



Comportamiento frente al fuego de materiales de uso en el interior de edificios(*)

JESÚS CEAMANOS LAVILLA

Licenciada en Ciencias Químicas (ZARAGOZA).

SUMARIO

En este artículo, el autor presenta de forma resumida las conclusiones obtenidas después de un profundo estudio de la bibliografía existente en la actualidad sobre el comportamiento al fuego de los materiales utilizados en la construcción de edificios destinados a uso público, así como los resultados experimentales obtenidos de diferentes poliuretanos utilizados en la decoración y mobiliario de las habitaciones en su reacción frente al fuego.

Palabras clave: Prevención de incendios, edificios públicos, reacción al fuego, poliuretanos.

INTRODUCCIÓN

Los elementos constructivos, como puertas y falsos techos, el mobiliario, y los elementos decorativos, como recubrimientos de suelos o de paredes, cortinas, deben tener características especiales de seguridad cuando se utilizan en locales o edificios de pública concurrencia. La normativa local y estatal contra incendios en este ámbito es muy exigente, en algunos casos debido a incendios con gran número de víctimas. Un estudio del comportamiento frente al fuego de estos mate-

(*) Este artículo es el resumen del trabajo presentado a la Fundación MAPFRE como resultado final de la investigación desarrollada durante el año 1994 a raíz de la beca concedida en su Convocatoria 1993-1994, sobre «Comportamiento al fuego de elementos y materiales en edificios de uso público y su efecto sobre las personas».

riales y su efecto sobre las personas se enfrenta con una amplia variedad de temas:

- Las características diferenciadas de los edificios de uso público.
- La influencia de la morfología del edificio (normalmente determinada por su uso), en el desarrollo del incendio y, por tanto, en las medidas de seguridad necesarias.
- El comportamiento de materiales puros, independientemente de su uso final.
- El comportamiento de elementos interiores tal como se usan en la edificación.
- Los elementos consecuencia de incendio, el fuego, los gases tóxicos y los humos y sus efectos sobre las personas.

En este trabajo se presentan de forma resumida las conclusiones y recomendaciones extraídas de la bibliografía, así como los resultados experimentales obtenidos de distintos poluretanos en su reacción frente al fuego.

INCENDIOS EN EDIFICIOS PÚBLICOS

Tipos de incendios

Los incendios pueden clasificarse en distintas categorías, atendiendo al tipo de combustión, a la ventilación y a la posición relativa de las personas con relación al foco del incendio. Estas diferencias dan lugar a distintos efectos sobre las personas. Las categorías principales son:

- Combustiones lentas, sin llama, independientemente de la situación de las personas (cerca o lejos del punto de inicio del incendio). Este tipo de combustiones puede ocurrir en muebles, recubrimientos de suelos, cables, etc. La descomposición es lenta, de forma que puede transcurrir una hora o más para que las condiciones sean peligrosas. Aunque la cantidad de material que arde sea pequeña, la cantidad de CO emitido puede ser alta. Se trata de un caso muy peligroso para personas dormidas o incapacitadas. La combustión sin llama suele evolucionar a combustión con llama antes de que el incendio sea descubierto por lo que es difícil averiguar si el inicio del incendio ha sido sin llama.

- Combustión con llama en zonas bien ventiladas, independientemente de la situación de las personas. Cuando los materiales no contienen retardantes de llama, las combustiones son eficientes, por lo que la concentración de gases tóxicos y humos es pequeña. Cuando los materiales contienen retardantes o si el fuego crece lo suficiente como para que el aporte de oxígeno sea insuficiente, la concentración de gases tóxicos y el calor liberado aumentan. Aunque los efectos son muy peligrosos en relativamente poco tiempo, pues tres minutos son suficientes para escapar de la habitación, a no ser que el ocupante esté incapacitado, intente apagar el fuego o recuperar pertenencias. A pesar de estas características, las estadísticas muestran que el número de muertes es mucho mayor en incendios que tardan en descubrirse treinta

minutos o más, es decir, del tipo de combustión lenta. Un factor clave para la supervivencia es la rápida detección combinada con el uso de materiales con velocidad de combustión lenta.

