materiales de construcción

contra el FUEGO

J. M. TOBIO, Dr. en Química Industrial

601-1

sinopsis

Se trata del problema de la combustibilidad de los materiales de construcción más comunes: madera, hormigón, plásticos, textiles, etc., indicando, en cada caso, los métodos de tratamiento a que deben ser sometidos dichos materiales para ser eficazmente ignífugados. En un capítulo final se relacionan las Normas nacionales e internacionales más usuales para el ensayo de materiales con vistas a su empleo como retardadores de la combustión o inhibidores de la llama.

INDICE

	Pág.		Pág.
1. GENERALIDADES	50	7. IGNIFUGACION DE TEXTILES	57
2. MATERIALES RESPONSABLES DE LOS INCENDIOS	50	7.1. Derivados celulósicos	57
3. MADERA	50	7.2. Textiles de Nylon	60
3.1. Impregnación con sales inorgánicas	50	7.3. Fibras acrílicas	61
3.2. Impregnación con compuestos de fósforo.	51	8. PLASTICOS IGNIFUGOS	61
4. PANELES INCOMBUSTIBLES	52	8.1. Polietileno y polipropileno	61
4.1. Paneles de fibras	52	8.2. Poliestireno	62
4.2. Paneles de yeso	53	8.3. Poliuretanos	63
4.3. Recubrimientos a base de yeso o cemento	53	8.4. Poliésteres	63
5. LOSETAS PARA TECHOS Y PANELES	54	8.5. Otros polímeros	64
6. PRODUCTOS ASFALTICOS	56	9. NORMAS	64
		10. COMENTARIOS FINALES	65

1. Generalidades

Estadísticas americanas publicadas en 1967 dicen que, en USA, se produce un incendio cada dos segundos, y cada 44 minutos una persona muere víctima del fuego. Las pérdidas materiales son también enormes.

En Europa, en general, y en España, en particular, los incendios de viviendas y fábricas no alcanzan estas cotas tan elevadas, pero también tienen su importancia.

La reciente catástrofe de Saint-Laurent du Pont, cerca de Grenoble, con la muerte casi instantánea de cerca de 150 personas, hace pensar seriamente que nuestras construcciones no son —frente al fuego— todo lo seguras que debieran.

No sería extraño que las medidas estatales y locales contra incendios se recrudezcan en un próximo futuro, y ello es lo que nos ha estimulado a redactar estas líneas, que no tienen otra idea que «refrescar» ideas sobre tratamientos ignífugos y materiales «retardadores de la llama». Todo ello en el ámbito de la construcción.

2. Materiales responsables de los incendios

Hemos de referirnos aquí a los fuegos urbanos, es decir, de viviendas, locales de esparcimiento o deportes e instalaciones industriales, sin hacer alusión alguna a los incendios forestales que constituyen, también, una plaga de los tiempos actuales.

Tampoco haremos comentarios sobre las medidas arquitectónicas —puertas de emergencia, instalaciones extintoras, etc.— que se salen por completo del marco de este trabajo.

La búsqueda del responsable o responsables de un incendio es casi siempre un problema de difícil solución. Por otra parte, es una cuestión que afecta a la inspección oficial o, en todo caso, a los expertos de las Compañías de seguros.

Desde un punto de vista estrictamente científico-técnico, la mejor solución anti-incendio es, sin duda, emplear materiales convenientemente ignífugados o, en cualquier caso, adquirir plena conciencia del grado de peligrosidad que introducimos en una construcción cuando utilizamos un producto determinado.

No es posible hacer una lista de todos los materiales de construcción susceptibles de arder, propagar la llama o mantener la combustión, pero, en primera aproximación, pueden considerarse los siguientes:

- Madera.
- Celulósicos, incluso papel.
- Fibras naturales o artificiales.
- Productos asfálticos.
- Pinturas.
- Plásticos.
- Varios.

Todos ellos pueden, en determinadas condiciones, comportarse como eficaces combustibles, salvo en el caso de que se traten previamente o se protejan adecuadamente.

Incluso materiales tradicionalmente considerados como incombustibles, tales como el hormigón, yeso, ladrillo, etc., no son absolutamente seguros contra el fuego. Si consideramos que en un incendio es fácil que se alcancen los 600° C a los 10 minutos de comenzado, y hasta los 1.200° C a los 20 minutos, se comprende que incluso el hormigón no es absolutamente seguro. A 1.000° C la grava se disgrega y el cemento se deshidrata.

Si se mantiene la temperatura de 1.000°-1.200° C durante unas 3 horas, los efectos del fuego sobre el hormigón son, con toda seguridad, nefastos. Los elementos de hormigón se disgregan a una velocidad de unos 4 cm por hora y las armaduras dejan de cumplir su función a estas temperaturas.

Aun cuando el acero funde a 1.300°-1.400° C, mucho antes pierde su resistencia. Así, a 500° C su resistencia ya se reduce a la mitad. Si no existe protección anti-fuego, un edificio de estructura metálica puede hundirse totalmente en 10 minutos, en caso de incendio. (Véase, por ejemplo, la Norma DIN 40 102). El recubrimiento de los elementos de acero con productos ignífugos puede no ser tan eficaz como se piensa. Así, por ejemplo, el yeso, cuyo comportamiento frente al calor es bien conocido, puede fallar en su protección frente al acero si posee cierto grado de humedad. Algunas autoridades locales no admiten el yeso como protección para el acero.

En cualquier caso hay que hacer una importante distinción entre los materiales cuando se juzga su comportamiento frente al fuego. Los últimamente citados: hormigón, yeso, ladrillo, acero, piedra, etc., pueden considerarse como agentes **pasivos** frente al incendio. Nunca inician o propagan el fuego. No puede decirse lo mismo de los mencionados anteriormente: madera, papel, pinturas, etc., que deben considerarse como **activos**, pues todos ellos, en determinadas circunstancias, pueden comportarse como eficaces combustibles, tal como hemos dicho anteriormente.

3. Madera

Durante años se ha llevado a cabo una profunda investigación en lo que se refiere a tratamientos ignífugos de la madera, especialmente en lo que respecta a la impregnación con sales inorgánicas —principalmente por motivos económicos—; si bien, modernamente, se empiezan a utilizar determinados compuestos del fósforo.

La extensa utilización de pavimentos de madera en los edificios modernos coloca en primer plano el tema de su incombustibilidad.

3.1. IMPREGNACION CON SALES INORGANICAS

Los fosfatos mono y diamónicos, cloruro de cinc, bórax, ácido bórico y otros, se encuentran entre las sustancias más empleadas para la impregnación ignífuga de la madera.

Los métodos de tratamiento se basan casi siempre en la impregnación en vacío y/o a presión y, el principal inconveniente de ellos es el alterar las propiedades prácticas de la madera: higroscopicidad, pintabilidad, deformación, etc.

Modernamente, las impregnaciones con cloruro básico de cinc pueden hacerse según Depew y Waitkins (1), provocando la formación del cloruro en los poros de la madera.

Para ello se sumergen las piezas en una solución de $ZnCl_2$ y urea que contenga 7,1 % de Zn, 8,1 % de cloro, 9,5 % de urea y 75,3 % de agua; todo ello en peso.

Se hace la impregnación en vacío, a 40 mm de Hg, para lo cual se hace primeramente el vacío en el tanque de tratamiento y luego se añade la disolución cubriendo la madera. Después de 10 minutos se quita el vacío y se aplica presión, con aire, hasta alcanzar las 8,7 atmósferas. Al cabo de una hora se quita la presión y el líquido, y se hace de nuevo el vacío para desecar la madera.

Las piezas tratadas se calientan a 80°C y luego se ensayan con el método E.69-50 de ASTM (2). Las pérdidas al fuego observadas en este ensayo son de 20 a 34 %.

La madera sin tratar suele dar pérdidas de 80 a 90 %, considerándose que el tratamiento ignífugo es bueno si la pérdida es inferior a 35 % y malo si es superior al 50 %.

Otra impregnación moderna es la de Quinn (3), a base de hexafluoruro complejo y sulfato de cinc. La solución impregnante se prepara así:

A)	$SiF_6Zn \cdot 6H_2O$	183 kg
	H_2O	318 kg
B)	$SO_4Zn \cdot H_2O$	108 kg
	H_2O	398 kg

Las dos soluciones de fluosilicato de cinc (A) y de sulfato (B) se mezclan y se introducen en el tanque de presión donde está la madera. Durante una hora se aplica la presión a 7 atmósferas, luego se vacía el líquido, se cierra el tanque y se somete a un vacío de 625 mm de Hg durante media hora.

A continuación se introduce amoníaco gaseoso y se deja una noche entera. Las piezas así tratadas pasan muy bien el ensayo ASTM E-108 (4).

Otro método bastante sencillo y moderno es el de Du Fresne y Campbell (5). Se prepara una disolución a partes iguales de solución molar de metasilicato sódico y 0,5 molar de tetraborato sódico. Las muestras de madera se impregnan durante 10 minutos a presión atmosférica. Se extraen del líquido y se someten a la acción de una atmósfera de CO_2 durante 5 minutos a una presión de 35 atmósferas. Se lavan luego y se secan.

Estas muestras, sometidas a la llama de un mechero de Bunsen a 1.500°C durante 30 segundos, se carbonizan

pero no arden. Para todos los efectos pueden ser consideradas como adecuadas en la construcción anti-fuego.

3.2. IMPREGNACION CON COMPUESTOS DE FOSFORO

Hay una serie de derivados del fósforo que pueden emplearse como impregnantes ignífugos. La tabla I muestra algunos de estos compuestos y su efecto retardador de la llama cuando se aplican a la madera.

TABLA I

COMPUESTO	Concentración: % en peso de madera	Característica ignífuga
Bis-(2-bromoetil)-2-bromoetano fosfonato	2,2	0
Bis-(2-cloroetil)-2-cloroetano fosfonato	2,2	0
Bis-(3-cloropropil)-3-cloropropano fosfonato	2,1	1
Fosfonato de dietil-2-bromo- etano	5,1	2
Fosfato de trifenilo	2,9	3

Los números de la tercera columna significan lo siguiente:

- 0 = No combustión a la llama.
- 1 = La llama se autoextingue.
- 2 = La llama se mantiene, pero muy atenuada.
- 3 = Llama casi normal.

