

Ignífugos

A raíz del incendio del teatro de Novedades de Madrid, en septiembre de 1928, el Ministerio de la Gobernación, en 30 de diciembre inmediato, acordó el nombramiento de una Comisión interministerial para examinar y estudiar los diferentes productos de materiales ignífugos utilizables en el impregnado de las telas, papel, maderas, etc., que constituyen el decorado y material que se usan en los escenarios de los teatros.

Esta Comisión fué integrada por el personal técnico de la Junta Consultiva e Inspector de Teatros, afecta a la Dirección general de Seguridad, y además, catedráticos y profesores de la Escuelas Especiales de la asignatura de Química e ingenieros de los Laboratorios oficiales civiles y militares de Madrid, y, una vez constituida ante el director general de Seguridad e iniciada su actuación, tomó el acuerdo de dividirse en dos Subcomisiones, una para el estudio de los extintores y otra para los materiales ignífugos; esta última, presidida por el académico de Ciencias y catedrático de la misma Facultad D. Angel del Campo, fué formada por D. Ceferino López Sánchez Avelilla, del Laboratorio de Minas; D. José González Anleo, del taller de precisión y laboratorio de Artillería; D. Manuel Querejeta y el que suscribe, como profesores, respectivamente, de las Escuelas de Minas y Caminos.

Confieso francamente que comencé a trabajar en este asunto con bastante escepticismo y desconocimiento práctico de la materia, y como no era cosa de ponernos a descubrir e investigar directamente sobre algo, que, aunque se contase con algunos antecedentes y bastantes datos teóricos, precisaba una orientación en el campo de las aplicaciones, decidimos proponer a la Superioridad la apertura de un concurso, al cual pudieran acudir todos los especializados práctica y comercialmente en ignífugos; este concurso se verificó en abril de 1929, y a él acudieron catorce casas con muestras de productos, sobre los cuales se hicieron múltiples estudios, análisis y experimentos, llegándose a conclusiones y resultados prácticos verdaderamente sorprendentes, hasta el punto de poder asegurar que no sólo catástrofes como la del teatro de Novedades, base de la cuestión, sino la multitud de incendios que, con mayor o menor número de desgracias personales o cuantía de pérdidas materiales que ocurren constantemente en teatros, laboratorios, talleres, almacenes, viviendas, etc., etc., pueden evitarse o reducir enormemente sus efectos mediante el empleo de materiales ignífugados, entendiéndose por tales no sólo la tapicería y mobiliaje, telas y maderas, sino también los vestidos, las blusas o trajes de faena de los empleados, los paños de limpieza y pequeño material que en algunos sitios, como en los laboratorios, garajes y locales donde se manejan sustancias fácilmente inflamables, constituyen un peligro de propagación, y, sobre todo, los aislantes corrientes de los conductores eléctricos, vulgarmente llamados flexibles, cuya combustibilidad ha sido causa de innumerables siniestros al producirse cortocircuitos.

Existen determinadas sustancias a las que se pueden llamar ignífugas que gozan de la propiedad de hacer incombustibles en ciertas condiciones los ma-

teriales celulósicos a que se unen. El efecto que estas sustancias parecen producir es el de cambiar radicalmente el modo usual de destruirse la celulosa bajo la acción del calor; así es que dificultan o evitan totalmente la producción de productos volátiles inflamables capaces de producir llama y convierten el fenómeno en una simple deshidratación, que deja un residuo de carbón incombustible gracias a la protección de la materia más o menos fusible o volátil que le impregna.

Cuando el material es de poco espesor y gran porosidad, como sucede con el papel, las telas, las fibras delgadas, etc., y la disolución ignífuga puede empaparla plenamente, la acción de ésta, tal como antes se describe, puede ser considerada como casi perfecta; el material ignífugado seco, sometido a temperaturas tales como la del dardo de un soplete de gasolina en pleno funcionamiento, se va carbonizando *lentamente* en torno a la zona caldeada, que puede llegar a enrojarse, *sin la menor producción de llama*, cesando bruscamente la incandescencia en cuanto se retira el soplete. Si la acción del calor se extiende a una gran superficie, el material se carboniza totalmente, quedando un esqueleto carbonoso provisto de una cierta rigidez, gracias, sin duda, a la especie de apresto que el ignífugo le proporciona.

