

CIELORRASOS SUSPENDIDOS
TERMOACUSTICOS

Seguridad
contra
incendios



Fábrica

HORN Y CIA. SRL

Facundo Zuviria 6305 - (3000) Santa Fe - Tel: (0342) 4893183 - Fax: (0342) 4893468
E-mail: marketing@horn.com.ar - Web: www.horn.com.ar

HORPAC[®]
cielorrastos termoacústicos

La seguridad contra incendios:

CIELORRASOS SUSPENDIDOS CON ALMA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Ing. Paul Ulrich Bittner

1. Introducción.
2. Seguridad en caso de incendio.
 - 2.1. Las fases de un incendio.
 - 2.2. Carga de fuego.
 - 2.3. Clasificación de los materiales según su reacción al fuego.
 - 2.4. Cielorrasos de Poliestireno Expandido.
 - 2.4.1. Reglamentos alemanes.
 - 2.4.2. Normas españolas.
 - 2.4.3. Ensayos Superintendencia Federal de Bomberos.
 - 2.4.4. Resistencia mecánica.
 - 2.5. Densidad óptica de humos.
 - 2.6. Toxicidad de los gases de combustión.
3. Conclusiones.
4. Bibliografía.

1. INTRODUCCIÓN

Hace algunos meses se cumplieron 45 años desde la invención, en Alemania, del poliestireno expandido y la ocasión es propicia para analizar algunas cuestiones que hacen a una de sus aplicaciones más exitosas, en la larga serie de logros alcanzados en sus distintas formas de uso. Nos referimos, aquí, a su empleo como cielorraso suspendido. Hace ya cuatro décadas que se emplean planchas de poliestireno expandido (EPS), en Alemania primero y luego en casi todo el mundo, para la construcción de cielorrasos suspendidos en combinación con estructuras de sostén de madera o de perfiles metálicas, generalmente de aluminio o de chapa de acero pintada, conformada en frío.

Estos cielorrasos se han ejecutado en una enorme cantidad de obras en Europa, incluyendo no solamente escuelas, jardines de infantes, edificios industriales y administrativos, bancos, restaurantes, salas de reuniones, piletas de natación cubiertas, hospitales e iglesias, sino también en edificios para uso militar, como la sala de reuniones del cuartel general de la OTAN en París, refugios contra ataques nucleares, etc.

En algunos sistemas de cielorrasos se emplean placas microperforadas, que proveen, en combinación con sistemas de colocación apropiados, una buena absorción acústica.

En nuestro país existen varios sistemas de cielorrasos suspendidos, diseñados sobre la base del uso del poliestireno expandido (EPS). Uno de ellos, el sistema HORPAC, desarrollado y fabricado por la firma Horn y Cia. S.R.L., de la ciudad de Santa Fe, ha tenido una importante difusión en el mercado de la construcción nacional y es posible verlo colocado en numerosas obras a lo largo y ancho del país.

Consiste en una estructura de perfiles "T" invertidos, de chapa de acero electrocincada con terminación de pintura horneable, o bien de perfiles de aluminio extruido, suspendida de la estructura del techo o entepiso, mediante bielas metálicas rígidas, con sus correspondientes trabas. Provee un entramado de paños de 1,22 x 0,61 m o de 0,61 x 0,61 m. Sobre las alas de los perfiles apoyan las placas de poliestireno expandido "difícilmente inflamable" (según Normas

DIN 4102), a las que se les aplica en fábrica un revestimiento mineral texturado, con diferentes clases de terminaciones.

El cielorraso por sí solo presenta una resistencia térmica $R_t = 0,74$ o $0,85 \text{ m}^2\text{K/W}$ para condiciones de invierno o de verano, respectivamente (IRAM 11601), dependiendo también de las condiciones del montaje (transmitancia térmica $k = 1,16$ o $1,01 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, respectivamente).

Una de las cuestiones que se plantean frecuentemente, en relación a este tipo de aplicaciones del EPS, es la de su comportamiento al fuego. Es éste un tema, que ha sido investigado y analizado profundamente, en diversos países del mundo; trataremos de dar aquí, a continuación, un panorama de los resultados obtenidos.

2. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

2.1. Las fases de un incendio

Los incendios de edificios comienzan típicamente con la ignición, por diferentes causas posibles, de algún material combustible, presente en uno de los habitáculos de la obra. A partir de ese momento, se produce inicialmente un, generalmente, lento incremento de la temperatura en el local afectado, en la medida en que el incipiente incendio, que está en su fase de crecimiento y propagación de las llamas, encuentra cantidades suficientes de materiales combustibles fácilmente inflamables (figura 1). El paulatino incremento de la temperatura en el lugar facilita la ignición de cantidades cada vez mayores de materiales combustibles, hasta alcanzar un punto en que se produce el así llamado "flash over" o "combustión brusca generalizada", definida como la "transición súbita al estado de combustión generalizada de toda la superficie del conjunto de los materiales combustibles incluidos dentro de un recinto" [1].

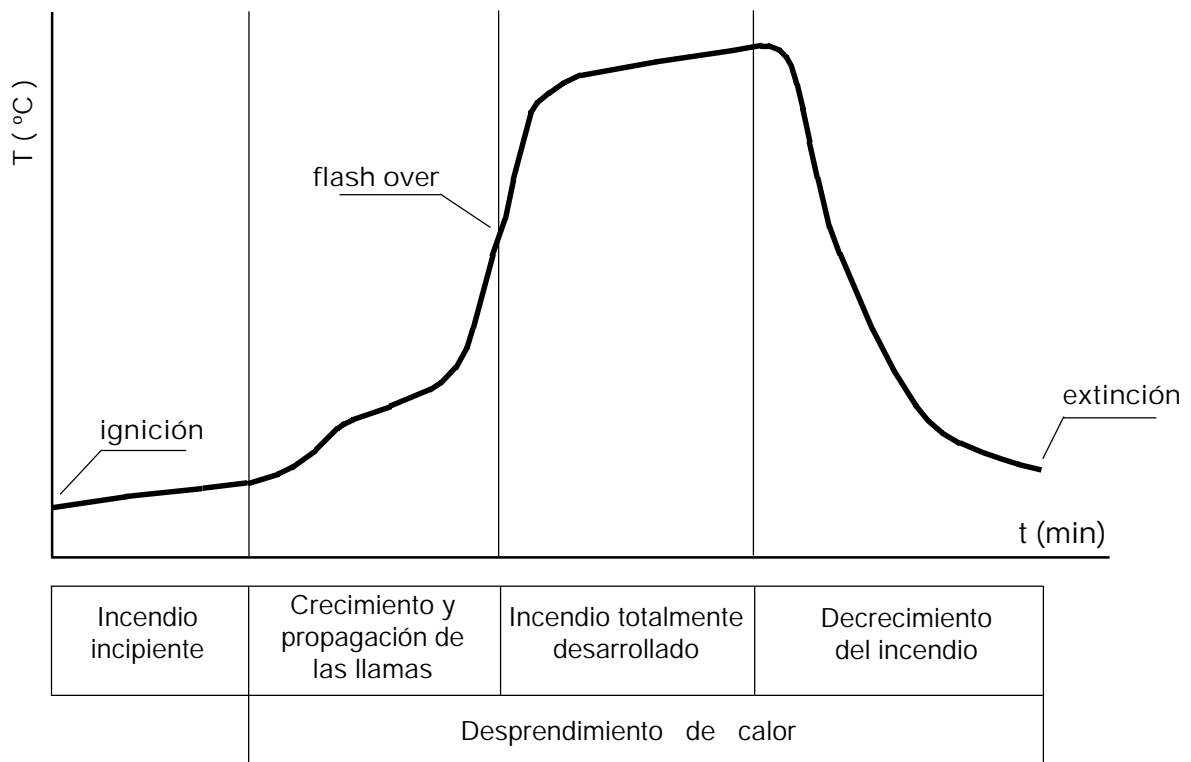


Figura 1: Fases de un incendio interior

A partir del "flash over" se llega rápidamente a un estado aproximado de equilibrio termodinámico del incendio, en que la cantidad de calor producido por unidad de tiempo es aproximadamente igual al calor desprendido por unidad de tiempo, debido a la convección, la

radiación y la conducción, incluyendo la energía acumulada por calentamiento de los elementos constructivos y los materiales depositados en el interior del local. En esta fase, el incendio se ha

desarrollado totalmente y la temperatura en el recinto permanece aproximadamente constante. Si se están realizando tareas de apagado de incendio, con agua, el calor latente de vaporización de los volúmenes de agua volcados por unidad de tiempo, incide en el balance termodinámico, disminuyendo la temperatura del incendio, con lo cual se logra disminuir la intensidad y duración del mismo.

