable tras haber sido informados del mismo. En alrededor del 5% de los casos hubo un problema para llegar al incendio y en otro 5% de los casos había problemas de disponibilidad de agua para extinguir el fuego. En un 13% de los casos los bomberos no fueron capaces de evitar la extensión del incendio a lugares adyacentes. Los bomberos inicialmente intentaron luchar contra el incendio desde el interior del edificio en las dos terceras partes de los casos estudiados.

• Causa del incendio

Muchos incendios fueron causados por un mal funcionamiento o mal uso de los equipos (26%) o provocados (23%). En realidad los porcentajes de ambos casos probablemente fueron mucho mayores, ya que las causas aún son desconocidas en un 40% de los incendios.



3.2 El papel del aislamiento en un incendio

Un análisis objetivo muestra que la influencia del material de aislamiento en la aparición y desarrollo del fuego es meramente marginal, si existe. Los prestigiosos institutos holandeses TNO y BDA, llevaron a cabo un trabajo independiente, validado por KPMG, sobre el papel del material de aislamiento en el origen y desarrollo de más de 40 grandes incendios industriales en Holanda (ref. 16, 17, 18, 19). Este estudio fue iniciado en 2002 y continúa hoy en día. La conclusión es que el EPS no contribuye al inicio o desarrollo de estos incendios. Se ha demostrado que no hay una relación probada entre el tipo de material de aislamiento utilizado y los daños del incendio. Se han identificado los factores contribuyentes, entre los que están: falta de cuidado en trabajos con maquinaria a alta temperatura, ausencia de medios de extinción y propiedades frente al fuego del contenido del edificio.

El incendio de la Filarmónica de Berlín en 2008 ilustra en qué medida la falta de cuidado en los trabajos de soldadura puede causar un incendio independientemente del tipo de material de aislamiento utilizado. (Ver la foto de la derecha y detalles en la siguiente)



4 Seguridad contra incendios en aplicaciones de EPS

En esta sección se describe algunas aplicaciones seguras contra incendios realizadas con EPS. Si se hace correctamente, el uso de EPS no tiene influencia en el inicio o desarrollo de un incendio en un edificio. Como habitualmente su superficie va cubierta por otro material, el EPS nunca está en contacto con el fuego ni determina el comportamiento frente al fuego del edificio. Prácticamente siempre es posible diseñar una construcción con EPS que cumpla todos los requisitos, incluyendo los relativos a seguridad contra incendios.

4.1 Forjados y cimientos seguros frente a fuego usando EPS

El EPS se usa frecuentemente como aislamiento en forjados de hormigón o bajo el relleno para los cimientos. Para cumplir los requerimientos del Código Técnico de la Edificación en su parte de Seguridad contra incendios DB-SI el EPS de bovedillas en forjados que vayan sobre aparcamientos o zonas comunes donde exista un falso techo con instalaciones, debería ir cubierto con mortero o yeso. En vivienda u otras zonas sin instalaciones de riesgo no es necesario recubrirlo. (Ver tabla 4.1 del DB-SI del CTE)

En la mayoría de los países europeos el uso sin cubrir es aceptable en espacios de poca altura.

4.2 Paredes seguras frente al fuego usando EPS

La construcción de paredes/muros es el ejemplo perfecto de por qué los requisitos deben basarse en el comportamiento del elemento de edificación y no solamente en la descripción de un producto o material. El EPS es excelente como aislamiento en la parte interior de un muro, para cavidades de tableros de aislamiento, para aislamiento en relleno de cámaras, para sistemas de aislamiento térmico por el exterior (ETICS) o para paneles compuestos prefabricados, tales como paneles de aislamiento estructurales (SIPS) o paneles sándwich metálicos. En todos estos ejemplos el aislamiento de EPS va cubierto por una capa superficial de

metal o inorgánica. Estos recubrimientos son los que hacen posible cumplir todos los requisitos de reacción y resistencia frente al fuego y dependen del material de cubrición aplicado.