Ahora bien, si el material es de un cierto espesor, como sucede con un trozo de cuerda gruesa o de madera, ocurre que la impregnación no puede ser tan rápida ni tan perfecta como en el caso de los papeles o de las telas; entonces, una zona superficial más o menos profunda estará ignífugada y el corazón permanecerá sin alterar.

No obstante lo dicho, hemos tenido ocasión de ver tablas algo gruesas bien ignífugadas las cuales, colocadas en el centro de una hoguera hecha con otras tablas iguales sin ignífugar y rociadas de gasolina, se carbonizaron, conservando su forma y tamaño, mientras que el resto estaba reducido a brasas y cenizas, y sin que en ningún momento se las viera arder.

Es de advertir que estos materiales difíciles requieren una gran insistencia en la aplicación del ignífugo, y de que tengan una o más manos de aquél depende a veces su inutilidad o su éxito.

Desde el primer momento me propuse dar cuenta de cuestión tan interesante a los lectores de la *Revista*, no habiéndolo hecho hasta ahora por no dar publicidad de estos estudios antes de tener conocimiento de ellos la Superioridad que nos pidió el informe y de traducirse ésta en disposición oficial en la *Gaceta* (1 de enero de 1932).

* * *

El primero que se ocupó de hacer incombustibles materiales expuestos a la acción del fuego fué el célebre químico Gay Lussac, y precisamente con miras a las decoraciones de los teatros, por mandato de Luis XVIII, en 1821, y en la colección de *Anales de Physique et de Chimie* aparecen los resultados e investigaciones hechas, y aunque posteriormente se hayan venido realizando casi sin interrupción nuevos trabajos, apenas si se han modificado, sobre todo cualitativamente, las fórmulas de Gay Lussac, todas so-

bre la base de sales amónicas, bórax, ácido bórico y algunas sustancias adherentes, y más recientemente, el alumbre e hiposulfito sódico; en 1895, Lochtín (*Dingler Polytechnische Journal*) hizo la siguiente clasificación de las sales según la influencia ejercida sobre la combustibilidad de los materiales celulósicos:

a) Favorecen la combustibilidad: sulfatos, sulfitos, hiposulfitos, silicatos, carbonatos, estannatos y tungstatos alcalinos; carbonatos de cinc, calcio y magnesio, y sulfatos de calcio y hierro.

Algunas de estas sustancias figuran, sin embargo, en la composición de ignífugos.

b) Son indiferentes o sólo actuarían favorablemente en una gran proporción: boratos de aluminio, y cinc, fosfatos de calcio, aluminio, magnesio, cinc y sodio, el ácido tungstico y el tungstato amónico, el sulfato de magnesio, los acetatos de sodio y potasio y el ácido silícico.

c) Dificultan la combustibilidad y son recomendables, en orden de preferencia, los siguientes: sulfato, fosfato y cloruro amónico; cloruro de magnesio, cinc y estaño; alumbre, bórax, ácido bórico y alúmina precipitada de un aluminato alcalino.

De acuerdo con estos resultados están los obtenidos por Ch. Girard, director del Laboratorio municipal de París, en 1904, que preconizó como una de las fórmulas más sencillas y eficaces para la ignifugación la siguiente:

Fosfato amónico, 100 partes; ácido bórico, 11; agua, 100.

Asimismo la Comisión superior de perfeccionamiento del Cuerpo de Bomberos de París recomendó, en 1889, como medio sencillo y eficaz para ignifugar telas, la inmersión de las mismas en una disolución de fosfato amónico al 10 por 100.