Transcurrido algún tiempo, la energía producida por el incendio empieza a decrecer y ya no alcanza a igualar las pérdidas de calor debidas a los fenómenos mencionados en el párrafo anterior: el incendio entró en su fase de decrecimiento, con la disminución de la temperatura en el local, hasta la extinción total.

2.2. Carga de fuego

La duración y las características de los incendios reales dependen de muchos factores, de difícil evaluación, pero entre los más importantes se encuentran la carga de fuego y el grado de inflamabilidad de los materiales en el recinto.

Se ha definido una clasificación de los edificios según su carga de fuego [2], considerándose:

- carga de fuego baja, cuando el valor calorífico de los materiales combustibles depositados en su interior no supera los 250.000 kcal/m² en cada compartimiento de fuego, pudiendo llegar a 500.000 kcal/m², bajo determinadas condiciones;
- carga de fuego media, cuando los valores precitados no superan los 500.000 y 1.000.000 kcal/m², respectivamente;
- carga de fuego alta, cuando esos valores no superan 1.000.000 y 2.000.000 kcal/m², respectivamente.

Comúnmente, se expresa la carga de fuego en kg/m² de madera equivalente, adoptando un valor de 4.400 kcal/kg de madera. Así, se tendría:

- carga de fuego baja: 57 y 114 kg/m², respectivamente;
- carga de fuego media: 114 y 227 kg/m², respectivamente;
- carga de fuego alta: 227 y 455 kg/m², respectivamente.

Cargas de fuego mayores, que las citadas, requieren consideraciones y estudios especiales.

Teniendo a la vista los valores de cargas de fuego precedentemente citados, impresiona la escasa contribución del poliestireno expandido (EPS), cuya carga de fuego, en el caso de los cielorrasos HORPAC, ¡es de 2850 kcal/m² o sea 0,65 kg/m²!

2.3. Clasificación de los materiales según su reacción al fuego

Los materiales de construcción se clasifican en incombustibles o combustibles [3][4]. Estos últimos, a su vez, se subclasifican según su grado de inflamabilidad o de la propagación

superficial de llama, según cual sea la norma empleada.

Así, las normas DIN [3] clasifican los materiales de construcción en:

CLASIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
A A1 A2	Incombustible
B B1 inflammable B2	Combustible Difícilmente Medianamente
B3 inflammable	Fácilmente

En cambio, las normas IRAM [4] los clasifican en:

CLASE	DENOMINACIÓN	INDICE DE PROPAGACIÓN DE LLAMA	EQUIVALENCIAS CON NORMAS	
			ABNT ME-24	UNE 23-727
RE 1	Incombustible	---	---	M 0 *
RE 2	Muy baja propagación de llama	0 - 25	Clase A	M 1 *
RE 3	Baja propagación de llama	26 - 75	Clase B	M 2 *
RE 4	Mediana propagación de llama	76 - 150	Clase C	M 3 *
RE 5	Elevada propagación de llama	151 - 400	Clase D	M 4 *
RE 6	Muy elevada propagación de llama	> 400	Clase E	M 5 *

*) Dado que para las clases M1 a M5 los métodos de ensayos y de clasificación de las Normas UNE difieren de las adoptadas por IRAM y ABNT, la equivalencia con estas últimas es tan solo muy aproximada y puede diferir notoriamente en algunos casos.

No existe una correlación directa entre la clasificación de los materiales de construcción según las normas DIN o IRAM, pero en el caso particular del tipo de poliestireno expandido (EPS) utilizado en los cielorrasos HORMAC, corresponde la clasificación B1 "difícilmente inflamable" [6] según la norma DIN 4102-1 y RE2 "de muy baja propagación de llama" [7] según la norma IRAM que equivale, a su vez, a la "Clase A" de la norma brasileña ABNT ME-24. Además, clasifica como "M1" según la norma española UNE 23-727.

2.4. Cielorrasos de poliestireno expandido (EPS)

En la Argentina, las normas IRAM [5] especifican, para cielorrasos de poliestireno expandido, el empleo del tipo RE2 (según norma IRAM [4]) o del tipo "difícilmente inflamable" (según norma DIN [3]). Se trata del mismo tipo de poliestireno expandido, según se ha explicado precedentemente.