Los ensayos realizados por EUMEPS y ANAPE demuestran que una pared con solamente 9 mm de yeso ó mortero de cemento tiene una clasificación de B-s₁d₀ [ref 22]. Normalmente, no se requieren ensayos para la construcción de un cerramiento hueco con una hoja interior hecha de ladrillo, hormigón ó piedra [ref 21].

Los ensayos realizados por institutos de pruebas austriacos, así como las brigadas de bomberos de Graz han probado que el EPS para aislamiento por el exterior llamados ETICS (External Insulation Composite) se comporta también de forma excelente. Los sistemas para ETICS puede lograr una clasificación de reacción frente al fuego de B-s₁d₀ y los ensayos a gran escala confirman estos resultados [ref 26]. Una investigación estadística realizada en 175 incendios por el cuerpo de bomberos polaco indicó que la aparición de un fuego en fachadas con sistemas ETICS usando EPS era proporcional a la cuota de mercado del EPS y similar al de la lana mineral [ref 27].

4.3 Paneles sándwich de acero y EPS seguros frente al fuego

Se han llevado a cabo amplias investigaciones sobre la clasificación de la reacción frente al fuego de los paneles sándwich de acero [ref 9 y ref .23]. Estas aclaran que no son los materiales del núcleo los que determinan la clasificación del panel sino el recubrimiento que se aplica en el exterior del acero. Este recubrimiento protege el acero de la corrosión y aporta el color del elemento. Si, por ejemplo, este recubrimiento es una capa fina de 50 micras de poliéster (que da poca protección a la lámina de metal) la clasificación será probablemente Euroclase B. Si se usa una capa más gruesa y de mejor protección como 200 micras de plastisol (PVC -p), la clasificación será probablemente Euroclase C.

Los resultados de estos hallazgos están confirmados por el ensayo llamado "en esquina de habitación" (room corner test) (análogo a ISO 13784). Estos ensayos muestran que no aparece una combustión súbita generalizada en los paneles sándwich de acero con EPS con un detalle de junta bien diseñado [ref 24].



Un informe de la Asociación de Aseguradores Británicos (Association of British Insurers - ABI) reconoce que en el caso de edificios para la industria de la alimentación o cámaras frigoríficas, se prefieren los recubrimientos de plástico a otras soluciones por razones higiénicas. También explican que "los paneles sándwich no inician un fuego por ellos mismos" y, con una adecuada gestión de la seguridad contra incendios, los riesgos asociados a la industria de la alimentación pueden controlarse aceptablemente. Alrededor de las áreas de trabajos con equipos en caliente (freidoras, etc.) es necesario adoptar medidas y precauciones especiales cuando haya cables eléctricos que pasen por estos paneles, porque los bordes metálicos pueden cortar el aislamiento eléctrico de los cables (independientemente del tipo de aislamiento!).



Las conclusiones clave del comportamiento frente al fuego de los paneles sándwich de acero y EPS son:

- Independientemente del material del núcleo, todos los paneles sándwich de acero con un recubrimiento de plastisol tienen la misma clasificación Euroclase: B.
- La investigación comparativa muestra que los resultados de los ensayos SBI (Single Burning Item) están totalmente en línea con los ensayos a gran escala, y por tanto más caros, del room corner test (o ensayos de esquina de habitación) ISO 9705 [ref 26].
- Las diferencias en los resultados de los ensayos de los paneles sándwich con núcleo de EPS son mínimas cuando se comparan con otros materiales de núcleo.
- El detalle de la junta y los detalles de fijación o montaje del panel sándwich son muy importantes para el resultado de los ensayos contra incendios.