Con todo esto se ha llegado a multitud de tipos de fórmulas, sin que se haya hecho notar ningún cambio progresivo en los últimos treinta años; pero hay que tener muy en cuenta que los efectos no sólo dependen de la receta empleada, sino de la facilidad de la impregnación, cosa sencilla cuando se trata de papeles y telas, pero ya más difícil en las maderas, para las cuales, cuando el espesor es de importancia, hay que aplicar procedimientos semejantes a los conocidos para el tratamiento por sustancias antisépticas.

Los materiales presentados y que se manejaron en nuestros estudios fueron catorce; de la mayoría de ellos nos declararon su composición, pero no se efectuó su comprobación, dejando íntegra la responsabilidad a sus autores, procediendo, en cambio, con cada uno de ellos a múltiples y diversos ensayos, pruebas y experiencias, que clasificamos en tres grupos:

1.º Pruebas un poco en grande en presencia de los representantes de las diferentes marcas de ignífugos.

2.º Experimentos de laboratorio.

3.º Ensayos complementarios en un escenario de escala reducida, buscando una aproximación a la realidad.

I. Pruebas en presencia de los representantes

a) Materiales usados en estos ensayos:

Papel y telas nuevos, de los mismos que se emplean para hacer decoraciones.

Trozos usados de decoraciones viejas de papel y tela, pintados por consiguiente.

Cuerdas, de las que se usan en las tramoyas.

Listones de madera, de los corrientemente usados para armar decoraciones, de 5 X 2,5 cm de sección.

b) Técnica y descripción de las pruebas.

Se construyeron con los listones bastidores de madera rectangulares de 2 m por 0,80, ensamblados a espiga en los cuatro ángulos, sobre los cuales se clavaban con tachuelas los materiales a ensayar; se disponían para cada ensayo cuatro bastidores de esta clase: uno, con papel nuevo sin pintar; otro, con decoración vieja de papel pintado; otro, con tela nueva sin pintar, y el cuarto, con decoración vieja de tela pintada.

La ignifugación la hacía cada representante a presencia de un miembro de la Comisión, pero según su exclusivo parecer o iniciativa; generalmente, los papeles se impregnaban con una o varias manos de embadurnado con brocha y en algún caso por pulverización; también algunos extendieron este método en las telas; los materiales pintados no solían embadunarse más que por la cara sin pintar.

Un cierto número de telas fueron, sin embargo, ignifugadas antes de clavarlas en el bastidor, teniendo en el seno de la disolución ignífuga un tiempo que varió de unos minutos a unas horas.

Las cuerdas algo gruesas fueron siempre ignifugadas por inmersión durante varias horas.

Los bastidores se colgaban verticalmente de uno de los lados menores del rectángulo, y en los que estaban revestidos de papel y tela nuevos se dejaba sin ignifugar el tercio inferior de su superficie.

Todo preparado y seco, se realizaban las siguientes pruebas:

1.º Una lámpara de soldador o soplete de gasolina, de tamaño mediano y en pleno funcionamiento, se acercaba normalmente al bastidor, hasta que el vértice del dardo tocara a la superficie ignifugada; poco a poco iba produciéndose el fenómeno antes descrito y ensanchándose la zona carbonizada; el material, sujeto por los bordes, se atirantaba por momentos, hasta que se rompía radialmente, apareciendo la llama del soplete por la cara opuesta; se cronometraba el tiempo entre el primer contacto de la llama y la perforación, y se observaba si los bordes del orificio resultante seguían o no candentes cuando se retiraba el soplete: se repetía el experimento en puntos diferentes, a fin de tomar en cuenta alguna posible irregularidad en la impregnación; no obstante algunas discordancias por esta causa, se obtenía el valor medio de las observaciones hechas.