Resulta interesante analizar las prescripciones normativas o reglamentarias de otros países, con respecto a las exigencias en cuanto a la reacción al fuego de los materiales de cielorrasos. Tomaremos, como ejemplos, los casos de Alemania y España.

2.4.1. Reglamentos alemanes

En la República Federal de Alemania, los estados federados tienen el poder de policía de construcción y dictan sus reglamentos para la edificación. Existe un reglamento modelo

consensuado, a nivel nacional, que es utilizado por los diferentes estados federados para legislar los suyos propios que, aunque expresan las particularidades regionales y tradicionales, no difieren en mucho entre sí.

Para este trabajo se ha tomado el Reglamento Bávaro para la Construcción [8], que en su revisión del 18.4.1994 ha reformulado especialmente, entre otras cuestiones, todo lo atinente a la protección contra incendios, colocando a este reglamento entre los más actualizados, en esta materia.

De su lectura surge, en resumen, que solamente los cielorrasos en cajas de escaleras (que constituyan vías de escape en caso de incendio) de edificios de más de tres plantas con locales habitables deben ser de material tipo A (incombustible según DIN 4102), pudiendo ser de material tipo B2 ("normalmente inflamables") o mejor, en todos los demás casos. En los pasillos, en cambio, que también constituyen vías de evacuación, podrán ser de material tipo B2 o mejor en edificios de hasta dos plantas completas, debiendo ser de material tipo B1 ("difícilmente inflamable"), en los edificios más altos.

En los demás locales, los cielorrasos podrán ser de material tipo B2 o mejor. El material tipo B3 ("fácilmente inflamable") solo se admite en casos especiales, con restricciones.

De lo expuesto se desprende, que los cielorrasos HORPAC (material tipo B1) cumplen con las exigencias del reglamento bávaro actual en todos los casos, con la sola excepción de las cajas de escaleras de edificios de "gran altura".

2.4.2. Normas españolas

Las normas españolas [9] establecen para los cielorrasos en los recorridos de evacuación (pasillos, escaleras y otros recorridos de evacuación) los materiales tipo M1 (equivalente a RE2 según norma IRAM) en el interior de "recintos protegidos" y en los "recorridos normales" de edificios hospitalarios. En los recorridos normales de los demás edificios, podrán ser del tipo M2.

Establecen, asimismo, para los cielorrasos de los locales de "riesgos especiales", materiales tipo M1, vale decir de "muy baja propagación superficial de llama" (RE2 según IRAM).

Queda en claro que el EPS empleado en los cielorrasos HORPAC, y que responde al tipo RE2, satisface las condiciones exigidas en todos los casos planteados.

2.4.3. Ensayos de la Superintendencia Federal de Bomberos

Se enviaron muestras de placas de poliestireno expandido del tipo "difícilmente inflamable" (según DIN 4102) al Laboratorio de Ensayos de la Superintendencia Federal de Bomberos de la Policía Federal Argentina y también de las placas HORPACmr como figura en copia adjunta.

El informe establece claramente que el revestimiento acrílico mineral es incombustible, en tanto que el poliestireno expandido se fundió a las temperaturas de ensayo, sin presentar llamas. Desprende humo negro del lado opuesto al de la aplicación de la llama en el dispositivo de ensayo, vale decir, hacia la cámara de aire en el supuesto de un cielorraso suspendido montado realmente.

En los ensayos comentados no se evaluó la densidad ni el grado de toxicidad de los humos desprendidos de las placas hacia el lado opuesto a la exposición a las llamas. Dado el especial interés que revisten estos dos aspectos, se los analiza más adelante en los apartados 2.5 y 2.6.



2.4.4. Resistencia mecánica



Los ensayos realizados y la experiencia demuestran que el poliestireno expandido se funde, cuando es sometido a las elevadas temperaturas de un incendio, perdiendo el revestimiento mineral de las placas su resistencia mecánica.

Es evidente, sin embargo, que en el caso de un incendio real es necesario evacuar las personas presentes en el recinto incendiado, mucho antes de alcanzar las elevadas temperaturas mencionadas. En general, puede afirmarse que las temperaturas desarrolladas durante un incendio y que pueden afectar en la práctica a este tipo de cielorraso, son absolutamente insoportables para las personas, por lo que una discusión detallada de lo que puede ocurrir con el cielorraso a partir del momento de estar sometido a las mismas, tiene un interés más bien académico, sin mucha relevancia para la práctica.