4.4 Cubiertas de chapa aislados con EPS seguros frente al fuego

Los llamados "trabajos en caliente" (soldaduras etc...) son responsables de un considerable número de incendios en cubiertas. Los análisis de dichos incendios en cubiertas llegan a la conclusión de que ocurren principalmente cuando se usan sopletes con llama. Al acometer la conexión entre la membrana de cubierta plana y la entrega con el muro vertical, el contratista de la cubierta no tiene un conocimiento claro de los materiales que se usaron en el cerramiento. Además durante las reformas, la suciedad acumulada puede arder fácilmente. La realización de detalles con las membranas en los sumideros o chimeneas de ventilación son casos habituales donde se inician los incendios. Hay en marcha muchos desarrollos para reducir el número de incendios. Las aseguradoras exigen cada vez más el establecer permisos para trabajos con soldadura y procedimientos

estrictos de ejecución relacionados con este tipo de trabajos. Existen ya productos alternativos que no usan sopletes con llama, como membranas que se sueldan con aire caliente o membranas autoadhesivas. [ref 28].

Por todo ello, no es el material de aislamiento la principal preocupación, sino los trabajos que implican soldadores y sopletes combinado con el riesgo que aportan los detalles. Ambos pueden y serán resueltos por la industria para hacer de las cubiertas un espacio más seguro.

El sistema de clasificación europeo para fuegos exteriores, según la EN 13501-5, cita cuatro métodos diferentes mencionados en la ENV 1187. Para cada uno de estos métodos es fácil diseñar una solución constructiva con aislamiento EPS que cumpla los requisitos. Normalmente, hay un geotextil o fieltro incluida en algún sitio de la solución. El ensayo de la composición completa de la cubierta es llevado a cabo normalmente por el fabricante de la impermeabilización de la cubierta. Prácticamente todas las membranas impermeables para cubiertas han sido ensayados en combinación con EPS porque aporta gran calidad como material de aislamiento, durabilidad, gran capacidad para ser transitado, buen envejecimiento y buen precio.

Muchos edificios industriales modernos están hechos en construcciones ligeras de acero. Algunas veces la seguridad contra incendios de esta clase de edificios es objeto de discusión y el material de aislamiento forma parte del debate. En realidad, el objetivo es conseguir el edificio más grande por la menor cantidad de dinero posible y el coste de la seguridad contra incendios se opone a este criterio. Una construcción de acero sin ningún recubrimiento de protección puede tener este problema. Si comienza un incendio en un recinto de un edificio de esas características y consigue llegar a ser un incendio desarrollado, entonces esa parte del edificio será una pérdida total. Durante los siguientes 10 a 20 minu-

tos la construcción de acero puede derrumbarse y los bomberos no podrán acceder al edificio. ¿Cuál es el papel del material de aislamiento en este escenario? La respuesta correcta es que tiene un papel realmente poco importante.

Se ha encargado una investigación por parte de la industria del EPS para averiguar el comportamiento de los diferentes materiales de aislamiento en estas construcciones de acero ligeras [ref 12]. La conclusión de esta investigación es que para el EPS el tiempo hasta que el fuego se extiende desde el interior del edificio a la superficie de la cubierta es de unos 20 minutos. Para otros materiales de aislamiento este tiempo podría ser de 10 a 20 minutos mayor. Es cuestionable si esto es relevante si la construcción falla normalmente a los 10-20 minutos, antes de que el fuego se extienda a través de la cubierta. Además si una cubierta no está perfectamente diseñada según una buena resistencia al fuego, no todos los detalles serán resistentes al fuego. La experiencia práctica muestra que el incendio no se extenderá a la cubierta a través de la construcción en si sino por los detalles como la iluminación del techo, una bajante, una tubería de ventilación, una ventana, etc. Una vez que el incendio esté en la cubierta, los informes de los incidentes muestran que el fuego puede extenderse a una velocidad de hasta 4 m/min dependiendo de las condiciones climáticas.

El hecho de que el aislamiento EPS sea termoplástico tiene efectos colaterales positivos en caso de incendio. El EPS se retrae ante el calor, volviendo a su forma granular sólida original y haciendo esto pierde sus propiedades de aislamiento. Por lo tanto, parte del calor producido por el fuego sale a través de la cubierta. A causa de esto, el momento hasta la combustión súbita generalizada o glowing combustion es mayor y el tiempo antes del derrumbe de la estructura de acero se amplía. Por ello, los bomberos tendrán más tiempo para proteger los compartimentos adyacentes [ref 12].