- Combustión en zonas con poca ventilación, donde las personas se encuentran en el lugar de inicio del fuego. En esta situación, el oxígeno disponible se consume rápidamente, por lo que se producen humos densos con altas concentraciones de CO. Esto provoca incapacitación y muerte en pocos minutos.

- Incendios completamente desarrollados, donde las personas están alejadas del incendio (dentro o fuera del recinto donde tiene lugar el incendio). Se trata de fuegos de gran tamaño, donde las personas están alejadas de la habitación del incendio o de lugares de gran tamaño en los que el fuego está localizado en una zona. Este tipo de incendios es el que produce desastres con muchas víctimas. El incendio de gran tamaño produce humos tóxicos de forma rápida y abundante, por lo que incluso los edificios grandes pueden llenarse de humo rápidamente. Las condiciones de descomposición dependen de la ventilación, pero en la mayoría de los casos tienden a alcanzarse temperaturas muy elevadas y se producen con defecto de oxígeno. Estas condiciones favorecen la producción de humos densos, altas concentraciones de CO y HCN, en el caso de materiales que contienen nitrógeno, o HCl, cuando contienen cloro.

Una característica común en este tipo de incendios es la existencia de fallos en los sistemas de alarma y en la evacuación. En muchos casos, el fuego se descubrió pronto y se intentó sofocar, pero no se ordenó a las personas que salieran mientras el fuego era pequeño. Las personas no suelen saber que un fuego pequeño crece con velocidad exponencial y se transforma rápidamente en un incendio peligroso para la vida. Podría decirse que cuando una persona es capaz de percibir que el incendio puede ser peligroso ya es demasiado tarde para escapar. En la mayoría de los casos, la evacuación se produce tarde y con instrucciones inexactas, poca autoridad y mala información.

Los edificios públicos

El uso del edificio y su morfología condicionan en parte el tipo de incendio, así como las medidas preventivas a tomar. En la tabla 1 se resumen las actividades más frecuentes en es-



Las personas no suelen saber que un fuego pequeño crece con velocidad exponencial y se transforma rápidamente en un incendio peligroso para la vida.

los edificios, su morfología más habitual, la previsible importancia de la carga calorífica y la morfología en la propagación de llamas y productos de combustión y las medidas preventivas posibles.

Materiales y elementos interiores

Estudios realizados (Millier, 1993) por algunos autores muestran que cuando se investiga el escenario pos-

terior a un incendio, los materiales involucrados más habituales son:

- Marcos de puertas y ventanas.
- Cables eléctricos.
- Colchones y camas.
- Recubrimiento de paredes.
- Mobiliario tapizado.
- Ropas.

También se observa que los materiales asociados a la construcción del edificio (elementos estructurales, cables, etc.) son responsables de mayor número de incendios que los ele-

mentos de mobiliario (camas, muebles, etc.). Sin embargo, cuando el incendio se inicia en un elemento de mobiliario, el fuego suele provocar mayor número de víctimas.

La utilización de materiales adecuados permite alargar los tiempos para los que se alcanzan condiciones peligrosas para la vida y, por tanto, aumentar el tiempo disponible para la evacuación. En la tabla 2 se muestran los tiempos necesarios para alcanzar estas condiciones peligrosas.

TABLA 1. Actividades en edificios de uso público y medios de seguridad contra incendios necesarios.

		Actividad					
		Docente	Sanitaria	Reclusión	Residencial (Hoteles)	Comercial	Administrativa
Características del edificio	Conocimiento entorno	Si	No	Si	No	No	Si
	Carga calorífica				Si	Si	Si
	Compartimentos existentes	Si	Si	Si	Si		
Características del incendio	Rapidez propagación llamas por carga calorífica				Si	Si	Si
	Rapidez propagación humos por morfología	Si	↑Si	Si	↑ Si	↔ Si	↑Si
Prevención pasiva	Refugio seguro		Si	Si	↑Si	↑Si	↑Si
	Vías evacuación	Si	Si	No	Si	Si	Si
	Simulacros	Si	No	Si			Si
	Compartimento				↔Si	↔Si	↔Si
Prevención activa	Extinción manual	Si	Si		Si	Si	Si
	Extinción automática	Si		Si	Si	Si	Si

↑: Edificios altos. ||: Edificios con grandes espacios interiores, galerías o atrios. ↔: Edificios de una planta y gran extensión.