El ensayo consiste en impregnar piezas de madera de 1,3 mm de espesor durante 2 minutos en una disolución del compuesto escogido en un aceite mineral. Se dejan secar las piezas al aire durante 24 horas y luego se colocan sobre una parrilla inclinada 45°, debajo de la cual se pone un recipiente con 1 ml de alcohol, al cual se prende fuego (1).

La conocida firma Monsanto (2) ha descubierto hace 10 años que el pentaclorofenol disuelto en ésteres fosfóricos, tales como el fosfato de dibutil-fenilo, constituye un buen impregnante ignífugo para la madera, cuando se aplica a la temperatura ambiente.

Del mismo estilo, pero utilizando como disolvente el agua es el óxido de tris-(1-aziridinil)-fosfina, en combinación con la tiourea (3).

Una buena fórmula es:

* Tris-(1-aziridinil)-fosfina	216 g
Tiourea	117 g
Agua	1.150 g

* Disuelta en alcohol ordinario al 80 %.

(1) DEPEW, H. A., y WAITKINS, G. R. (Pat. USA 2.838.424, junio 1958).
 (2) Método de ensayo para madera: ASTM Standard E. 69-50.
 (3) QUINN, P. D. (Pat. USA 3.463.665, agosto 1969).
 (4) Método de ensayo ASTM Standard E-108.
 (5) DU FRESNE, E. R., y CAMPBELL, D. L. (Pat. USA 3.306.765, febrero 1967).

(1) KENAGA, D. L., y ERBEL, A. J. (Pat. USA 2.725.311, noviembre 1955).
 (2) SAKORNBUT, S. S. (Pat. USA 2.926.096, febrero 1960).
 (3) LE BLANC, R. B. (Pat. USA 3.376.160, abril 1968).

Las muestras se sumergen en el producto durante 30 minutos y luego se curan a 150° C en una estufa durante otros 30 minutos. Adquieren así una incombustibilidad que las hace resistir perfectamente a la llama.

Otro grupo de compuestos verdaderamente prometedor es el de los derivados orgánicos de flúor y fósforo descubiertos hace unos 3 años por la conocida firma E. I. Du Pont de Nemours. Un ejemplo típico es el compuesto indicado por la fórmula:

y se obtiene (1) calentando fosfito de fenil etileno y hexafluoracetona a 150° C durante 6 horas.

El fluoroxifosforano resultante se disuelve en benceno al 5 %, y en esta disolución se sumergen las piezas de madera. Una vez secas, resisten perfectamente a la llama libre sin quemarse.

El oxiclورو de fósforo es un eficaz ignífugo cuando se asocia con los derivados vinílicos, y el conjunto proporciona a la madera unas propiedades ignífugas casi permanentes con el tiempo.

En efecto, uno de los inconvenientes de la mayor parte de los agentes de impregnación es que su efectividad disminuye por lavado, tal como ocurre con las superficies de madera expuestas a la lluvia. El problema puede ser interesante dado el auge que en los últimos años están tomando las casas de madera prefabricadas y suministradas «llave en mano».

Asociando el oxiclورو a una mezcla de acetato y cloruro de polivinilo (2) se obtienen impregnaciones muy eficaces. En efecto, las piezas de madera tratadas, después de ser sometidas a un ensayo de intemperie acelerado (lluvia-calor-viento) durante 90 días, retienen de tal modo su incombustibilidad que no arden aun cuando se expongan al ensayo de llama abierta a 700° C, combinada con viento a 20 km/hora, durante 4 minutos.

Citaremos, por último, el interesante experimento de Shaw (3), que combina el pentasulfuro de fósforo con el pineno, para obtener un derivado capaz de proporcionar a la madera una alta resistencia al fuego.

El derivado puede prepararse calentando trementina u otro compuesto que contenga pineno a 100° C, y añadiendo lentamente pentasulfuro de fósforo, con agitación. Pueden lograrse así ignifugaciones que dan pérdidas de peso muy bajas cuando las muestras se someten al ensayo ASTM E.69-50 ya citado.

La lista de productos que pueden utilizarse como impregnantes de la madera es casi infinita. Mencionaremos solamente algunos, de los cuales la literatura técnica da cumplida referencia.

Así tenemos: Fosfato de guanil-urea, dicianidamida/ácido fosfórico, formaldehído/dicianidamida/ácido fosfórico, cloruro de tetrakis-(hidroximetil)-fosfonio, bis-(fosfonometil)-fenilfosfonato y diversas sales amónicas de compuestos organofosforados.

4 Paneles incombustibles

La construcción moderna hace amplio uso de grandes paneles para cubrir superficies con rapidez y bajo costo. Se usan en falsos techos, como tabiques, como elementos decorativos, como protección de elementos estructurales metálicos, etc.

Para que estos paneles sean verdaderamente prácticos deben ser ligeros, lo cual quiere decir que, en la mayoría de los casos, estarán constituidos por materiales fibrosos, viruta prensada, pulpa de celulosa, lana mineral prensada, yeso aligerado y otros.

Distinguiremos tres casos.

4.1. PANELES DE FIBRAS

Los tableros de fibra celulósica, de los que pueden ser ejemplos típicos el táblex poroso, novopán y otros, pueden hacerse resistentes al fuego por simple inmersión en caliente, a 70° C, de las piezas en una solución de sulfamato amónico y tetraborato sódico.

Los tableros así tratados se carbonizan con la llama de un soplete pero no arden con llama.

Una variante del sistema anterior es la impregnación con disolución de ácido bórico compuesta por:

Acido bórico...	8 partes en peso
Alginato sódico (*)	0,25 partes en peso
Agua	91,75 partes en peso
Temperatura	60° C
Tiempo de inmersión	15 minutos

(*) Para su preparación ver: Tobío, J. M., Revista «Ion» número 177.

(1) E. I. DU PONT (Pat. USA 3.368.000, febrero 1968).
(2) PERIZZOLO, C. F. (Pat. USA 3.371.058, febrero 1968).
(3) SHAW, C. M. (Pat. USA 2.991.182, julio 1961).

Si los paneles así tratados, una vez secos, se recubren por ambas caras con un barniz formado por

— pirofosfato trisódico	3 partes en peso,
— caseína	75 partes en peso,
— amoníaco	6 partes en peso,
— caolín	1.000 partes en peso,
— aceite de pino	10 partes en peso,
— agua	1.248 partes en peso,

cumplirán perfectamente las especificaciones anti-fuego del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (1), que son muy exigentes.

Existen muchas patentes que cubren tratamientos análogos a base de ácido bórico, sulfato amónico, boratos, bórax anhidro, octoborato sódico y otros productos inorgánicos.

Según una patente del año 1965 (2) pueden obtenerse buenos paneles incombustibles moldeando según la técnica usual, una mezcla formada por:

Fibra de madera	100 partes en peso.
Borato cálcico	23 partes en peso.
Poliacrilamida (floculante)	0,02 partes en peso.
Sulfato férrico (floculante)	1,00 partes en peso.
Agua	4.450 partes en peso.

La papilla así preparada se deseca en la máquina Fourdrier y se moldea al tamaño y espesor requeridos. La pérdida de peso en el ensayo ASTM E.69-50 es de 18 %.

Con componentes relativamente sencillos pueden obtenerse paneles incombustibles que cumplen la Especificación Federal USA (3), mediante espesamiento, prensado, moldeo y secado de una papilla acuosa que contiene:

Fibra de madera	175 partes.
Fibra de vidrio	50 partes.
Oxido magnésico	175 partes.
Sulfato de aluminio	250 partes.

Una buena solución para el tratamiento previo ignífugante de materiales celulósicos, viruta, corcho, esparto, bagazo, paja y, en general, material lignocelulósico, es la halogenación de las fibras a granel. Esto puede hacerse por tratamiento con cloro o bromo en atmósfera húmeda (50 % de humedad relativa).

Un ejemplo concreto es la patente asignada al Gobierno de Israel (4) para el tratamiento de fibras ligno-celulósicas con bromo. El proceso es de lo más sencillo. Basta colocar las piezas de ensayo, que puede ser, por ejemplo, harina

de madera, en un desecador sobre el que se hace el vacío a la trompa.

Luego se introduce bromo gaseoso. Cuando la harina absorbe un 8 % de bromo, se saca del desecador, se lava, y con ella se puede fabricar una tableta muy fina o un papel, que no arde con una cerilla.

Las piezas así tratadas cumplen perfectamente el ensayo inglés de inflamabilidad (1). Para el tratamiento de paneles prefabricados puede emplearse una disolución acuosa de bromo de 1 g/litro.

4.2. PANELES DE YESO

El «Plaster-board» americano, sandwich cartón-yeso-cartón marcó, indudablemente, una pauta en la utilización del yeso como elemento para particiones. Son bien conocidas las propiedades de este material para insistir ahora sobre ello.

El yeso o escayola, en forma de placas, posee de por sí un poder ignífugante, lo mismo que le ocurre a las placas de cemento portland, asbeto-cemento y derivados análogos.

Es evidente que si los otros dos elementos del panel sandwich, es decir, las láminas de cartón que lo encierran se fabrican en material ignífugo, la resistencia al fuego del conjunto será buena. Pero aún así, mediante ciertas adiciones, puede mejorarse el comportamiento del yeso frente al fuego. Estas adiciones pueden ser vermiculita no expandida, fosforita, fibras minerales y otras.

Todo ello será tratado en el apartado siguiente.

4.3. RECUBRIMIENTOS A BASE DE YESO O CEMENTO

En muchas estructuras metálicas se acostumbra a recubrir los elementos sustentadores con una protección anti-fuego que evite que el acero, en caso de un incendio, alcance la temida temperatura crítica (540° C) por encima de la cual puede producirse el colapso de la estructura (2).

La aplicación de estos recubrimientos protectores puede hacerse mediante piezas prefabricadas o por proyección o gunitado directo sobre el acero. En cualquier caso, las consideraciones que siguen son igualmente aplicables.

F. Ware (3) describe recientemente que la resistencia al fuego de los recubrimientos de yeso puede mejorarse mucho si este material se asocia con perlita, vermiculita o fosforita natural.