2.5. Densidad óptica de humos

Los materiales de construcción combustibles tienen la propiedad de desprender humos, de mayor o menor densidad óptica, durante su combustión o pirodescomposición. Esta mayor o menor densidad óptica depende, para un material dado, de numerosos factores, de los cuales algunos son específicos de cada incendio en particular.

En términos generales, cabe destacar la influencia que, sobre la densidad óptica de los humos, ejerce la mayor o menor disponibilidad de oxígeno y la temperatura de la combustión. Estos factores tienen una importancia fundamental sobre el grado de la combustión o pirodescomposición, y por lo tanto de la densidad óptica del humo, puesto que para la combustión completa del poliestireno expandido, la densidad óptica del humo es prácticamente cero.



Las condiciones de densidad óptica de humo pueden tener influencia sobre las facilidades de evacuación de un edificio incendiado, dado que, si esta densidad fuese alta, podría dificultar la orientación de las personas durante la salida. Ello sería particularmente cierto en edificios con recorridos de evacuación largos e intrincados, con una elevada proporción de ocupantes ocasionales, que no conocen los recorridos de evacuación principales y/o alternativos. Lo mismo sería aplicable, obviamente, a edificios mayormente ocupados por habitantes habituales, pero que no suelen practicar simulacros de evacuación y podrían confundirse, por lo tanto, durante una evacuación en condiciones de pánico y bajo el influjo de una disminución del oxígeno, presente en el aire del edificio.

El EPS de los cielorrasos HORPAC contribuye con una carga de fuego máxima de unos 2850 kcal/m² o 0,65 kg/m², como ya se ha dicho. Si se comparan estas cargas de fuego con los valores indicados en la clasificación citada en el apartado 2.2, se aprecia el escaso aporte calorífico de estos cielorrasos, en caso de siniestro. De ello resulta que la contribución del EPS, de los cielorrasos mencionados, a la densidad óptica de los humos de un incendio real es, en la práctica, despreciable.

2.6. Toxicidad de los gases de combustión

La toxicidad de los gases de combustión del EPS ha sido extensamente investigada, hace ya unos cuantos años. Obviamente que todos los materiales, cuando son expuestos a procesos de combustión incompleta, emiten en mayor o menor medida gases que son tóxicos y lo que en realidad cabe investigar, es su toxicidad relativa. Vale decir, corresponde determinar en que medida los gases de combustión de un material dado poseen una toxicidad mayor o menor que la de otros materiales, tradicionales, cuyos efectos sobre las personas, en caso de incendio, son bien conocidas.

Los gases de combustión de los incendios son siempre una mezcla de diferentes gases. En el caso del poliestireno expandido difícilmente inflamable (DIN 4102), utilizado en los cielorrasos HORPAC, la fracción de gas relevante desde punto de vista toxicológico es, como en el caso de la madera, el corcho, el caucho y otros materiales tradicionales, el monóxido de carbono. Ello se debe a la combustión incompleta, ya que si fuese completa, y teniendo en cuenta que el EPS es un hidrocarburo puro, sus gases de combustión estarían constituidos por vapor de agua y dióxido de carbono: ambos gases con presencia permanente e inocua en la atmósfera.

Como queda dicho, entonces, la presencia de monóxido de carbono depende del grado de completamiento de la combustión. En la tabla, se indican los contenidos de monóxido de carbono en los gases de combustión de algunos materiales, en función de la temperatura en el horno, durante el ensayo [6][10]:

Tabla: Contenidos de monóxido de carbono en los gases de combustión, en ppm (ensayo según DIN 53.436)

MATERIAL	TEMPERATURA DE ENSAYO			
	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C
Poliestireno Expandido difícilmente inflamable (B1 según DIN 4102)	10	50	500	1.000
Idem, fácilmente inflamable (B3 según DIN 4102)	50	200	400	1.000
Madera de Pino	400	6.000	12.000	15.000
Placas de corcho expandido	1.000	3.000	15.000	29.000
Madera aglomerada	14.000	24.000	59.000	69.000

Del contenido de la tabla se desprende claramente el escaso aporte del monóxido de carbono de la combustión del poliestireno expandido, a la toxicidad de los gases de combustión de un incendio real, en el que intervienen una gran variedad de materiales que tienen una contribución de monóxido de carbono muy superior.