TABLA 2. Tiempos necesarios para alcanzar condiciones peligrosas para la vida en experimentos a escala real (Babrauskas, 1993).

Tipo de materiales	Habitación origen del fuego			Habitación alejada	
	Tiempo flashover* (s)		Tiempo para alcanzar una dosis de exposición efectiva CO peligrosa (s)	Tiempo para alcanzar una dosis de exposición efectiva CO peligrosa (s)	
	T* (°C)	Tiempo (s)		Dosis	Tiempo (s)
No retardados	600	110	164 167 168		200 215 226
	600	112			
	600	116			
Retardados	273 ^a	∞	1.939 2.288 1.140	0,40 ^b 0,29 ^c	∞ ∞ 1.013
	285 ^b	∞			
	334 ^c	∞			

*Tiempo en alcanzar una temperatura de 600 °C.

^aMáxima temperatura alcanzada en la habitación (°C).

^bMáxima dosis de exposición efectiva alcanzada. La dosis de exposición efectiva se define como la relación entre la dosis de gas tóxico recibida (concentración por tiempo de exposición) y la dosis causante de incapacitación o muerte.



El efecto de los humos y gases tóxicos sobre las personas depende en gran medida de las condiciones físicas individuales.

De experimentos a escala real se han obtenido las siguientes conclusiones respecto al tiempo disponible para evacuación cuando se utilizan materiales retardantes:

- La masa consumida en materiales retardados es la mitad que en no retardados.

- La velocidad de emisión de calor es cuatro veces menor para materiales retardados.

- Aunque los retardantes de llama dan lugar a mayor generación de CO y humos por kilo de material quemado, este efecto se ve compensado por la menor velocidad de combustión. Por ello, la concentración de CO alcanzada en la habitación con materiales retardados es la mitad que con materiales sin agentes retardantes.

- La producción de humos es similar en ambos casos.

- Debido a los puntos anteriores, la conclusión principal es que el tiempo disponible para evacuar la habitación es quince veces mayor en el caso de materiales con agentes retardantes.

La utilización de materiales adecuados permite alargar los tiempos para los que se alcanzan condiciones peligrosas para la vida y, por tanto, aumentar el tiempo disponible para la evacuación.

La generación de humos y de gases tóxicos son una de las causas más importantes de las muertes producidas en los incendios. Se ha encontrado que la toxicidad de los productos de combustión de la mayoría de los materiales son relativamente

similares (Purser, 1988). Puede haber alguna variación, según las condiciones de la combustión, pero se ha demostrado que en la mayoría de los materiales, la toxicidad se encuentra aproximadamente entre 5-60 mg/litro (medida en términos de LC_{50} , es decir, la concentración que causa la muerte de la mitad de los animales expuestos durante treinta minutos). Otra variable del estudio de la peligrosidad del incendio es la velocidad de emisión de calor.

La cantidad y tipos de gases de combustión presentes durante y después de un incendio varía fundamentalmente con la composición química del material en combustión, con la cantidad de oxígeno disponible y con la temperatura. Sin embargo, de la investigación llevada a cabo en numerosos materiales se ha deducido que los efectos tóxicos de los productos de combustión se deben a un pequeño número de gases tóxicos bien conocidos. Los más letales son: monóxido de carbono, dióxido de carbono, cianuro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, e igualmente puede resultar mortal la insuficiencia de oxígeno.

El efecto de los humos y gases tóxicos sobre las personas depende del tiempo de exposición, de la concentración de los gases en el aire y también, en gran medida, de las condiciones físicas individuales. La pérdida visual producida por los humos reduce la facilidad de escape o bloquea a las personas cuando la ruta de escape está invadida por los mismos. La incapacitación y, finalmente, la muerte se debe principalmente a dos efectos: narcótico e irritante. Según el primer efecto, los gases CO, HCN, CO₂ y las bajas concentraciones de O₂ afectan a los sistemas nervioso y cardiovascular, provocan pérdida de consciencia y, finalmente, la muerte por asfixia. El efecto irritante se localiza en ojos, nariz, garganta y pulmones, y además causa inflamación de los pulmones y edema, lo que puede llevar a la muerte pocas horas después de la exposición.