2.º La otra prueba consistía en acercar el soplete al tercio inferior de los bastidores que soportaban el papel o la tela nuevos; como esa parte del material estaba sin ignifugar, entraba en llamas inmediatamente; la posición del bastidor hacía que todo él apareciera envuelto en aquellas mientras se consumía el papel o la tela no protegidos; había que observar lo que sucedía al llegar el fuego a la zona ignifugada, que se separaba de la anterior por una línea recta. Lo más corriente es que el fuego cesara inmediatamente al llegar a la zona de separación, que obraba como un magnífico cortafuegos, sin que el resto del material experimentara por esto la menor alteración.

Por lo que toca a las cuerdas, los trozos ignifugados y secos se destrenzaron por un extremo, y así se sometieron directamente a la acción de la llama del soplete, y más o menos lentamente aparecieron pe-

queñas llamas, sobre todo en la porción destorcida, revelando la mala impregnación de este género de materiales, no obstante el largo tiempo de inmersión a que fueron sometidos.

II. Experimentos de Laboratorio

Maderas.—Se emplearon trozos de tablas que habían sido preparados por los agentes y que se habían reservado con este fin; el espesor presentaba algunas pequeñas variaciones, pero en todos era alrededor de los 15 mm que se les había indicado. Sup. 20×30 centímetros.

Como foco calorífico se empleó un soplete de gas y oxígeno, alimentado directamente de la cañería del laboratorio y de un cilindro de oxígeno comprimido provisto de su correspondiente regulador; se dispusieron las cosas de modo que el dardo del soplete estaba vertical y alcanzaba una longitud de 18 centímetros. Sobre él, en un soporte de hierro, se colocaba horizontalmente el trozo de madera ignífuga, de modo que el vértice del dardo tocara ligeramente en aquél. Se medía el tiempo que tardaba el soplete en perforar la madera y se observaba la aparición de llamas, midiendo el espesor de la madera cuando a los quince minutos de acción del soplete no se conseguía la perforación.

Tela y papel.—Los trozos conservados para este fin se colocaban tensos entre dos aros de metal de 18 cm de diámetro; este bastidor se colocaba sobre el dardo del mismo soplete antes descrito sin tocar la llama, bien en posición horizontal, bien inclinado 45° , a fin de formar idea de si el ángulo de ataque tenía o no alguna influencia en el fenómeno. Se cronometraba siempre el tiempo empleado en la perforación y la duración de la ignición de los bordes candentes, cuando los había, así como si se producía o no llama al final del experimento.

Los tiempos de perforación son, como es natural, mucho menores con este foco calorífico que con el soplete de aire-gasolina, pudiendo admitirse como cero el tiempo de perforación de un testigo sin ignífugar, en el caso del papel o de la tela.

Cortocircuitos.—Pudo comprobarse en varios ensayos hechos con fuertes cortocircuitos en una línea de bastante sección a 110 V que la descarga instantánea no producía efectos sobre los papeles y telas ignífugados, ni aun casi sobre dichos materiales sin ignífugar; pero, en cambio, las envolturas del cable se inflamaban, y sus llamas, sostenidas y propagadas a lo largo de los hilos, constituían el verdadero peligro del fenómeno.

En vista de esto, se pensó en ignífugar las envolturas y experimentar los resultados; a este fin se dispuso un sencillo experimento, que consiste en puridad en lo siguiente: se prepara un flexible de un cierto grosor y se hace circular por él una corriente de amperaje superior al que el hilo pueda soportar; a más se ha provocado en uno de los hilos un deterioro previo, colocando además un trozo de algodón hidrófilo, que viene así a aumentar su resistencia; se inflama al pasar la corriente, el cable se funde por el punto en cuestión, y al chispazo consiguiente a la ruptura las envolturas de los cabos empiezan a arder.

Pues bien, si el hilo ha sido previamente ignífugado con cualquiera de los productos que en los restantes ensayos dieron buenos resultados, los cables

no arden; de aquí se dedujo, por tanto, una consecuencia importantísima, y es no sólo la necesidad de ignífugar cuantos cables existan en las instalaciones de los escenarios, sino recomendar a las fábricas de cables la ignifugación sistemática de las envolturas combustibles y, sobre todo, de los hilos que emplean en los revestimientos.

