



Se los define como compuestos líquidos, sólidos o gaseosos que inhiben la combustión de materiales. Los retardantes se aplican mezclados, combinados y sobre las superficies combustibles.

LOS RETARDANTES DE FUEGO

ORELVIS GONZÁLEZ
JEFE DEL ÁREA INGENIERÍA DE PROTECCIÓN
CONTRA EL FUEGO DE DICTUC

LOS RETARDANTES AL FUEGO son compuestos líquidos, sólidos o gaseosos que tienden a inhibir la combustión cuando se aplican, ya sea mezclados, combinados o sobre materiales combustibles. El concepto *Retardante de Fuego* (Fire Retardant) alude a químicos, tratamientos y pinturas (barnices) empleados para reducir la combustibilidad de los materiales de construcción y otros. La American Society for Testing and Material (ASTM) sugiere que *Retardante de Fuego* se emplee sólo en el marco de términos compuestos como “*barra retardante*”, “*químico retardante*”, “*pintura retardante*” o “*tratamiento retardante*”. Asimismo, las clasificaciones de propagación de llama se establecen a partir de resultados obtenidos bajo algún ensayo (en Estados Unidos se utiliza NFPA 255 o ASTM E84). En Chile no se establecen ni se exigen este tipo de clasificaciones.

Las precisiones

El uso popular ha creado una amplia variedad de términos asociados a este tema, con un resultado frecuente de malas concepciones, malentendidos y un indeseable grado de ambigüedad¹. Términos como *Resistente al Fuego* (Fire Resistant), *Retardante de Fuego* (Fire Retardant), *Resistente a las Llamas* (Flame Resistant), *Retardante de Llamas* (Flame Retardant) y *A Prueba de Llamas o Fuego* (Flameproof), se usan a menudo en forma indiscriminada e incorrecta.

En primer lugar, la ASTM define *Resistencia al Fuego* como “*la propiedad del material o configuración de soportar un incendio o dar protección de él*”. Así, se entiende que este término alude sólo a la capacidad de la estructura, material o configuración para resistir los efectos de un incendio a gran escala. Por ello, este concepto no debe emplearse para los tratamientos de retardo de fuego de materiales combustibles.

A pesar de que muchas veces se asocia el término de “materiales ignífugos” con los retardantes, este tema amerita un análisis más detallado que se hará en futuras instancias de la revista. Ello porque muchas veces las terminologías empleadas por fabricantes, proveedores o comercializadores de este tipo de productos, no se relaciona directamente con su performance real de comportamiento frente al fuego, lo que conlleva a confusiones o inconsistencias que deben ser aclaradas.

La evaluación de la *Resistencia al Fuego* se basa en el tiempo (minutos u horas) que el material o configuración soporta la exposición al incendio, de acuerdo a lo establecido en una norma de ensayo (en Chile se utiliza NCh 935/1). En cambio, el término *A Prueba de Llamas o Fuego* y sus derivaciones, tiende a tener interpretaciones confusas, sujetas a malentendidos, por ello se desalienta su empleo.

De este modo, los conceptos de *Retardante de Llama* y *Resistente a las Llamas* se aplican indistintamente en materiales decorativos que, debido a tratamientos químicos o sus propiedades inherentes, no se encienden o propagan llamas fácilmente, bajo condiciones de baja o moderada exposición al fuego. *Retardante de Llamas* representa el concepto más apropiado para denominar químicos, procesos o pinturas usadas para el tratamiento de materiales decorativos, incluyendo telas, árboles de navidad y materiales similares usados en decoraciones o muebles.

Por otra parte, los conceptos relacionados a tratamientos *Retardantes de Fuego* y *Retardantes de Llamas* frecuentemente se emplean mal. Por ejemplo, es falso que todos los tratamientos *Retardantes de Fuego* entreguen resistencia al fuego. Mientras algunos recubrimientos proporcionan mejoras en resistencia al fuego, otros tratamientos son sólo efectivos en el retardo del encendido, disminución de la velocidad de quemado y la tasa de liberación de material combustible desde los elementos tratados. Esta acción, sin embargo, reduce la intensidad del fuego de algunos materiales que de otra manera tendrían una alta velocidad de encendido. La tasa de quemado es medida y denominada como *Tasa de Liberación de Calor*.

Acción de los Retardantes de fuego

Para entender el funcionamiento de los retardantes, es importante conocer los procesos

de combustión de materiales sólidos². Éstos no arden directamente, primero deben ser descompuestos por el calor (pirólisis) para liberar gases inflamables, que al quemarse con el oxígeno (O₂) del aire provocan las llamas. Si los materiales sólidos no generan esos gases, ellos pueden quemarse sin llama (smouldering) pero a menudo se autoextinguirán, particularmente si se forma una barrera carbonosa estable que previene el acceso de calor a las capas inferiores del material. Sin embargo, en algunos casos como la madera pueden arder vigorosamente si una parte importante del calor generado retorna al material y lo piroliza, generando gases.

Las llamas se mantienen en forma autosostenida por la acción de radicales de alta energía (H⁺ y OH⁻ en fase gaseosa), que descomponen el material y oxidan el carbono, formando Dióxido de Carbono (CO₂), con la correspondiente generación de calor.