Debido a ello se está desarrollando una amplia investigación respecto al comportamiento de estos materiales frente al fuego (Batt, 1989; Purser, 1990; Barker, 1992; Dittmar, 1993; Wooley, 1974). Las principales características que se han de estudiar son:

- Tiempo y temperatura de ignición.
- Velocidad y propagación de llama.
- Emisión de calor y humos.
- Toxicidad de los gases de combustión.

Para estudiar su comportamiento frente al fuego se han desarrollado gran cantidad de ensayos, clasificados en tres grupos principales, según su escala:

1. Pequeña escala. La cantidad de muestra reducida facilita un minucioso control de las condiciones del ensayo, así como la reproducibilidad y bajo coste de éstos. Sin embargo, el principal problema que plantean es la aplicación de los datos así obtenidos al comportamiento de los materiales en un incendio real. Se encuentran en pleno desarrollo en la actualidad y se realizan en los calorímetros OSU, de cono (ISO 5660 y ASTM E 1354-90), ISO (ISO 5667), además del test de propagación de llama (ASTM-E 1321).

2. Escala media. Se utilizan fundamentalmente para el ensayo de elementos de mobiliario, tales como, sillas, sofás, camas, etc., observándose en ellos el tiempo de ignición ante diferentes fuentes de ignición (estufas, cigarrillos, papeles encendidos, etc.), así como las emisiones de gases, humos y flujo calorífico durante la combustión. Los principales ensayos de este tipo se realizan en los calorímetros NBS y FRS, para muebles, y en el Nordtest NT 032.

3. Gran escala. También llamados de escala real, intentan simular el escenario real de un incendio. Se observa fundamentalmente la emisión de calor, propagación de llama, emisión y propagación de los humos, así como la composición de éstos. Resultando de gran interés observar el tiempo para el cual se produce el punto de inflamación o *flashover*. Los principales ensayos de este tipo son el *corner test*, o de rincón, y el *room test*, o de habitación (Wickström, Göransson, 1992; Hovde, 1991; Sugawa, 1985).

POLIURETANO. ESTUDIO EXPERIMENTAL

En los últimos años se ha producido un gran aumento en la utilización de espumas de poliuretano, tanto para su utilización en elementos de mobiliario (todo tipo de tapizados, colchones), donde prácticamente han desplazado por completo a otro tipo de materiales, como en el campo de la construcción como aislante térmico y en equipos frigoríficos y eléctricos. Resulta obvio que en cualquier vivienda o local público en la actualidad es posible encontrar elementos compuestos por espumas de poliuretano. Por ello resulta de sumo interés establecer cómo responderían dichos ma-



Los incendios pueden clasificarse en distintas categorías atendiendo al tipo de combustión.

La cantidad y tipos de gases de combustión presentes durante y después de un incendio varía fundamentalmente con la composición química del material en combustión, la cantidad de oxígeno disponible y la temperatura.

teriales en caso de incendio. Por su naturaleza química pueden emitir gases altamente tóxicos durante su combustión.

Bajo el nombre de poliuretanos se agrupan un amplio número de polímeros de muy diferente composición y propiedades. Todos ellos tienen en

común que son productos generados por la poliadición de diisocianatos o triisocianatos con alcoholes polifuncionales (di o trioles). En este trabajo se han utilizado poliuretanos flexibles (de distinta densidad) y rígidos.

En el estudio experimental llevado a cabo se han realizado los siguientes tipos de experimentos:

– *Ignición pilotada.* Las muestras utilizadas tienen un tamaño de 6 X 6 X 4 cm. Sobre las mismas se dispone un panel radiante a una distancia de 3,6 cm, así como una pequeña llama piloto que actúa como iniciador de la ignición. Se han realizado experimentos en disposición horizontal y vertical. En la tabla 3 se presenta un resumen de los experimentos realizados y los resultados obtenidos.

– *Velocidad de propagación de llamas.* De acuerdo con la Norma UNE 53 127 se ha estudiado la influencia de la presencia de retardantes de llama. En la tabla 4 se presentan los resultados para distintas densidades y espesores.

– *Análisis de gases de combustión.* Los experimentos se ejecutan de

TABLA 3. Temperaturas de ignición experimentales para los distintos tipos de espumas de poliuretano y disposición horizontal o vertical.