Los ignífugos y el color.—Vistos los resultados, bastante aceptables, que parecen obtenerse al ignífugar, sobre todo los materiales de tela y papel, y puestos en el terreno de la realidad, hacía falta resolver la cuestión de si una decoración debe ignífugarse antes de ser pintada, o si puede ser sometida al tratamiento después; para esto era preciso ver la acción que sobre los principales colores usados en escenografía ejercen los diversos ignífugos que han venido siendo objeto de estos ensayos. A este fin se pintaron sobre papel tiras de diversos colores y purpurinas, ignifugándose, una vez secos, por la cara sin pintar; los resultados fueron algo variables: algunos ignífugos no alteran ningún color; con otros no se altera ningún color, pero la purpurina dorada se pone verde, y con otros se alteran más o menos todos los colores.

III. Ensayos complementarios en un pequeño escenario

Las pruebas anteriores fueron hechas, según se ve, en condiciones que distan mucho de las que deben darse en los casos de incendio real en un teatro; importaba ver, por tanto, el comportamiento de estos productos en un ambiente sobrecalentado y al mismo tiempo con fuerte tiro de aire, tal y como debe pasar en un escenario una vez iniciado el incendio.

Ya que no era posible llevar a la realidad experimentos de esta clase, esta Subcomisión se hizo construir un pequeño escenario de ladrillo provisto de embocadura, una abertura en el foro y otra practicable, a voluntad, en el techo.

En él se realizaron los siguientes ensayos:

1.º Se colocan, pendientes de unos alambres que cruzan el techo del escenario de lado a lado, tiras de papel ignífugado, que llegan al piso del mismo, a modo de bastidores; el piso se recubre con una alfombra de algodón en rama, que se rocía con gasolina; se cierra la abertura superior, y por la del foro se arroja al interior una cerilla encendida; la alfombra entra en seguida en llamas; éstas invaden todo el escenario y salen con fuerza por la embocadura; las supuestas decoraciones se carbonizan rápidamente, pero no se las ve arder ni ponerse candentes; arrastradas por el fuerte tiro, algunas son lanzadas al exterior, pero la mayoría, al extinguirse el fuego, siguen colgadas, convertidas en tenues láminas de carbón.

2.º Se repite el experimento abriendo la abertura del techo; el fenómeno es análogo, pero las llamas ahora no salen por la embocadura, sino por la abertura superior, que funciona como una perfecta chimenea; ello permite acercarse más y observar mejor, comprobando, como antes, que, a pesar de las exageradas circunstancias, el decorado no arde; no contribuye, por tanto, a alimentar el fuego.

3.º Se cuelgan, como antes, algunas anchas tiras de papel ignífugado, a guisa de decoraciones; se colocan en su inmediato contacto algunos trozos de papel sin ignífugar; por la abertura posterior se da

fuego a estas últimas, las cuales arden, pero no propagan el fuego a las decoraciones; una tira ignífuga da a medias sólo arde por la parte sin preparar, cortándose el fuego al llegar a la zona protegida.

4.º Se llena el escenario de materiales combustibles sin ignífugar, se abre la abertura del techo y la embocadura se tapa totalmente con un *bastidor recubierto de tela ignífuga*; se da fuego por detrás, y las llamas salen por el techo; el telón de boca queda tan sólo ligeramente ennegrecido por el centro.

5.º Se repite el experimento anterior con la abertura del techo cerrada; en la embocadura, el bastidor forrado de dos telas ignífugas se apoya contra la pared del frente; al dar fuego, el brusco tiro; que ahora se dirige a la embocadura, derriba el bastidor; en pleno fuego, se coloca de nuevo, obturando la embocadura y sujetándola ligeramente por el exterior; se ven las llamas atacar sin cesar al telón de boca, pero a poco el fuego languidece y se extingue; se separa el bastidor: la primera tela está carbonizada y agrietada por el centro; la segunda apenas si ha sufrido alteración; en el escenario queda aún combustible sin arder.