En efecto, los recubrimientos a base de yeso o cemento (mortero) se comportan bien hasta una cierta temperatura. Cuando ésta se hace más alta, ambos materiales pierden agua y luego se hacen quebradizos y se despegan del acero, dejando a éste expuesto a los efectos del calor.

(1) Especificación CS-42-49, noviembre 1949: «Structural Fiber Insulating Board».
(2) VIDEEN, O. R. (Pat. USA 3.202.570, agosto 1965).
(3) Federal Specification, SS-A-118b, clase A.
(4) LEWIN, M. (Pat. USA, septiembre 1964).

(1) British Standard 476/1932, Fire resistance.
(2) Más detalles sobre este tema pueden encontrarse en la publicación: «Comprobación de la seguridad ante el fuego de las estructuras metálicas». Manuales y Normas del IETcc, M. 9691 (1965).
(3) WARE, F. (Pat. USA 3.372.040, marzo 1968).

La presencia de un 10 % de fosforita en el yeso, al disminuir la conductividad térmica de éste, hace que las estructuras de acero así protegidas puedan aguantar temperaturas de hasta 2.000° C durante períodos de tiempo superiores a los exigidos por las especificaciones más severas.

La fosforita —que es una roca natural— puede añadirse igualmente al cemento portland, y mezclas de éste con vermiculita, caliza y un adhesivo, pueden amasarse con agua para formar un mortero que, aplicado al acero, lo protegen muy eficazmente del calor.

Otro peligro de los recubrimientos para acero, es la retracción seguida de desmoronamiento o desmenuzamiento por la acción del calor. En una patente muy reciente (1) se recomienda añadir, aparte de los consabidos fosforita y vermiculita natural (no expandida), un 0,4 % de fibra de vidrio machacada y un 0,1 % de ácido bórico, con lo cual se evita la desintegración del recubrimiento.

5. Losetas y paneles para techos

La tendencia a cubrir los techos con placas o losetas absorbentes del sonido, se va haciendo práctica constructiva normal, especialmente en oficinas y locales públicos.

Fue quizá el conocido profesor Sabine en 1958 el primero que patentó (2) placas acústicas para techos resistentes al fuego. En su trabajo hace un estudio bastante completo respecto a la disposición mecánica de las losetas o placas, así como a su constitución.

Se trata, en este caso, de placas perforadas de yeso (escayola) conteniendo wollastonita (silicato monocalcico, un 10 %) y una pequeña cantidad de lana de vidrio de fibra corta. Las placas van recubiertas por ambas caras por láminas de cartón barnizado, con un tratamiento ignífugo (ver apartado 7).

Más reciente es el trabajo de Cadotte y Juntti (3), que trata de recubrir las losetas —que en este caso son de fibras minerales— con una capa resistente al calor, que evita la deformación de las placas cuando están expuestas al fuego. Lo que se busca, en realidad, es hacer más refractaria la loseta, total o parcialmente.

Una forma de conseguir esto es provocar, sobre una loseta de lana mineral prensada, por ejemplo, la introducción, hasta una cierta profundidad de la masa, de una sustancia líquida que «mineralice» aún más el esqueleto mineral de la lana.

La figura 1 muestra esto. En 15 se representa la parte de loseta no tratada, mientras que la capa 13 corresponde a la penetración de un líquido formado por:

Aluminato sódico	450 partes en peso.
Metil-celulosa	8 partes en peso.
Agua	500 partes en peso.

(1) WILLEY, G. S. (Pat. USA 3.454.456, julio 1969).

(2) SABINE, H. J. (Pat. USA 2.838.806, junio 1958).

(3) CADOTTE, J. E., y JUNTTI, E. W. (Pat. USA 3.248.257, abril 1966).

Esta disolución, penetrando en profundidad en la loseta, contribuye a rigidizarla al mismo tiempo que la hace más refractaria.

Las figuras 2 y 3, por otra parte, muestran el aspecto final de un techo de placas montadas sobre raíles o guías metálicas 10, y el perfil de los bordes o machihembrado de las losetas para su unión ulterior.

Respecto a esto último no hay que olvidar, en efecto, que los dispositivos de fijación al techo —generalmente perfiles de aluminio— son mucho más susceptibles a la llama que las propias losetas.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

El montaje definitivo, tal como ilustra la figura 4, indica claramente cómo la sección en T de los perfiles metálicos de sujeción, se embebe en la masa de la loseta para que el metal quede protegido del calor (hasta 1.650° C).

La cara vista de la loseta, perforada o no (16 en figura 1), suele tratarse con un barniz ignífugo decorativo.

Otras placas similares son las de la Owens-Corning (1), que produce losetas acústicas para techos, resistentes a altas temperaturas y a la llama. En líneas generales, las placas, que son de lana de vidrio con un aglomerante, se mineralizan en su masa con una papilla (dispersión acuosa) que contiene:

Silicato potásico	16 % en peso.
Caolín	42 % en peso.
Sílice coloidal	42 % en peso.

Hay muchos otros tipos de losetas, paneles o placas, tanto para techos como tabiques y particiones, e incluso para cubiertas, en los cuales se ha procurado darles una protección eficaz contra el fuego.

Citaremos, sin entrar en detalles, los elementos para tabiques, de panel de abeja, total (fig. 5) o parcialmente abiertos (fig. 6), formados por armaduras de cartón, impregnadas o mineralizadas con lechadas de yeso, cemento portland, de Keene (a base de anhídrita), silicatos y otras sustancias parecidas.

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Muy reciente es el panel sandwich de Poms (2), que consiste en un núcleo de plástico espumado (10, fig. 7) que puede ser poliestireno expandido, copolímeros del estireno, poliuretano, resina poliéster y otros.

(1) SHANNON (Pat. USA 3.333.656, agosto 1967).
(2) POMS, A. I. (Pat. USA 3.462.339, agosto 1969).

Las capas exteriores del sandwich (30', 60' y 40', fig. 8) están constituidas así: Las caras exteriores (30' y 40', fig. 8), pueden ser madera o contrachapado tratados según las técnicas del apartado 3.

Fig. 8

Entre la capa externa 30' y el núcleo 10 hay una capa 60 que el autor llama «capacitancia térmica» y que no es más que una lámina de yeso o escayola que tiene por finalidad absorber calor y evitar, gracias a su deshidratación, que se funda el plástico del núcleo.

Como es lógico, estos paneles, que van enmarcados en madera ignífuga y cuyo detalle de empalme puede verse en las figuras 7 y 8, no tienen finalidad acústica alguna y sólo pueden utilizarse como cerramientos aislantes térmicos.

Existen numerosas soluciones para placas o paneles protectores contra el fuego, tales como las de fibro-cemento con recubrimientos de madera muy finos, y los paneles para cubiertas, más o menos complejos, pero siempre buscando un eficaz aislamiento térmico y una razonable incombustibilidad.

Así, por ejemplo, la solución dada por Curtis (1) para un material resistente al fuego que puede utilizarse como cubierta aislante (térmico), consiste en un núcleo de plástico espumoso, una lámina de material inorgánico y una hoja de metal.

La figura 9 muestra en detalle la constitución de la cubierta. El núcleo 10 puede estar formado por resina de poliuretano, epoxi, copolímero vinílico, resina de urea, etcétera, con un espesor de 25 a 50 mm.

En una de las caras del núcleo va una lámina 12 constituida por vermiculita no expandida aglomerada con un pegamento que puede ser inorgánico (silicato sódico) u

Fig. 9

(1) CURTIS, F. W. (Pat. USA 3.466.222, septiembre 1969).

orgánico (urea-formol). El espesor de esta lámina puede ser de 5 ó 6 mm. Por debajo de ésta puede ir una hoja de metal 18.

En la parte superior se coloca una capa de material resistente 14 que puede ser fibro-cemento, cartón asfáltico o caucho butadieno.

En la figura 10 se indica otra solución del mismo autor adaptada para una cubierta metálica. Sobre la cubierta metálica 20 de acero galvanizado se coloca una capa ignífuga (vermiculita, 12) y, sobre ésta, el aislamiento de espuma 10. Encima puede ir la lámina rígida, que puede ser fibro-cemento 14-16, una capa de betún y, sobre todo ello, tres o cuatro capas de material bituminoso 26-28.

Soluciones parecidas pueden hallarse en la patente (1) asignada a la Badische de Alemania.

Fig. 10

6. Productos asfálticos

La necesidad de impermeabilizar eficazmente cubiertas, terrazas y muros, impone el empleo masivo de productos asfálticos, bajo la forma de fieltros impregnados, telas, cartones, etc.; materiales todos ellos altamente combustibles.

Una primera solución al problema del fuego es «cargar» estos asfaltos con materiales más o menos refractarios que, si bien no impiden la combustión del asfalto o alquitrán, provocan la formación de una costra dura, homogénea y protectora, que puede evitar el colapso de una cubierta.

Una formulación típica puede ser:

Asfalto	61,5 partes en peso.
Amianto en fibra	15,4 partes en peso.
Vermiculita molida	7,7 partes en peso.
Arcilla o caolín muy fino ...	15,4 partes en peso.

Se puede añadir tierra de diatomeas, caliza, dolomita, polvo de pizarra y otros ingredientes.

(1) GAETH, R.; SCHMITT, B. y BREU, R. (Pat. USA 3.186.888, junio 1965).

La casa Shell (1) ha descubierto que la aplicación de una fina capa de resina acrílica termoendurecible sobre un fieltro asfáltico clásico, a razón de unos 150 g/m², proporciona al material tratado una elevada resistencia al calor. Impide el flujo del betún por efecto térmico y retrasa la propagación de la llama.

Como ejemplo límite de complejidad en una composición ignífuga para productos asfálticos, indicamos la fórmula de la tabla II, tomada de una patente americana (2):

TABLA II

Fosfato de octil-sodio	2,5	partes en peso
Agente anti-espumante	0,15	» » »
Percloroetileno	32,00	» » »
Formaldehído	5,50	» » »
Urea	5,50	» » »
Acido oleico	5,50	» » »
Monoetanolamina	5,50	» » »
Fosfato de tricresilo	3,50	» » »
Naftenato de cobre al 8 % ...	47,00	» » »
Aceite de cacahuet	8,00	» » »
Aceite de pescado	16,00	» » »
Fluoruro sódico	2,50	» » »
Bórax anhidro	609,50	» » »
Fosfato diamónico	240,00	» » »
Acido bórico	252,00	» » »
Trióxido de antimonio	157,00	» » »
Tierra de diatomeas	738,00	» » »

Esta mezcla, incorporada al asfalto antes de la impregnación, proporciona fieltros asfálticos capaces de resistir a 1.100° C durante más de una hora.