	Orientación vertical	Orientación horizontal
PUR Flexible	201,4	264,5
PUR Flexible retardado	-	282,4
PUR Rígido retardado	-	346*

* Sólo se produce ignición para flujos de calor 30,7 y 40,3 kW/m².

forma similar a los experimentos de ignición pilotada, agregándose únicamente el sistema de análisis de gases. Los gases de combustión se analizan mediante cromatografía gaseosa (CO y CO₂) mediante análisis en disolución (HCN). En la tabla 5 se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

TABLA 5. Emisiones de gases tóxicos en la combustión de espumas flexibles de poliuretano.

CO (g/g sólido)	CO ₂ (g/g sólido)	HCN (g/g sólido)	CO (ppm)	CO ₂ (%)	HCN (ppm)
0,05	0,625	4,33 x 10 ⁻¹	1,492	1,91	2,2

CONCLUSIONES

Del estudio bibliográfico realizado acerca del comportamiento de elementos utilizados en el interior de edificios se han obtenido las siguientes conclusiones:

a) En cuanto a los elementos constructivos interiores, de mobiliario o de decoración, debe tenerse en cuenta que los más peligrosos por su participación en los incendios son marcos de puertas y ventanas, cableado, camas y mobiliario tapizado, recubrimiento de paredes y ropas. En el estudio de su comportamiento destaca la gran cantidad de variables que influyen en éste.

b) En general, y gracias a la presencia de productos retardantes, el comportamiento alcanzado, tiempo de ignición y propagación de llama, son buenos. La cantidad de gases tóxicos emitidos por unidad de masa es superior en los productos retardados. Sin embargo, al ser materiales con baja emisión de calor da lugar a una baja pérdida de peso y, por tanto, a una pequeña cantidad de productos

TABLA 4. Resultados de la experimentos de propagación de llama de espumas flexible de poliuretano según densidad y grosor.

Densidad (kg/m ³)	Espesor (cm)	Velocidad de propagación (mm/s)
20,00	3,00	4,07
20,00	4,00	3,53
25,00	4,00	2,51
25,00	0,90	2,78
30,00	2,30	2,23
30,00	4,15	2,16
27,00 (con retardante)	2,50	Autoextinguible

* Sólo se produce ignición para flujos de calor 30,7 y 40,3 kW/m².

de combustión. Cuando los materiales contenidos en una habitación contienen retardantes de llama, el tiempo disponible para evacuar la misma puede ser quince veces mayor.

c) En el estudio de comportamiento frente al fuego de mobiliario tapizado y de colchones para centros institucionales se puede hablar de un rango de valores de flujo de calor por debajo del cual la propagación se produce lentamente. Los elementos con retardantes de llama, habitualmente utilizados en estos centros, no sufren pérdidas de sus propiedades retardantes (Larena, Hernández, 1994).

d) En cuanto a los recubrimientos de paredes y techos, el material con mejor comportamiento frente al fuego es el tablero de yeso solo o cubierto con papel o tela. Entre los materiales con peores características se pueden citar la espuma de poliuretano rígido, la lana mineral cubierta con tela y los paneles conglomerados.

e) Los cables eléctricos son la causa de numerosos incendios. Su importancia es doble, pues, además de

la posible causa de incendio, el fallo eléctrico puede inutilizar los medios de detección, alarma y extinción, haciendo que un fuego inicialmente pequeño pueda crecer sin ser advertido. Los materiales con peor comportamiento son PVC y polietileno de baja densidad. Los mejores son copolímeros de etileno/propileno fluorado, polietileno y poliolefina de alta densidad y copolímeros de etileno/acetato de vinilo. En cuanto al envejecimiento de los cables, el elemento de mayor influencia es la temperatura elevada más que una atmósfera con vapor de agua.