6.º Se repite el experimento anterior, sujetando el bastidor desde el principio; el resultado es idéntico, y el fuego se extingue más pronto.

* * *

Dos enseñanzas importantes parecen deducirse de estos experimentos, amén de haberse comprobado que el comportamiento de los materiales ignífugados es en el escenario lo mismo que fuera; una de esas enseñanzas se refiere al magnífico papel desempeñado por la abertura en el techo del escenario, que llevando

hacia sí todo el tiro, ha permitido suponer cuán benéfica sería la existencia de una semejante y suficiente chimenea en los casos de incendios; otra enseñanza es la posibilidad de utilizar como telón cortafuegos, de uso más rápido que el metálico, y que podría, si no sustituirle, al menos precederle, el formado por una tela por lo menos doble y bien ignífuga que cayera sin dejar rendijas laterales.

IV. Observación final

No debe terminar este informe sin que se haga referencia a una cuestión más, que esta ponencia hubo de plantearse y que forzosamente ha tenido que dejar sin resolver, en lo que se refiere a la duración de los efectos del ignífugado.

Parece lógico suponer que aquellos productos que en estado disuelto impregnan los tejidos sin producir en ellos más que un poco de aspereza y de mayor apresto deben presentarse mejor o soportar dobleces, arrollamientos, etc., en materiales flexibles, que no aquellos otros que, a modo de pinturas, sólo poseen una adherencia superficial, y en este sentido parece que debe durar más el efecto de los primeros que el de los segundos. Los materiales más compactos, como cuerdas o maderas, parece que deben prestarse a una preparación menos duradera; de todos modos, es ésta una cuestión que sólo una experiencia de largo tiempo podría resolver.

A falta de ésta, la más elemental prudencia parece aconsejar la repetición del ignífugado de tiempo en tiempo en aquellos materiales más expuestos a perderlo por cualquier causa, salvo prueba evidente en contrario que cualquier trozo de aquéllos pudiera suministrar.

Antonio LOPEZ FRANCO
Ingeniero de Caminos

Con pluma ajena

Historia de la construcción del Monasterio del Escorial

En los pocos ratos en que mis tareas diarias me dejan libre procuro dedicarme a la lectura de disciplinas completamente distintas de las que preciso para la realización de mis actividades habituales, considerando como descanso y regalo los ratos que a ellas puedo atender.

Son mis preferidas las Bellas Artes y la Historia, y no es la primera vez que he leído con fruición la muy interesante obra *Historia primitiva y exacta del Monasterio del Escorial*, escrita, en el siglo XVI, por el Padre fray José de Sigüenza, bibliotecario del Monasterio y primer historiador del tan discutido monarca Felipe II, objeto de las más rigurosas diatribas y de las más exageradas alabanzas, según fuese el autor del escrito que del mismo se ocupara; esta disconformidad, el ser todavía objeto de constantes controversias el período histórico de su vida, prueba lo trascendental de su reinado y lo recio de su personalidad.

Como digo, una vez más he leído esta obra, y su

lectura me ha inspirado observaciones que, aunque parezca anómalo, me han sugerido el deseo de que en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS se transcriban algunos párrafos y fragmentos de ella, por estimar de actualidad, en cierto modo, pudiendo servir como elemento de estudio la organización y marcha de obra tan importante, especialmente en época en que los recursos técnicos eran tan escasos; pero en que, por el contrario, las dificultades que representan las organizaciones sociales que en la actualidad se han establecido no entorpecían la marcha de los trabajos, como ahora, sin que ello signifique, como podrá apreciar el curioso lector, que en aquel entonces no se presentaran algunos conflictos de orden público, basados en cuestiones sociales.

A continuación se irán copiando los párrafos que estimo más interesantes de aquel libro y que más relación puedan tener con los dos aspectos que de la citada construcción he de ocuparme; es decir, orga-