Otras soluciones incluyen el empleo de capas de tela de fibra de vidrio formando un sandwich, fibra de vidrio-asfalto-fibra de vidrio, en el cual el asfalto es un producto especial obtenido mediante un proceso de soplado en presencia de un catalizador, que suele ser cloruro férrico o pentóxido de fósforo.

También parece una buena solución para la ignifugación de fieltros asfálticos la de Hinds (3), que tomando como

Fig. 11

(1) NIELSEN, C. L. (Pat. USA 3.276.906, octubre 1966).
(2) HODNEFIELD, O. T. (Pat. USA 3.201.265, agosto 1965).
(3) HINDS, C. E. (Pat. USA 3.365.322, enero 1968).

base un fieltro de fibra orgánica ordinario (2, fig. 11), lo impregna primeramente en asfalto 4 de tal modo que el fieltro adquiere un 175 % de su peso de betún.

Sobre esta hoja se aplica un recubrimiento 6 de una masa de asfalto-fibra de amianto (10 % de amianto) y, sobre ella, una tercera capa 8 de gránulos minerales cuya composición aproximada es:

Gránulos (*), tamiz número 11	100 partes
Bórax (tetraborato pentahidratado) . .	4 partes
Silicato sódico en polvo	4 partes
Solución de silicato sódico	4 partes
Agua	2 partes

(*) Los gránulos pueden ser de vermiculita no expandida.

La mezcla se hace en tambor giratorio y dura de 4 a 5 minutos.

Después de que el cilindro 14 ajusta el espesor deseado, la tolva 16 aplica una nueva capa de asfalto de composición idéntica a la 6, tras la cual se termina el sandwich con la capa final 20 de gránulos de protección y decorativos como suele hacerse usualmente con los fieltros asfálticos.

La figura 12 muestra un corte esquemático de lo que sería un fieltro asfáltico fabricado con la técnica descrita.

Fig. 12

También se ha intentado ignifugar el asfalto mediante la adición de un 20 % de resina de poliéster, pero, en todo caso, estos productos más o menos incombustibles llevan siempre una carga mineral (tierra de diatomeas, mica pulverizada), además del asfalto soplado y una resina alquídica.

Hay muchos productos retardantes del fuego que pueden mezclarse con el asfalto. Se citan, por ejemplo, la parafina clorada, el hexaclorociclopentadieno (al 30 %), los polifenoles polihalogenados, algunas resinas fenol-aldehído, derivados del ácido perhalopentadienoico, pentasulfuro de fósforo y otros.

En cuanto a la formulación de emulsiones, la conocida firma Texaco (1) ha patentado diversas composiciones a base de asfalto, agua, sal alcalina de la resina Vinsol,

hidróxido de metal alcalino, polvo o fibra de amianto, mica pulverizada (o carbonato cálcico), carboximetilcelulosa y fosfato amónico. Estas emulsiones poseen una excelente resistencia al fuego, antes, durante y después del proceso de curado. Además, no explotan por el calor ni son tóxicas. Pueden utilizarse exteriormente para proteger las estructuras de madera.

7. Ignifugación de textiles

Más de 5.000 personas mueren quemadas al año por la combustión de sus ropas. En lo que se refiere concretamente a la construcción, la decoración de interiores con el empleo cada vez más amplio de moquetas, recubrimiento de tabiques, cortinajes, etc., hace que todos estos materiales constituyan fuentes de peligro de incendio —y propagación del mismo— mucho más peligrosas y potentes que los materiales de construcción propiamente dichos.

Tendría muy poco sentido utilizar maderas ignifugadas y emplear luego con ellas materiales textiles altamente inflamables.

La ignifugación de textiles se remonta al año 1930 y, durante la II Guerra Mundial se fabricaron grandes cantidades de telas incombustibles, principalmente para fines militares. La ignifugación se hacía, generalmente, por impregnación con compuestos de antimonio y titanio, para-fina clorada y otros.

7.1. DERIVADOS CELULOSICOS

Las telas fabricadas con fibras celulósicas (algodón, rayón, viscosa, acetato, etc.) se encuentran entre las más peligrosamente combustibles y, por tanto, es en este campo donde se ha llevado a cabo la más amplia investigación.

El sulfamato amónico, mezclado generalmente con ácido bórico, dicianidamina y algún compuesto de cromo, constituye un buen agente de impregnación para telas de algodón o fibras celulósicas. Como ejemplo, citaremos la patente, algo antigua, de la Chicopee Manufacturing Co (1), que impregna las telas de fibra celulósica con una disolución que contiene 13 % de sulfamato amónico y 5 % de dicianidamina. La solución está contenida en el recipiente 17, figura 13. La cuba de postratamiento 26 contiene un compuesto de acabado a base de acetato de polivinilo. Los cilindros marcados 18 en la figura corresponden a los dispositivos de secado de la tela, operación que debe realizarse a temperatura no superior a 150° C.

La tabla III muestra la eficacia relativa, como ignifugantes para textiles, de algunas sustancias, y ha sido tomada de (2):

(1) SKELTON, W. E., y WILKINSON, C. E. (Pat. USA 3.224.890, diciembre 1965).

(1) DI DARIO, M. M. (Pat. USA 2.771.379, noviembre 1956).

(2) RANNEY, M. W.: Noyes Development Corp., New Jersey (1970), pág. 22.

Fig. 13

TABLA III

IGNIFUGO	% de producto para incombustibilidad
Fluoborato sódico	3,0
Fluoborato potásico	4,5
Bórax	8,5
Acido bórico	8,5
Borato amónico	9,0
Borato de cinc	8,0
Cloruro amónico	8,8
Acetato de aluminio	12,0
Oxido de antimonio	10,0
Fosfato monoamónico	7,0
Fosfato diamónico	7,0
Sulfamato amónico	12,0
Fosfato de urea	10,0
Sulfato de aluminio	9,0
Fosfato monosódico	10,0
Neopreno	9,0
Parafina clorada	8,5
Vinilite	7,5

Los porcentajes indicados en la tabla se refieren a la cantidad «mínima» de ignifugante que es preciso dar a la tela de algodón para que resista la prueba de la llama del Bunsen (a 50 mm de distancia) durante 40 segundos.

Haciendo reaccionar una parte en peso de trióxido de antimonio comercial con dos partes de anhídrido acético, durante 3 horas y a reflujo, se obtiene una solución lechosa. Una vez fría se filtra y se obtiene un líquido pardo-claro que puede emplearse para ignifugar, por impregnación, toda clase de telas celulósicas.

Una fórmula que permite obtener resultados similares es la siguiente:

Fosfato ácido de amonio	4,14 %
Trióxido de antimonio	2,19 %
Urea	15,30 %
Cloro-acetato de polivinilo	3,57 %
Agua	74,80 %

Todos estos tratamientos tienen el inconveniente de que las telas ignifugadas van cediendo su resistencia a la llama por sucesivos lavados.

En todo caso resulta evidente que, tratándose de fibras naturales —como el algodón—, todos los tratamientos ignifugantes habrán de hacerse por impregnación, lo cual supone que el poder ignífugo se irá perdiendo con el uso normal de las telas.

Otra cosa ocurre cuando se trata de textiles sintéticos, tales como los acetatos de celulosa, rayón o viscosa, que pueden llevar el ignifugante en su propia masa, mezclado antes del hilado.

Así, por ejemplo, mezclando 280 partes de sulfato ferroso ($\text{SO}_4\text{Fe} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) disueltas en 1.000 partes de agua, añadiendo a esta disolución 49 partes de ácido sulfúrico y 19 de clorato potásico disueltos en 100 partes de agua, se obtiene una mezcla que se calienta a 82°C durante media hora. Luego se diluye a 3.000 partes con agua, se lleva a 35°C y se agregan 190 partes de pirofosfato tetrasódico ($\text{P}_2\text{O}_7\text{Na}_4$) disueltas en 2.500 partes de agua.

Se obtiene así una masa en forma de papilla blanca con pH 1,9 a 2,3. Se mantiene durante una hora a 82°C , se agita durante 15 minutos y luego se filtra. La masa obtenida, una vez lavada con agua y seca, se pulveriza muy finamente. Este polvo fino se dispersa en la solución de acetato de celulosa que se va a hilar, y la masa se lleva a un molino de bolas de porcelana y se muele durante 72 horas.

La proporción debe ser de 180 partes de polvo para 300 partes de solución de acetato de celulosa al 16 %. Se añaden también 720 partes de acetona. La masa resultante puede ser reducida a hilos según el proceso ordinario, o convertirse en láminas finas en el caso que se desee fabricar film. Los textiles así obtenidos resisten bien la prueba de la llama de gas a 15 mm de distancia durante 2 segundos.

Otros compuestos que se citan para la impregnación ignifugante de las fibras celulósicas son los derivados de titanio, de cinc, urea, fosfatos de amina, silicato de etilo, acetato de plomo, oxiclورو de fósforo, aziridinas, polímeros metil-fósforo, cloruros de fosfo-nitrilo, fosfatos y

fosfonatos de trialilo, siliconas, isocianatos y otros, incluso alginato sódico.

Una patente curiosa, en la que interviene la radiación infrarroja (1), describe el tratamiento de las fibras celulósicas con una solución acuosa de sulfato de aluminio, acetato de plomo y hexametenotetramina. El proceso tiene la ventaja de su rapidez y merece ser considerado con algún detalle.

Para ello, 325 g de acetato de plomo se disuelven en 1,89 kg de agua caliente. Se agregan finalmente 0,35 g de urotropina (hexametenotetramina) y la mezcla se filtra a través de una tela.

Para el tratamiento, las telas finas se impregnan en la solución y luego se someten a la acción de una lámpara de infrarrojo durante 15 minutos. Si se trata de tejidos gruesos y pesados, el tiempo de radiación puede ser el doble.