En cuanto al estudio experimental realizado sobre el comportamiento frente al fuego de espumas de poliuretano, se han obtenido las siguientes conclusiones:

a) La temperatura de ignición puede considerarse aproximadamente constante, independiente de la densidad y dependiente de la presencia de retardantes y de la orientación.

b) La pérdida de peso de material, y más concretamente la conversión alcanzada en el momento de la ignición, indican la extensión de la degradación del material necesario para que se produzca la ignición. Excepto para la mínima potencia de calentamiento (4,7 kW/m²), se puede hablar de un rango de conversión del 7 al 10 por 100 en el que se suele producir la ignición, independientemente de la densidad y de la presencia de retardantes.

c) El tiempo necesario para la ignición de espumas flexibles de poliuretano aumenta al disminuir el flujo de calor aplicado. Existe un flujo de calor mínimo para el que el tiempo de ignición aumenta considerablemente. La fusión del material puede retrasar asimismo la ignición, pues la superficie del material se retrae, con lo que disminuye el flujo de calor recibido. Esta fusión se produce en mayor medida cuanto mayor es la densidad de material.

d) La presencia de retardantes de llama no da lugar, de forma apreciable, a un retardo del tiempo de ignición. Los flujos radiantes necesarios para producir la ignición de los poliuretanos sí que dependen de la presencia de retardantes. Tampoco influye de la forma importante la disposición horizontal o vertical de la muestra.

e) Los resultados obtenidos de descomposición del material corresponden con los valores de descomposición para distintas temperaturas dados por Purser (1990). La temperatura de ignición 270-280 °C coincide

con la temperatura de descomposición del poliuretano en polioli y productos de pulverización del toluendil-isocianato. La temperatura tras ignición se estabiliza en torno a 700 °C, produciéndose principalmente CO y HCN como gases tóxicos. Los valores de emisión de CO por gramo de material son del mismo orden que los obtenidos por Purser (1990). Los valores de HCN obtenidos son menores.

En cuanto a la concentración en la cámara, los valores de dosis de exposición peligrosos para la vida son 35.000 ppm-min para el CO, del 2 al 10 por 100 para el CO₂ y unos 1.500 ppm-min para el HCN, como media, si bien el valor de la dosis peligrosa disminuye mucho al aumentar la concentración de HCN. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de gases, y teniendo en cuenta las dosis de exposición que se consideran peligrosas para la vida, el CO sería el responsable de las muertes en la combustión de poliuretano. Es decir, en las condiciones experimentales utilizadas el CO es el gas para el que se alcanzan condiciones peligrosas en menos tiempo. En el peor de los casos (combustión lenta, a baja potencia de calentamiento y en orientación horizontal), las condiciones peligrosas para la vida se alcanzan en tan sólo siete minutos. El mejor de los casos se produce al utilizar espuma tratada con retardantes de llama. Aunque la emisión por gramo de muestra es del mismo orden que en espumas convencionales, la combustión limitada da lugar a una baja concentración en la cámara. Según estas estimaciones, sólo se alcanzarían condiciones peligrosas a tiempos muy superiores a los tiempos de evacuación habituales.

Se podría realizar una extrapolación de la masa de muestra y del volumen de la cámara de combustión. Para una habitación de una superficie de 20 m², las condiciones alcanzadas en el interior de la cámara de combustión se alcanzarían con la combustión de unos 4 kg de poliuretano o unos 0,16 m³. Haciendo una pequeña estimación de los volúmenes de poliuretano contenidos en algunos muebles tapizados, un sofá y seis sillas almohadilladas serían suficientes para alcanzar estas condiciones peligrosas. El caso de un dormitorio es más peligroso todavía. Tomando una superficie típica de 12 m² el volumen de poliuretano necesario para alcanzar condiciones peligrosas sería de 0,1 m³. Un colchón de 90 cm supone un volumen casi tres veces mayor (0,27 m³).