Un factor que a menudo no se incluye en el análisis del comportamiento frente al fuego de las soluciones constructivas es la influencia de las barreras de vapor y los recubrimientos anti-



corrosión. Las barreras de vapor bituminosas habitualmente se siguen recomendando ya que son las barreras de vapor más efectivas y fiables, otras barreras de vapor ligeras como las laminas de PE pueden destruirse y desgarrarse mucho más fácilmente.

La falta de fiabilidad de las barreras de vapor pueden conducir a graves problemas en las cubiertas, como la pérdida del coeficiente de aislamiento por saturación del vapor, pérdida de resistencia a la compresión y filtraciones debido a que las fijaciones mecánicas punzonan la impermeabilización cuando se transita sobre ellas. Las barreras de vapor así como los recubrimientos anti-corrosión influyen en la reacción frente al fuego de la cubierta.

Finalmente, un factor a menudo pasado por alto es que un material de aislamiento termoplástico puede retraerse y se convierte en inútil tras un incendio grave, pero otros materiales de aislamiento también deberán sustituirse totalmente. ¿Por qué? – porque no se puede eliminar el olor impregnado del humo. ¡Aunque se ventile durante años, no se obtiene ningún resultado! Por ello, en conclusión, el material de aislamiento



to no juega un papel decisivo en el desarrollo de un incendio en un edificio ligero con forjado de acero. Si un incendio empieza en un compartimiento de un edificio así, dicho compartimiento se pierde totalmente, si no es por el fuego es por el humo y el olor acre que permanece.

El diseño del edificio es importante para encontrar el correcto equilibrio entre las ventajas y los inconvenientes de los compartimentos grandes. Por un lado los compartimentos más grandes son más baratos de construir con ventajas logísticas, pero tienen mayores riesgos y las pólizas de seguros de incendios son mayores. Por otro lado, los compartimentos más pequeños tienen más inconvenientes y los costes de prevención son mayores. La compartimentación es la clave para la gestión de los riegos de incendio. Necesitan usarse soluciones y detalles constructivos probados, para maximizar la resistencia al incendio y al humo. El diseño es importante pero hay que prestar atención también a las fases de construcción y mantenimiento.

Se han realizado investigaciones recientes encargadas por EUMEPS y llevadas a cabo por TNO/

Efectis y por Warrington Fire Gent, relativas a la reacción al fuego del EPS en una placa de acero según EN 13501-1,

Resultando una clasificación Euroclase B-s₁d₀. A pesar de esta clasificación d₀, que es la mejor posible con respecto a la caída de gotas incandescentes, aparecen todavía dudas acerca de la posibilidad de que gotas de EPS fundido caigan a través de las juntas la placa de acero durante el incendio. ¿Podrían dichas gotas conducir a una posterior expansión del incendio? Si el EPS con retardante de fuego se expone al mismo, se retraerá. Si después se sigue calentando, se fundirá y las gotas pueden caer. Sin embargo, estas gotas se extinguen tan pronto como toquen el suelo y se enfrían. Los ensayos muestran que incluso un papel no arde por esas gotas. Si las gotas caen en una zona ya con fuego no se enfriarán y arderán. La oportunidad de que un bombero u otra persona resulte herido por gotas de EPS es muy pequeña.

5 Conclusión

La seguridad contra incendios es uno de los requisitos esenciales a la hora de diseñar un edificio. No puede verse comprometida. El papel del aislamiento con respecto a la seguridad contra incendios a menudo está sobreestimada. Este documento muestra que es perfectamente posible diseñar un edificio usando EPS como material de aislamiento y cumplir todos los requisitos de aislamiento incluyendo los de la seguridad ante incendios.