Una patente asignada a la Monsanto (2) describe la forma de obtener soluciones para hilar, de derivados celulósicos con propiedades ignífugas. Para ello no hay más que añadir a la solución de xantato de celulosa, un 10 % del producto de la reacción entre el oxocloruro de fósforo y el amoníaco. El proceso es aplicable a la carboximetilcelulosa, metil y etil-celulosa y otros ésteres celulósicos.

En la patente mencionada se ilustran diversos ejemplos de aplicación a masas de viscosa, jarabes de celulosa alcalina, soluciones cuproamoniacales y otras, con el fin de obtener, por hilado, filamentos textiles que, conservando su apariencia normal, resisten muy bien la prueba de la llama abierta (AATCC), ensayo Standard 34-1952.

El sistema es aplicable, asimismo, a los hilados de mezclas algodón-nylon. Esto es especialmente importante dadas las dificultades de toda índole que se encuentran en la ignifugación del nylon.

Una firma japonesa (3) describe un método para proporcionar resistencia a la llama a las fibras textiles, basado en el empleo de condensados de ácido fosfórico y amina (trimetilamina, dimetilamina y otras).

La firma suiza CIBA (4) propone la impregnación de las telas celulósicas con una solución acuosa de ácido pirofosfórico, urea y melamina. El proceso no parece afectar a la resistencia a tracción de la fibra ni a su textura superficial. Al parecer, la urea mejora la suavidad de la fibra.

Del mismo estilo es el tratamiento a que puede someterse el popelín (que normalmente arde con gran facilidad), consistente en la impregnación con una solución acuosa, seguida de un secado a 100° C durante 10 minutos, de diamidofosfato de butilo (15 %) y trimetilolmelamina (15 %).

Las telas de algodón tratadas de este modo pueden resistir hasta 20 lavados sin perder sus propiedades ignífugas. El ensayo de «permanencia» propugnado en la Es-

pecificación Federal (USA) CCC-T-191b, establece que, para que un agente ignífugo sea considerado permanente debe mantenerse en la tela tratada, después de un tratamiento (en lavadora) con agua hirviendo durante 3 horas. El agua de lavado debe contener 0,5 % de jabón y 0,2 % de CO_3Na_2 .

Existen una serie de tratamientos ignífugos para textiles, cubiertos por las siglas APO y APS, que se basan en el empleo de derivados nitrogenados bastante complicados: APO = óxido de tris-(1-azirindil)-fosfina; APS = sulfuro de tris-(1-azirindil)-fosfina, que imparten a la tela resistencia a la llama, incombustibilidad, resistencia a la putrefacción y formación de mohos, permanencia, resistencia al lavado (en seco y húmedo) y resistencia al lavado con soluciones alcalinas. Su inconveniente es el elevado precio de los productos empleados.

Muy similares son los tratamientos THPC (cloruro de tetrakis-(hidroximetil)-fosfonio, que se aplica a los filamentos de algodón-celulosa inmediatamente después de la hilatura.

Una buena fórmula (1) para la impregnación de las telas de algodón, de tal modo que los productos obtenidos cumplan la especificación americana AATCC Base 34-1952, es la siguiente:

COMPONENTE	% en peso
Cloruro de tetrakis - (hidroximetil) - fosfonio (*).	27,3
Trimetilolmelamina	7,3
Urea	4,5
Trietanolamina	4,2
Polietileno (ablandador)	3,0
Agua	53,7

(*) Solución acuosa al 80 %.

Las telas impregnadas deben someterse a un curado en caliente (93° C) durante 1,5 minutos.

Según un proceso de origen inglés (Albright & Wilson Limited) relativamente reciente (1966), un tratamiento con THPC a pH = 3 y elevada temperatura (100°-180° C) produce fibras de excelente resistencia a la llama.

Otro proceso de la misma firma incluye, aparte del tratamiento con THPC, un curado posterior de la fibra con vapor de amoníaco durante 10 minutos, que tiene por misión «insolubilizar» la impregnación ignífuga.

Una disolución impregnante que convierte a las telas de algodón en «prácticamente incombustibles» es la formada por 2,5-dicloroanilina (48 g), urea (140 g) y cloruro de polifosfonitrilo (140 g). El producto de la reacción (a 200° C) es un polvo gris, cuya suspensión en agua caliente forma el baño de impregnación.

Con productos relativamente sencillos puede lograrse una sustancia ignífuga (2), para telas de algodón, muy estable al lavado.

(1) LUXEMBOURG, A. M. L. (Pat. USA 2.780.566, febrero 1957).
(2) ROSSIN, E. H., y SCOTT, M. J. (Pat. USA 2.952.880, septiembre 1960).
(3) YAMAGUCHI, H., y TAKADA, M.: Asahi Kasei Kogyo. Kabushiki Kaisha (Ranney, loc. cit. pág. 105).
(4) BERGER, A. (Ranney, loc. cit. pág. 116).

(1) WAGNER, G. M. (Pat. USA 3.310.420, marzo 1967).
(2) Pat. Francesa 1.157.097.

Para ello se hacen reaccionar 417 partes de pentacloruro de fósforo con 92 partes de cloruro amónico y 150 partes de tetracloroetano simétrico. La reacción tiene lugar a 147° C durante 6 horas (a reflujo) y el producto resultante es un líquido claro de color naranja.

Una vez frío, a 0° C, este líquido se mezcla con 320 partes de metanol, obteniéndose un líquido de color pardo, por el que se hace burbujear amoníaco gaseoso durante 3 horas. Se obtiene finalmente un líquido viscoso que se disuelve en agua (32 %) y que sirve como baño de ignifugación.

El algodón y el rayón-acetato pueden hacerse incombustibles por impregnación en una solución obtenida con fosfato de trialilo (218 partes), bromo (480 partes) y benceno (1.000 partes). Para separar el exceso de bromo y neutralizar se hace burbujear en la muestra amoníaco gaseoso.

Por simple agitación de una mezcla de 252 g de fosfato de trialilo, 160 g de bromoformo, 12,5 g de persulfato potásico, 85 g de alcohol polivinílico, 22,5 g de bicarbonato sódico y 850 g de agua, calentando a 85° C durante 2,5 horas, se obtiene una emulsión en la que pueden introducirse telas de algodón para hacerlas resistentes a la llama.

Las siliconas son otros compuestos ignifugantes cuando se aplican a los textiles celulósicos. Existe incluso un proceso (1) asignado a la U.S. Rubber Co., que hace ininflamables los recubrimientos aislantes (de nylon) de los cables eléctricos. El tratamiento está basado en someter los cables a la acción de siliconas Dow Corning, números 802, 2.103 y 550, disueltas en tolueno (190 partes de silicona y 320 partes de tolueno). Se forma así una fina película sobre la superficie de los cables (con un espesor de 0,012 mm) que, sin restar flexibilidad a los conductores eléctricos los hace incombustibles en el sentido del ensayo de los Underwriter's Laboratories.

Sólo a título de orientación, mencionaremos, finalmente, que existen también tratamientos ignifugantes para textiles celulósicos, a base de isocianatos, fosfonocarboxamidas, haluros de halocicloalquénilacilo y otros, la mayoría de ellos cubiertos por patentes asignadas a firmas tales como Universal Oil, CIBA, Eastman Kodak y otras.

Merecen citarse los trabajos de Pudovick y otros (2) sobre el empleo de fosfonocarboxamidas, tales como la N-hidroximetil-3-(dialilfosfono)-propionamida y compuestos semejantes, con 6 ó más átomos de carbono que, en solución acuosa, constituyen eficaces retardadores de la llama en textiles celulósicos.

7.2. TEXTILES DE NYLON

Prácticamente, todos los procesos puestos a punto para hacer ininflamables las telas de nylon están protegidos por patentes tomadas por la importante firma American Cyanamid Co., en los últimos años.

- (1) ABBOT, J. F. S., y TAPPERO, C. J. (Pat. USA 2.624.777, febrero 1953).
(2) PUDOVICK, A. N., y YARMUKHMETOVA: Bull. Acad. Sci. URSS, Div. Chem. Sci., 657 (1952).

Se basan estos procesos en el empleo de derivados de la urea y/o tiourea, trietanolamina, formaldehído y otros productos orgánicos. Basta calentar a reflujo una mezcla de metanol (98 partes), formaldehído (587 partes), urea (603 partes), bisulfito sódico (83 partes) y trietanolamina al 50 % (9 partes) para obtener una mezcla a la cual se añaden luego 583 partes de paraformaldehído, ajustando, con ácido oxálico, a pH = 8.

La mezcla reaccionante se deja enfriar hasta 70° C y, seguidamente, se agregan 340 partes de metanol y 312 de tiourea. Se filtra la mezcla y se ajusta el pH a 5 mediante ácido oxálico. Basta tratar, por inmersión, los tejidos de nylon con una solución acuosa que contenga 0,96 partes de cloruro amónico, 80 partes del producto antes obtenido y 20 partes de agua, para hacer incombustibles las telas así tratadas.

Una fórmula típica descubierta por American Cyanamid (1) incluye la reacción, en un matraz de tres bocas, provisto de agitador, termómetro y condensador de reflujo, de 200 partes de metanol, 2 partes de trietanolamina al 80 % y 450 partes de urea. Después de calentar la mezcla a 50° C durante 10 minutos, se añaden 495 partes de paraformaldehído, 1,5 partes de ácido oxálico y 30 partes de agua. Se ajusta el pH a 4,8 (con NaOH) y se calienta la mezcla a 95° C durante 45 minutos. Finalmente se mezclan 100 partes del producto así obtenido con una disolución de formaldehído en metanol (50 partes), obteniéndose un jarabe viscoso, claro como el agua y estable.

Se prepara un baño de este jarabe, adicionando a 80 partes del mismo 0,48 partes de cloruro amónico que actúa como catalizador. El producto así preparado vale para hacer incombustibles, por inmersión, las telas de nylon, de tal modo que conservan su poder ignífugo después de varios lavados.