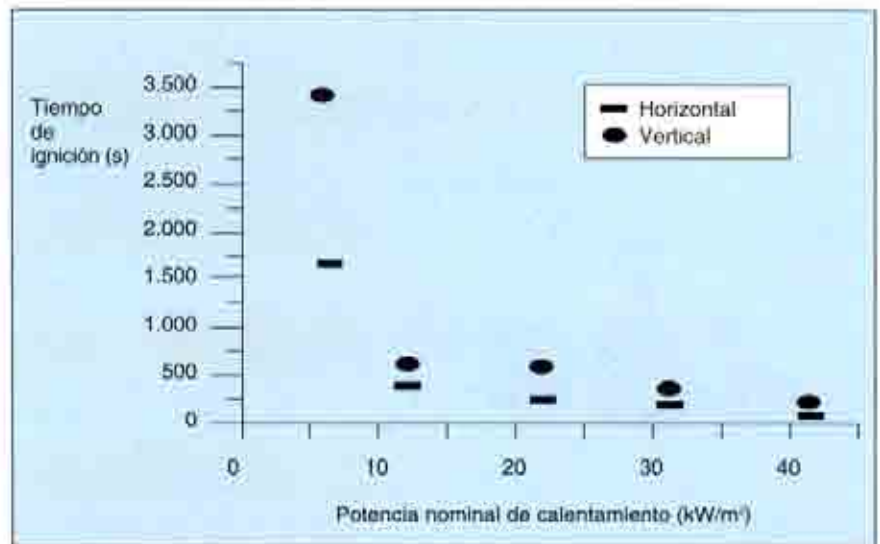


Figura 1. Variación del tiempo de ignición del material con el flujo radiante incidente para disposición horizontal o vertical.

Los incendios pueden clasificarse en distintas categorías, atendiendo al tipo de combustión, a la ventilación y a la posición relativa de las personas con relación al foco de incendio. Estas diferencias dan lugar a distintos efectos sobre las personas.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM Fire Test Standards, 4th Ed. (1993).
- BABRAUSKAS, V.: «Bench-scale Predictions of Mattres and Upholstered Chair Fires-Similarities and Differences», *NIST Report 5152*, Natl. Inst. Stand. Tech., 1993.
- BARKER, M.; HANNABY, M.P.; LOCKWOOD, F. J.: «Combustion Modified Moulded Polyurethane Flexible Foam for the Furniture Industry», *Cellular Polym.* 11, núm. 2, p. 83 (1992).
- BAROUDI D., y KOKKALA, M.: «Systematic estimation of the confidence of the cone calorimeter test results», *Proceed of Fire and Materials '93*, p. 47 (1993).
- BATT, A. M., y APPLEYARD, P.: «The Mechanism and Performance of Com-

- bustion Modified Flexible Foams in Small Scale Fire Tests», *J. of Fire Sci.* 7, p. 338 (1989).
- DITTMAR, E., y CAPRON, R.: «Determination of the Thermal Flux Intensity in a "Fire Model". Influence of this Intensity on the Thermal Degradation of a Polyurethane Foam», *Polym. Degrad. and Stabli.* 40 (1993), 37-44.
- HOVDE, P. J.: «Comparison Between Nordtest and ISO Fire Test Methods», *Proceed of EUREFIC Seminar*, p. 47 (1991).
- LARENA, A., y HERNÁNDEZ, P.: «Influencia del producto ignífugo y su aplicación en el comportamiento al fuego en mezclas de fibras textiles», *MAPFRE SEGURIDAD*, 53, p. 33, (1994).
- MILLER, A.L.: «Types of Materials Commonly Involved in Fires», *Proceed. of Fire & Materials*, 2nd Inter. Conf., p. 27 (1993).
- PURSER, D. A.: «Modelling Time to Incapacitation and Death From Toxic and Physical Hazards in Aircraft Fires», *Proceed. of Aircraft Fire Safe* (1988).
- PURSER, D. A.: «The Development of Toxic Hazard in Fires from Polyurethane Foams and the Effects of Fire Retardants», *Proceed. of Flame Retardants'90* (1990).
- SUGAWA, O.; OGAHARA, I.; OZAKI, K.; SATO, H., y HASEGAWA, I.: «Full Scale Test of Smoke Leakage from Doors of a Highrise Apartment», *Fire Safety Sci., Proceed. of the 1st Inter. Symp.*, p. 891 (1985).
- UNE 53 127: *Inflamabilidad de espumas y láminas de plástico.*
- WICKSTRÖM, U., y GÖRANSSON, U.: «Full-scale/Bench-scale Correlations of Wall and Ceiling Linings», *Fire & Materials*, 16, p. 15 (1992).
- WOOLEY, W. D.: «The Production of Free Toluene Diisocyanate (TDI) from the Thermal Decomposition of Flexible Polyurethane Foams», *JFF/Combust. Toxicol.*, 1, p. 259 (1974).