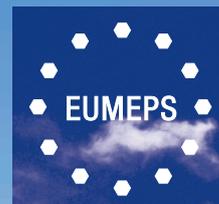


LISTA DE REFERENCIAS

- [1] *International Standardisation Organisation (ISO), Technical Report 9122-1 (Organización Internacional de Normalización ISO, informe Técnico 9122-1)*
- [2] 3231, *World re Statistics, GAIN, nr 19, 2003 (Estadísticas Mundiales de Incendios, GAIN nº 19, 2003)*
- [3] 3232, *VIB, "Aktuelle Brandschutzkonzepte" (Planes actuales de protección contra incendios) Schneider e.a., TU Wien, abril 2000*
- [4] 3157, *ROOFS, "De vuurbelasting van een dak", (La carga de fuego de un techo) Appels, Chr., septiembre 2002*
- [5] 3230, *"Impact on Insurance", (Impacto sobre los seguros) Battrick, P. FM Global, presentatie octubre 2001 Luxemburg*
- [6] 3172, *ASPO presentatie 26-01-2001, Las, H.E.*
- [7] 3204, *EUMEPS APME TR 01/2000 "testing naked EPS" (prueba de EPS desnudo) noviembre 2000*
- [8] 2839, *"Research in the causes of fire", (investigación de las causas de incendios) Prager, F.H., Cellular Polymers nr. 20-3 / 2001*
- [9] 3184, *"Omzetting Euroklassen", (Conversión de Euroclases) Mierlo, R. van, TNO, agosto 2001*
- [10] 2719, *"Long term re behaviour of EPS B1 and B2", (Comportamiento a largo plazo del EPS B1 y B2) APME TD 99/01, febrero 1999*
- [11] 3167, *"Fire behaviour of EPS", (Comportamiento frente al fuego del EPS), APME septiembre 2002*
- [12] 0110, *"Brandgedrag geïsoleerde stalen daken", (Comportamiento a fuego de Aislamiento en cubierta de acero) TNO, Zorgman, H., febrero 1987*
- [13] 0514, *"Giftigheid van gassen bij verbranding EPS", (La toxicidad en los gases de combustión de EPS) Zorgman, H., TNO, junio 1980*
- [14] 3234, *"Partículas e isocianatos de los incendios" SP Informe 2003:05*
- [15] 2010 t/m 2013, *"Rookproductie EPS 15/20, -N/-SE", (Producción de humo del EPS), TNO, enero 1998*
- [16] 2798 t/m 2959, *casuïstiek I, BDA, 2001-2002*
- [17] 3055, *TNO, o.a. 2004/CVB-B0336/RNP/TNL*
- [18] 3210, *TNO, o.a. 2004/CVB-B0833/NSI/TNL*
- [19] 3414, *2004 TNO-CVB-R0310*
- [20] 3189, *Euroclasses of EPS/Gypsum, "doublage", (Euroclases del EPS/yeso "doublage") APME/ EUMEPS, septiembre 2004*
- [21] 2965, *"Onderzoek sandwichpanelen", (Investigación sobre paneles Sandwich) Langstraat, W., TNO, marzo 2002*
- [22] 2966, *2001 TNO-CVB-B04432 y LICOF nº 0997506/nº 1115T07*
- [23] 3166, *ABI, "Fire performance of sandwich panels", (Comportamiento frente al fuego de paneles Sandwich)*
- [24] *TNO informe 2004-CVB-R0076, Paap, F., marzo 2004*
- [25] 0857, *"Bevordering brandveilig werken", BDA/ SBR, informe, noviembre 1990*
- [26] *Grossbrandversuch der Grazer Feuerwehr, septiembre 2007*
- [27] *"Analysis of the response of thermal insulation to fire", (Análisis de la respuesta del aislamiento térmico frente al fuego), fire hazard identification office Poland, marzo 2004*
- [28] NVN6050 *"Eisen aan ontwerp en detaillering loor brandveilig werken aan daken", (Requisitos para el diseño seguro contra incendios en techos) septiembre 2006*



Paseo de la Castellana, 203 - 1ª izq.
28046 Madrid
España
www.anape.es



Avenue E. Van Nieuwenhuyse, 4
B - 1160 Brussels
Belgium
www.eumeps.org