Cuando se trata de ignifugar telas que contengan un 50 % de nylon y un 50 % de rayón-acetato, puede resultar de interés una fórmula, también de American Cyanamid, que contiene:

Bromuro amónico	10 %
Urea	10 %
Urea-formaldehído metilada	50 %
Hidróxido amónico	0,5 %
Agua	29,5 %

Basta emplear este baño como solución de acabado de los textiles mixtos para que cumplan la prueba standard de inflamabilidad 33-52 de la American Association of Textile Chemists and Colorist.

El bromo, en esta fórmula, parece cumplir una doble función: Primeramente como agente de condensación del material resinoso (la resina urea-formaldehído) y luego como catalizador insolubilizante del impregnante respecto a la fibra tratada.

Existen muchos otros procesos ignifugantes para el nylon basados en la urea-formaldehído metilada, pero, en el fondo, no son más que variantes de los sistemas expuestos.

- (1) HERBES, W. F. (Pat. USA 2.923.644, febrero 1960).

7.3. FIBRAS ACRILICAS

Las fibras acrílicas, poliacrílicas y similares, dan lugar a la fabricación de telas, moquetas, alfombras, cortinas y otros elementos que entran extensivamente en la moderna decoración.

Todos estos productos son altamente inflamables, a menos que se los haga ignífugos mediante determinados tratamientos químicos. Muchas de estas telas, por otra parte, cuando están muy secas pueden desarrollar, por fricción, grandes cantidades de electricidad estática, producción de chispas, etc., que son riesgos potenciales de incendio.

Una buena solución impregnante para estos tejidos, tanto los acrílicos puros como las mezclas con acetato de vinilo, consiste en una solución acuosa de 55 partes de bromuro amónico, 16 partes de urea, 16 partes de formaldehído, 3 partes de fosfato de guanil-urea y 10 partes de hidroxialquil-gloxalidina; todo ello en solución acuosa. La cantidad de sólidos absorbidos por la fibra, después de la inmersión, debe ser aproximadamente de un 5 % en peso.

Después de la impregnación se recomienda un curado durante 20 minutos a una temperatura de 100° F. El tratamiento parece eficaz, tanto como antiestático como anti-llama.

Otras fórmulas, con la misma finalidad, incluyen el empleo de mezclas ácido fólico-urea, sulfato de hidroxilamina-urea-formaldehído-melamina y otros tratamientos; la mayoría de ellos puestos a punto por la Monsanto Co.

Una técnica diferente para la ignifugación es la de la «carbonización», que consiste esencialmente en impregnar la tela con un componente refractario, por ejemplo, compuestos de circonio, vanadio, titanio y otros y luego «quemar» la fibra en atmósfera no oxidante a temperaturas de 800° C durante 15 minutos.

Una patente relativamente moderna (1) menciona 51 compuestos «refractarios» que van desde el acetato de aluminio hasta el de circonio, pasando por derivados de bario, berilio, cadmio, calcio, cesio, cromo, titanio, wolframio, vanadio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, molibdeno, estaño, tántalo, torio y otros.

El tratamiento, que se cita como general para fibras celulósicas, rayón-viscosa, algodón y acrílicas, consiste, por ejemplo, en el empleo de una solución acuosa de acetato de circonio (10 g en 75 g de agua), seguido de un secado de la tela. Luego se introduce en una estufa y se eleva la temperatura, durante 2 horas, hasta 800° C, a la cual se mantiene durante 15 minutos. Durante la pirólisis, la fibra pierde un 60 % en peso y queda así ignifugada y refractaria.

Para el mismo tratamiento sirven también el cloruro de titanio, el nitrato de cerio y otros. La fibra acrílica Orlon puede mezclarse con otra fibra de silicato de aluminio tipo Fiberfrax (20-80 %), obteniéndose así una tela de buena resistencia a tracción y de gran poder aislante para el calor. Por supuesto, es, también, poco inflamable.

(1) LYNCH, J. A. (Pat. USA 3.242.000, marzo 1966).

8. Plásticos ignífugos

En los momentos actuales solamente un 10 %, aproximadamente, de los plásticos que se fabrican en el mundo son no inflamables. Pero algunas industrias, como la de la construcción y la de los transportes (incluidos vehículos, barcos y aviones), están presionando para que todos los materiales plásticos empleados sean incombustibles.

Dada la evolución que se observa en las especificaciones de los departamentos estatales, compañías de seguros y opinión pública en general, no resulta descabellado pensar que, para 1975 el 50 % de todos los plásticos que se ofrezcan al mercado sean ignífugos, incombustibles o, al menos, retardadores de la llama.

Esto incluye, por supuesto, las espumas que tanto se emplean en decoración y mobiliario, alfombras y moquetas plásticas, recubrimientos, aislantes eléctricos, conmutadores y enchufes, placas de circuito y aislamientos o fundas para cables eléctricos.

La ignifugación de los plásticos puede lograrse de dos modos principales: Por una parte, agregando aditivos a las masas de moldeo, que impartan resistencia a la llama al producto acabado y, por otra, modificando el propio esqueleto molecular del plástico, empleando en su fabricación ciertos reactivos intermedios.

Los plásticos que mejor se prestan para ser ignifugados son: Polietileno y polipropileno, poliestireno, poliuretanos, poliésteres, acrílicos, celulósicos, epoxi y fenol-formol. En el caso concreto de las espumas, los materiales más utilizados son los poliéster, polietileno y poliuretano.

8.1. POLIETILENO Y POLIPROPILENO

Una buena fórmula para ignificar plásticos polietilénicos es la siguiente:

Polietileno lineal	67,8 partes
Parafina clorada	10,8 partes
Trióxido de antimonio	21,4 partes
Pentaeritrita	1,75 partes

Los productos se amasan juntos y se procede a su moldeo como es usual.

Una fórmula distinta, derivada de una patente alemana reciente (1), lleva en su composición el plástico (760 partes), dióxido de octaclorodifenileno (170 partes) y trióxido de antimonio (50 partes). Los componentes se pasan por los cilindros de mezcla durante 10 minutos, a 160° C, y las masas se moldean por presión.

Las piezas plásticas así fabricadas, sometidas a la llama no luminosa de un mechero Teclu, durante 10 segundos, inician su combustión, pero la llama se autoextingue inmediatamente.

(1) De la firma Hoechst, A. G. (1962).

Existen muchos otros aditivos ignífugos para masas de polietileno entre los que se cuentan: fluoroboratos de amonio, trióxido de arsénico, tetracloruro de estaño, fosfatos de tris-2,3-dibromopropilo, de fórmula (1):

tetrahalofталatos, maleatos de butil-estaño, parafinas cloradas (del tipo Chlorowax 70) y otros.

Mediante reacción entre el bromoformo y una olefina, por ejemplo 1,3,5-hexatrieno, se obtienen monómeros que contienen dos átomos de halógeno en su molécula. La subiguiente polimerización de estos compuestos conduce al plástico (polímero) correspondiente, que es retardador de la llama.

Otra forma de modificar el esqueleto molecular de los polímeros etilénicos y propilénicos es tratarlos con ácido nítrico concentrado a 100° C, con lo cual se obtienen plásticos que no arden a la llama.

Debemos advertir aquí que la mayoría de los procesos que tienen como finalidad modificar la estructura del polímero son, en general, muy complejos y entran de lleno en la técnica de fabricación de plásticos. Es decir, ya no se trata de «mezclar» un determinado aditivo, sino de cambiar por completo el proceso de fabricación.

Si se parte de un etileno sulfoclorado (26 % de cloro y 1 % de azufre), una fórmula que proporciona masas plásticas incombustibles es:

Polietileno sulfoclorado	50	partes
Oxido magnésico	4	partes
Dióxido de titanio	35	partes
Sílice	25	partes
Oxido de antimonio	10	partes
Caolín	25	partes
Fosfato de tris-(2,3-dibromopropilo) .	3	partes
Eter glicólico	1,5	partes

8.2. POLIESTIRENO

Una de las formas más sencillas de ignifugar piezas ya conformadas de espuma de polistireno (o poliestireno), poliestireno expandido, es tratarlas con un recubrimiento de tipo inorgánico, tal como cloruros de calcio o magnesio, mediante pulverización u otro medio similar.

Aun cuando se reconoce que la adherencia de tales recubrimientos respecto al plástico es mala, dada la escasa «humectabilidad» de éste, un proceso de la Dow Chemical (2) recomienda estos tratamientos que pueden ser por inmersión, a brocha o por pistola.

Por su sencillez recomendamos el siguiente ensayo: Se corta una manta de poliestireno espumado de 3 × 3 × 15 centímetros y se sumerge por completo en una solución saturada de Cl₂Ca durante un minuto. Se saca de la solución, se deja escurrir y se mete en una estufa a 75° C durante varias horas. Una vez seca se la somete el ensayo de combustión a la llama (pequeña) de un Bunsen aplicada a un extremo de la pieza. La muestra tratada tarda 10 segundos en comenzar a arder y la combustión se propaga a razón de 5 cm cada 60 segundos.

En una muestra sin tratar, estos valores son, respectivamente, 1 segundo y 20 segundos, lo cual da idea de la ignifugación lograda. Sustituyendo el cloruro cálcico por sulfato magnésico, pueden duplicarse los valores de 10 y 60 segundos antes mencionados.

El bromuro amónico y el bromuro de polivinilo son otros tantos agentes que se mencionan para la misma finalidad. Una variante del método anterior, más eficaz desde el punto de vista de la resistencia al fuego, es fabricar la resina expandida en forma de perlas o bolas de un diámetro de 3 a 6 mm. Estas perlas se sumergen en una solución acuosa de cloruro de aluminio al 10 %, y luego, mientras están todavía húmedas, en otra solución de amoníaco al 10 %.

Se forma así sobre las perlas un recubrimiento muy adherente de hidróxido de aluminio de un espesor aproximado de 0,4 mm. Estas bolas ignifugadas pueden usarse para rellenos elásticos incombustibles o fabricar con ellas mantas o piezas de grandes dimensiones para aplicaciones anti-fuego.

El problema de la inflamabilidad de las espumas plásticas también puede atacarse en el proceso mismo de fabricación del polímero. Se citan en este sentido procesos en los cuales se hace reaccionar un copolímero estireno-metilestireno con tetrabromobutano, para obtener masas ignífugas. Otros compuestos que pueden usarse para la misma finalidad son el 1,2-dibromopropano, dibromoetilbenzeno, tribromobutano y otros.