Ese aporte debido al EPS es tanto más insignificante, cuanto es escasa la contribución de los cielorrasos analizados a la carga de fuego del edificio, como ya se ha mencionado en los apartados 2.2 y 2.5.

La escasa incidencia desfavorable de los gases de combustión del poliestireno expandido, empleado en los cielorrasos HORPAC, ha quedado demostrado en extensos programas de ensayos biológicos [11] con animales de laboratorio, cuya necesidad surgió hace años en Europa

para responder con argumentos fehacientes y hechos científicamente comprobados a cuestionamientos irracionales hacia nuevos productos, como los materiales plásticos en general y el poliestireno expandido en particular.

3. CONCLUSIONES

Las consideraciones precedentes permiten concluir, que los cielorrasos de poliestireno expandido tipo B1 (según norma DIN 4102) o tipo RE2 (según norma IRAM 11910-1), que se emplea en los cielorrasos HORMAC, pueden ser usados en casi todos los casos (con muy escasas excepciones), de acuerdo a las normativas más modernas de países que cuentan con una verdadera conciencia y requisitos estrictos, en la lucha y prevención contra incendios.

A ello contribuye su propiedad de difícilmente inflamable que hace prácticamente imposible su participación en el origen del incendio, su reducido aporte calorífico (carga de fuego) en el caso en que el incendio se haya iniciado por otras causas y su escasa incidencia en la producción de gases tóxicos y densidad de humos, en un incendio desarrollado.

Otros efectos benéficos que podrían derivar de su utilización, como por ejemplo la prevención de la formación de mezclas explosivas de gases, en caso de incendio, con las consecuencias previsibles, o la eventual limitación de la temperatura en el recinto del fuego, posible en determinadas tipologías constructivas, que podrían evitar que se llegue a la temperatura del "flash over" con todo lo que ello implica para las posibilidades de limitar y apagar el foco de fuego inicial, exceden el marco de este trabajo por constituir casos específicos, interesantes por cierto, pero cuyo análisis se deja para otra oportunidad.

4. BIBLIOGRAFÍA

[1] Norma IRAM 3.900-1: Terminología del fuego e incendios - Definiciones fundamentales. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires: noviembre 1993.

[2] Esquema Norma IRAM 11.540: Edificios - Definiciones y características relativas a la prevención de incendios. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires: agosto 1973.

[3] Norma DIN 4102-1: Materiales de construcción; Definiciones, Requisitos y Ensayos (en alemán). Editorial Beuth GmbH, Berlín: mayo 1981.

[4] Norma IRAM 11.910-1: Materiales de construcción - Reacción al fuego - Clasificación de acuerdo con la combustibilidad y con el índice de propagación superficial de llama. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires: mayo 1994.

[5] Norma IRAM 1.737: Materiales aislantes térmicos - Plásticos celulares (Anexo B). Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires: mayo 1994.

[6] Ernst Neufert: Manual del Styropor, 2. Edición. Editorial Herder S.A., Barcelona: 1970.

[7] Asociación Argentina del Poliestireno Expandido (AAPE): Poliestireno Expandido (EPS) - Información Técnica para su uso en la construcción. AAPE, Buenos Aires: enero 1994.

[8] Jürgen Busse: Die neue Bayrische Bauordnung (El nuevo Reglamento Bávaro para la Construcción), 1. Edición. Editorial Rehm, Munich: 1994.

[9] Norma Básica de la Edificación NBE CPI-91: Condiciones de protección contra incendios en los edificios. Aprobado por Real Decreto 279/1991.

[10] Industrieverband Hartschaum e.V.: Brandverhalten und sichere brandschutztechnische Anwendung - Styropor als schwerentflammbarer Dämmstoff im Bauwesen (El comportamiento en caso de incendio y aplicación segura bajo el punto de vista de la seguridad contra el fuego - Styropor como material aislante difícilmente inflamable en la construcción). IVH, Heidelberg: noviembre 1987.

[11] H. Oettel y H.Th. Hofmann: Gesundheitsgefahren durch Ver-schmelungsprodukte von organischem Material unter besonderer Berücksichtigung der Kunststoffe (Peligros para la salud por productos de pirodescomposición de materiales orgánicos con especial consideración de los materiales plásticos). Revista VFDB-Zeitschrift N° 3, Editorial W. Kohlhammer, Stuttgart: 1968.