Son, en realidad, muchos los derivados orgánicos del bromo que pueden entrar en la composición de polímeros de estireno, espumados o no, a los que comunican propiedades ignífugas. Uno de los ingredientes más empleados (comercialmente) para estos fines es el fosfato de 2,3-dibromopropilo.

Autores rusos y alemanes (1) han descubierto que pueden obtenerse polímeros de estireno, bien en forma sólida o de espumas, con muy buenas propiedades ignífugas, añadiendo a las masas de estireno otros polímeros derivados de la reacción entre el 1-etil-3,5-diclorobenceno y éter metoxifenilbencílico.

El proceso mencionado vale también cuando se trata de copolímeros estireno-nitrilo acrílico o de otro tipo, tal como se describe en procesos alemanes desarrollados por la Badische (E. Stahnecker, Badische Anilin-und-Soda Fabrik, enero 1968). En general, las mezclas reaccionantes son muy complejas e incluyen: estireno monómero, nitrilo acrílico, vinil-pirrolidona, acrilato de metilo, pirofosfato sódico, ftalato de dimetilglicol, hexabromociclododecano,

(1) LISTNER, G. J. (Pat. USA 3.403.118, septiembre 1968).

(2) TRYON, W. R. (Pat. USA 3.061.468, octubre 1962).

(1) KORSHAK, V. V., y otros: «Polymer Sci.», URSS, vol. III, pág. 925 (1962).

pentano y peróxido de benzoilo que actúa como catalizador de la polimerización. Esta se lleva a cabo en autoclave a 75° C durante 20 horas.

8.3. POLIURETANOS

Las espumas rígidas de poliuretano se han desarrollado mucho últimamente y se utilizan masivamente en la construcción. Para la ignifugación de estos materiales —cuestión que aún no ha sido totalmente resuelta— se busca la introducción de átomos de fósforo y halógenos en la molécula del poliisocianato.

Todo ello está dando lugar a la implantación de técnicas nuevas de fabricación que, como es obvio, no podemos tratar aquí. En resumen, se trata de hacer reaccionar derivados alcohólicos del fósforo (polioles fosforados) y alcoholes halogenados con isocianatos, para obtener uretanos fosfo-halogenados más o menos incombustibles.

Otros métodos más sencillos se basan en mezclar simplemente las masas de uretano con otros polímeros, tales como ésteres de ácidos fosfónicos polimerizados (1), de los cuales puede ser un ejemplo el bis-(beta-cloroetil)-fenil-fosfito. Estos aditivos pueden incorporarse al uretano preferiblemente durante su preparación, cuando la masa del plástico es todavía líquida. Otros compuestos para esta finalidad son las sales de amina de fosfatos orgánicos (2).

Muchos de estos compuestos son capaces de impartir resistencia al fuego a otros plásticos, además de los uretanos. Se citan: vinílicos, de estireno, poliamidas, acrílicos y metacrílicos, urea-formaldehído e incluso elastómeros de tipo caucho [ver cita (1)].

Una espuma rígida de poliuretano no combustible puede obtenerse empleando como agente ignífugo un aducto (obtenido por la reacción Diels-Alder). Basta para ello calentar durante 8 horas, con agitación, a 150° C, una mezcla de hexaclorociclopentadieno (160 partes) y aceite de ricino (88 p.). Se obtiene un líquido viscoso que llamaremos aducto-I. Para la preparación de la espuma rígida puede utilizarse la fórmula siguiente:

Aducto-I	25 g
Triisopropanolamina	20,7 g
Polimetilenpolifenilisocianato	54,2 g
Monofluortriclorometano (aireante)	15,5 g
Dilaurato de dibutilo (catalizador)	0,1 g
Silicona comercial	1,0 g

Los ingredientes se mezclan durante 10 segundos y la papilla se vierte en un molde. En un minuto se produce el esponjado completo. La masa resultante tiene un 90 % de células cerradas y es prácticamente incombustible.

Existen, aparte de los anteriores, multitud de métodos de ignifugación basados en impregnar, una vez fabrica-

das, las piezas de espuma poliuretánica con agentes retardadores del fuego, tales como compuestos de estaño, antimonio, magnesio, cinc, vermiculita tratada con fosfato amónico y otros que, en esencia, no difieren de los procedimientos generales de impregnación tratados en capítulos anteriores. (Ver, por ejemplo, J. H. Saunders, Patente USA 3.455.850, julio 1969).

8.4. POLIESTERES

En esta clase de polímeros, lo mismo que ocurre en los anteriormente estudiados, la incombustibilidad puede ser intrínseca al plástico ya fabricado, o comunicársela después con los sistemas de tratamiento externo. Por supuesto, los métodos que dan como resultado un plástico incombustible recién fabricado son mucho más eficaces que los tratamientos a posteriori.

La utilización de aditivos añadidos a la masa —durante una determinada fase del proceso de fabricación— puede dar como resultado una resistencia al fuego del material. Uno de los procedimientos más sencillos es añadir cloruro amónico (o bromuro amónico) a la composición de resina, si bien esto presenta la desventaja de que el polímero obtenido pierde una buena parte de su resistencia a flexión.

En cualquier caso, pueden obtenerse masas que, una vez laminadas, cumplen la especificación anti-fuego ASTM D 635-56T, preparando un poliéster no saturado por esterificación de los ingredientes siguientes:

Glicol dietilénico	1,0 Mol
Glicol propilénico	3,5 Mol
Anhídrido ftálico	2,5 Mol
Anhídrido maleico	2,0 Mol

El poliéster no saturado resultante se disuelve en estireno a razón de 40 partes en peso de este último y 60 partes de poliéster. Se añaden indicios (110 partes por millón en peso) de hidroquinona como inhibidor.

Al producto anterior se mezcla un 18 % en peso de CINH₄ en polvo (que pase por tamiz de 40 mallas), obteniéndose así masas que, una vez moldeadas, resultan ignífugas.

Los poliésteres a base de hexaclorociclopentadieno pueden ignifugarse con trióxido de antimonio (Robischek y Olmstead) y, según un reciente procedimiento (1) los poliésteres halogenados pueden hacerse hasta 140 veces más incombustibles si se los mezcla con tricloruro o tribromuro de antimonio en la proporción de 2 partes de este último por cada 70 partes de monómero. Las resinas así obtenidas son bastante transparentes y su resistencia a flexión, compresión, elongación %, etc., no se alteran respecto a las del plástico sin tratar.

En todo caso, tanto en el ejemplo indicado como en los antes mencionados, la condición indispensable para la ignifugación es la mezcla del agente ignífugo con el monómero, antes de la polimerización. En general, a la solución

(1) KABACHNIK, R.: Izvest. Akad. Nauk., URSS, 295 (1946).
(2) KAGAN y otros: J. Am. Chem. Soc., 81, 3026 (1959).

(1) DEGGINGER, E. R. (Pat. USA 3.373.225, marzo 1968).

del monómero se suele añadir, juntamente con el ignífugo, la proporción usual de peróxido de benzoilo.

8.5. OTROS POLIMEROS

No son sólo los indicados los plásticos que pueden hacerse ignífugos mediante los tratamientos estudiados. Prácticamente, casi todos los tipos comunes de polímeros pueden hacerse resistentes al fuego, tal como muestra la patente española (1) que se refiere a la obtención de plásticos y espumas celulares que resultan incombustibles.

La firma Bayer ha desarrollado un producto que llaman «hormigón ligero» a base de una espuma de poliisocianato cargada con sustancias inorgánicas (probablemente compuestos de antimonio) que, en lo que se refiere al fuego, cumple la Norma DIN 4 102 (ver apartado 9).

Este producto muestra una buena resistencia al fuego durante 30 minutos en placas con un espesor de 8 cm. Cuando el espesor es de 12 cm y se cuidan debidamente las juntas, pueden lograrse protecciones de hasta 90 minutos frente a la acción del fuego. Este material encontrará, probablemente, aplicación para el sector de la prefabricación.

El metil-metacrilato (plexiglás), por ejemplo, puede ignifugarse (2) mezclándolo en la proporción de 4 : 1 con un compuesto tal como el bromoetil-metacrilato o el 1,3-dibromopropilmetacrilato.

Hace unos 10 años, la casa alemana Rohm & Haas, inventora del plexiglás, describió un procedimiento para reducir la combustibilidad de este material, a base de una sustancia muy sencilla: el ácido ortofosfórico.

Basta añadir 100 g de PO_4H_3 al 85 %, a 1.000 g de metil-metacrilato, polimerizando la mezcla en la forma usual y añadiendo 0,05 % en peso de dinitrilo del ácido azodisobutírico. Pueden obtenerse así placas de plexiglás de transparencia normal, con una elevada resistencia al fuego.

El caucho de silicona puede hacerse incombustible mediante la adición de dióxido de titanio finamente dividido, polvo de cobre, óxido cúprico y otros productos.

Volviendo al campo de los plásticos o resinas propiamente dichos, los derivados epoxídicos también pueden ignifugarse con tratamientos adecuados. Muchos de los cables y conductores eléctricos empleados en las instalaciones llevan como recubrimiento aislante un plástico compuesto de resina epoxi, cloruro de vinilo y un etil-butil-ftalato.

Esta mezcla posee una buena resistencia al calor, pero, por encima de 100° C este aislamiento tiende a reblandecerse, debilitando la estabilidad de este tipo de conductores. Basta añadir de 3 a 10 % de trióxido de antimonio (respecto a la cantidad de resina epoxi) para obtener unos aislamientos que permiten que el cable alcance los 200° C sin el menor signo de deterioro.

Los laminados de resina epoxi bromada (con 19 % de bromo) resisten muy bien la prueba del mechero durante 15 segundos, así como el ensayo IBM de la llama durante 10 segundos.

(1) Derivados del Etilo, S. A. (Pat. esp. 359.118, diciembre 1971).
(2) FORSYTH, G. E. (Pat. USA 3.468.980, septiembre 1969).

Las resinas fenólicas y las de urea-formaldehído pueden ignifugarse fácilmente con tricloruro de aluminio (1), añadiendo a las masas un 15 % en peso de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. También los fosfatos de amina pueden emplearse para la misma finalidad (2), dando laminados que pasan la prueba sueca 123 (3).

El aceto-butirato de celulosa y las parafinas cloradas son perfectamente compatibles para dar plásticos celulósicos transparentes, incoloros y que resisten perfectamente a la llama durante 2 segundos.

Esto es particularmente notable dada la conocida inflamabilidad de los derivados celulósicos.

Los siguientes óxidos: SnO , SnO_2 , PbO , Cu_2O , Fe_2O_3 , ZnO y Sb_2O_3 son especialmente aptos para la ignifugación de plásticos de poliamida (tipo nylon), ésteres celulósicos, policarbonatos, poliisocianatos y espumas de policloropreno.

Citaremos, para concluir este capítulo, la ignifugación de PVC (que es uno de los menos combustibles) empleado como aislamiento en los conductores eléctricos. Según una patente francesa (4) pueden obtenerse excelentes recubrimientos para conductores eléctricos, mediante un aislamiento en dos capas concéntricas. Estos recubrimientos resultan muy flexibles, no quebradizos y, por supuesto, con un gran poder aislador eléctrico.

La capa interna, la que está en contacto con el cobre, es un plástico formado por:

PVC	100 partes en peso
Fosfato de tricresilo	50 partes en peso
Sulfato dibásico de plomo	7 partes en peso
Lubricante	1 partes en peso
Caolín	15 partes en peso
Hexacloroetano	12 partes en peso

La capa exterior es una poliamida (nylon) cargada con óxido de antimonio. Cuando se produce el incendio, el calor libera CIH de la capa de PVC, que reacciona con el compuesto de antimonio para dar oxiclورو de antimonio que es una sustancia absolutamente ignífuga.

Los cables así preparados no necesitan ir protegidos en tuberías y resisten bien a la llama de un Bunsen.

9. Normas

A lo largo de este trabajo se han mencionado diversas normas y especificaciones que pueden utilizarse para ensayar materiales en lo que se refiere a su resistencia al calor y a la llama.

(1) ERICKSON, P. N. (Pat. USA 3.320.087, mayo 1967).
(2) SUNDEN, N. B. (Patente asignada a Perstorp, A. B., Suecia).
(3) Ensayo al fuego de plásticos laminados; Bull. n.º 123, Ints. Statens Provningsanstalt).
(4) CHIZALLET, G., y DUMON, R. (Patente asignada a «Orgánico, S. A.», Francia, 29 marzo 1960).

La tabla IV resume algunas de estas normas y en ella hemos intentado consignar solamente las más importantes.

TABLA IV

UNE 7 172	Ensayo a la llama de emulsiones asfálticas.
UNE 53 027	Resistencia al calor de plásticos.
UNE 53 070	Inflamabilidad de plásticos vinílicos.
ASTM E-119-71	Ensayo al fuego de materiales de construcción.
ASTM E-152-66	Ensayo al fuego de puertas.
ASTM E-163-65	Ensayo al fuego de ventanas.
ASTM E-136-65	Incombustibilidad de materiales.
ASTM E-108-58	Ensayo al fuego de cubiertas.
ASTM E-84-70	Características de combustibilidad superficial de materiales de construcción.
ASTM E-286-69	Ensayo al fuego de materiales en hornos-túnel.
ASTM E-162-67	Inflamabilidad superficial de materiales.
ASTM E-160-50	Combustibilidad de la madera.
ASTM E-69-50	Propiedades ignífugas de la madera tratada.
ASTM E-176-66	Ensayo al fuego de materiales.
ASTM D-1230-61	Inflamabilidad de textiles.
ASTM D-1433-58	Inflamabilidad de películas plásticas.
ASTM D-1360-58	Poder retardante de la llama en pinturas.
ASTM D-1361-58	Ensayo al fuego de pinturas.
ASTM D-222-46	Inflamabilidad de papel y cartón.
ASTM D-1692-68	Inflamabilidad de hojas plásticas y plásticos celulares.
ASTM D-568-68	Inflamabilidad de plásticos flexibles.
ASTM D-257-65	Autoextinción de la llama en plásticos.
ASTM D-635-68	Combustión de plásticos estructurales.
ASTM D-626-41T	Ensayo al fuego de maderas.
DIN 4 102-h3	Materiales de construcción resistentes al fuego. Componentes especiales.
DIN 4 102-h2	Materiales de construcción resistentes al fuego.
DIN 4 102-h4	Materiales de construcción resistentes al fuego. Clasificación.
DIN 53 906	Ensayo de ignifugación de textiles.
AATCC 34-1952	Ensayo de materiales frente a la llama.
CCT-T-191a	Resistencia a la llama vertical.
PA 88-83	Inflamabilidad de textiles.
SP 51-T-13 (Navy)	Ensayos de incombustibilidad.
French Standards	Resistencia al fuego y a la llama de materiales (Orden 4 septiembre 1951, «B. O.» 9 octubre 1951, página 102).

CAR-04	Ensayo al fuego de materiales (Civil Aeronautics Administration).
SN 5XSNV-4	Ensayo de resistencia a la llama vertical (textiles). Schweizerischen Normenvenband.
CSTB N.º 116	Tabla de clasificación de materiales frente al fuego. Cahier n.º 1011, enero-febrero 1971.
CCT-T-191-6	Resistencia a la llama. Federal Specification USA, Method 5902.
V.1076	Norma holandesa sobre revestimientos ignífugos de estructuras de acero.
BS 476	Norma británica sobre revestimiento al fuego de recubrimientos.

10. Comentarios finales

Evidentemente, el problema del incendio no es un problema de todos los días, no es una cuestión actual que pueda condicionar nuestra forma de vida como pueden serlo el calor, el frío o el ruido.

Pero sería necio ignorarlo. Dos recientes catástrofes, la ya citada de Saint-Laurent-du-Pont con sus 148 muertos y la más actual de un rascacielos en São Paulo, con más de un centenar de víctimas, constituyen dos buenos ejemplos que deben hacernos meditar.

El peligro de incendio está ahí. Puede surgir en cualquier momento y con efectos destructores para vidas y bienes. Si pensamos que el simple hecho de caer una cerilla encendida sobre un taburete de plástico (caso de Saint-Laurent) puede ocasionar la muerte de casi 150 personas en unos pocos minutos, la lección ha de resultarnos aterradora.

Cuando un enorme rascacielos puede verse convertido, en unos minutos, en un montón de hierros y ceniza por culpa de un simple corto-circuito o una explosión de gas, ya no deben parecerse superfluas y baladíes cuantas precauciones anti-fuego pueda ofrecernos la técnica.

En las líneas anteriores hemos contemplado un solo aspecto —el de los materiales— de la lucha anti-fuego. Tal vez el más importante.

La práctica ha demostrado que cuando el incendio es voraz, como los dos mencionados, la posible existencia de puertas y escaleras de escape adecuadas puede paliar la catástrofe, pero no evitarla.

Ya no podemos evitar que un moderno edificio esté plagado de maderas, plásticos, cortinajes, pinturas, etc., potencialmente combustibles. Pero sí tenemos la obligación de dedicar alguna atención a seleccionar cuidadosamente los materiales con la vista puesta en que el incendio puede surgir.

En muchos casos, la sustitución de un material combustible por otro que, sin dejar de serlo, posea algún poder retardador de la llama, puede resultar definitiva para la salvación de vidas humanas, que debe ser, en fin de cuentas, el objetivo de un proyectista consciente.

résumé

Matériaux de construction contre le feu

J. M. Tobío, Dr. en Chimie Industrielle

Il s'agit du problème de la combustibilité des matériaux de construction les plus communs: bois, béton, plastiques, textiles, etc. L'auteur indique, dans chaque cas, les méthodes de traitement auxquelles ces matériaux doivent être soumis pour être efficacement ignifugés. Dans le dernier chapitre, il fait le point des normes nationales et internationales les plus usuelles pour l'essai de matériaux en vue de leur emploi comme des retardateurs de la combustion ou inhibiteurs de la flamme.

summary

Fire proof building materials

J. M. Tobío, Dr. of Industrial Chemistry

This deals with the problem of the combustibility of the more common building materials: wood, concrete, plastics, textiles, etc., and indicates the treatment these materials must undergo to make them effectively non-inflammable. In a final chapter, there is a discussion of national and international standards for testing materials which are to be used for delaying combustion or holding back flames.

zusammenfassung

Feuerwiderstandsfähige Baustoffe

J. M. Tobío, Dr. ind.-chem.

Die Probleme der Brennbarkeit der üblichen Baustoffe werden hier behandelt: Holz, Beton, Kunststoffe, Textilien, usw... wobei in jedem Fall die Behandlung, der die jeweiligen Baustoffe unterzogen werden sollen um eine gewisse Feuerbeständigkeit zu erreichen, beschrieben wird. In einem Schlusskapitel werden die verschiedenen üblichen nationalen und internationalen Normen verglichen, um Materialprüfungen vorzunehmen an Stoffen, die als Feuerverzögerer oder-Verhinderer verwendet werden sollen.

publicación del i.e.t.c.c.

protección química de la construcción

HANS KÖLZOW

Dr. Químico Dipl.
Stadtbaurat a.D.

La importancia creciente que se concede a la protección química de las obras de fábrica y la carencia de un tratado que reúna toda la literatura dispersa que existe sobre el tema, han llevado a la publicación de este libro, que debe leerse con atención en todas y cada una de sus páginas a fin de que nada resulte incomprendible.

En la Technische Akademie de Wuppertal el autor celebró, durante los últimos años, ocho seminarios, de tres días de duración cada uno, sobre protección de obras. Los participantes a

estos seminarios han sido arquitectos e ingenieros procedentes de organismos oficiales y de empresas privadas, así como químicos de las industrias dedicadas a la fabricación de sistemas y métodos químicos protectores. De las conferencias y de los coloquios consiguientes se han obtenido resultados importantes y esperanzadores que merecen ser conocidos por círculos mucho más amplios. Por todo ello se ha creído conveniente la publicación del presente resumen, indicando expresamente que, de ningún modo, se trata de un manual ni de un libro de recetas.

Encuadernada en rústica, de 17×24 cm, compuesto de 74 páginas. Madrid, 1971.

Precios: España, 300 pesetas. Extranjero, \$ 6.