En base a estos antecedentes, existen cuatro teorías para explicar el comportamiento de los retardantes³:

Efecto Térmico: Los retardantes reducen la acumulación de calor por: (i); aumento de

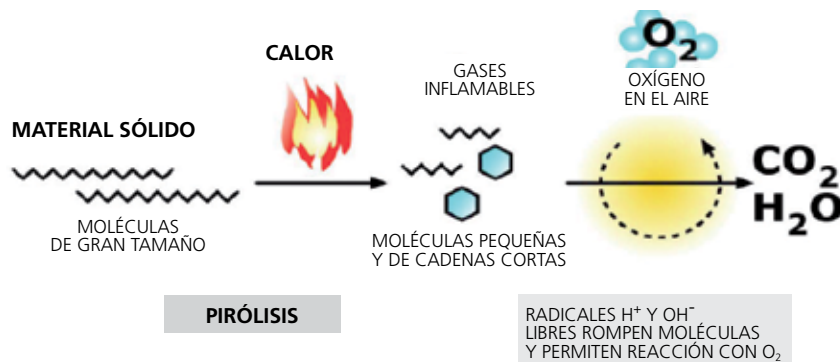
la conductividad térmica para disipar el calor de combustión; (ii) aumento de la absorción térmica o bien reducción de la cantidad de calor disponible; (iii) provisión de aislamiento térmico para disminuir el flujo de calor hacia el sustrato.

Efecto de recubrimiento (coatings): formación de una capa aislante sobre las fibras del material protegido, la que actúa excluyendo oxígeno e inhibiendo el escape de gases combustibles.

Efecto de dilución de gases: liberación de gases no inflamables, como vapor de agua, amoníaco y CO₂, que diluyen a los gases combustibles.

Efecto químico: Asociado a productos celulósicos, como la madera. Durante la etapa de ignición, la combustión de las mezclas gaseosas inflamables formadas durante el proceso de pirólisis se hace visible a través de llamas. Los químicos retardantes intervienen las reacciones de pirólisis, disminuyendo la temperatura de descomposición térmica, seguida directamente por la formación de una capa carbonizada y de agua, en vez de la formación de gases inflamables.

FIGURA 1. PROCESO DE COMBUSTIÓN DE MATERIALES SÓLIDOS



La evaluación de la Resistencia al Fuego se basa en el tiempo (minutos u horas) que el material o configuración soporta la exposición al incendio.

Tipos de retardantes

Existen diversos retardantes⁴ (inorgánicos en base a compuestos halogenados, fósforo, trióxido de antimonio, y nitrógeno; e intumescentes, entre otros) que actúan de distintas formas. Su acción es directa o como catalizador, incrementado el efecto de otros retardantes.

Los **Retardantes Halogenados** (contienen átomos de cloro o bromo): actúan removiendo los radicales H+ y OH - en la fase gaseosa de la llama. Esto disminuye la velocidad e incluso previene el proceso de quemado. Así, se reduce la generación de calor y la producción de gases inflamables.

El **Trióxido de Antimonio** (Sb₂O₃) Carece de propiedades retardantes propias, pero es un efectivo catalizador para retardantes halogenados facilitando su descomposición química a moléculas activas.

Los **Retardantes Inorgánicos** (trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio y com-

puestos con boro, borato de zinc, zinc y estaño) interfieren con el quemado a través de procesos físicos como liberación de agua o gases no inflamables que diluyen a los que alimentan el fuego, absorción de calor desde las reacciones que liberan gas (enfriamiento) y producción de una capa no inflamable y resistente en la superficie del material.

Los **Retardantes en Base a Fósforo** funcionan eficientemente en la fase sólida de los materiales que se queman. Al ser calentado, el fósforo reacciona dando lugar a una forma polimérica al ácido fosfórico, formando una capa cristalina que inhibe el proceso de pirólisis y liberación de gases inflamables, necesario para mantener las llamas. Por este mecanismo se reduce significativamente la cantidad de combustible porque se forma más zona carbonizada que gas combustible.

Los **Recubrimientos Intumescentes** se emplean para proteger del fuego materiales como madera y plásticos previniendo el que-

mado. También se usan para proteger el acero y otros materiales, previniendo o retardando el daño estructural durante el incendio. Los recubrimientos se fabrican de una combinación de productos que se aplican en la superficie como una pintura. Se diseñan para expandirse hasta formar una capa aislante y resistente al fuego que cubre el material expuesto al calor. Estos productos contienen algunos componentes esenciales:

Espumantes: Ante altas temperaturas liberan grandes cantidades de gases no inflamables (como Nitrógeno, Amoníaco, CO₂).

Adhesivo: Se funde con el calor, resultando un líquido espeso que atrapa el gas liberado en burbujas y produce una capa gruesa de espuma.

Fuente de ácido o compuestos de carbono: Durante el calentamiento, libera ácido fosfórico, bórico o sulfúrico, que queman los compuestos de carbono (mecanismo descrito para el caso de los retardantes con fósforo), causando que la capa de burbujas se endurezca produciendo una barrera resistente al fuego.

Métodos de aplicación

Existen cuatro métodos básicos de tratamientos retardantes⁵:

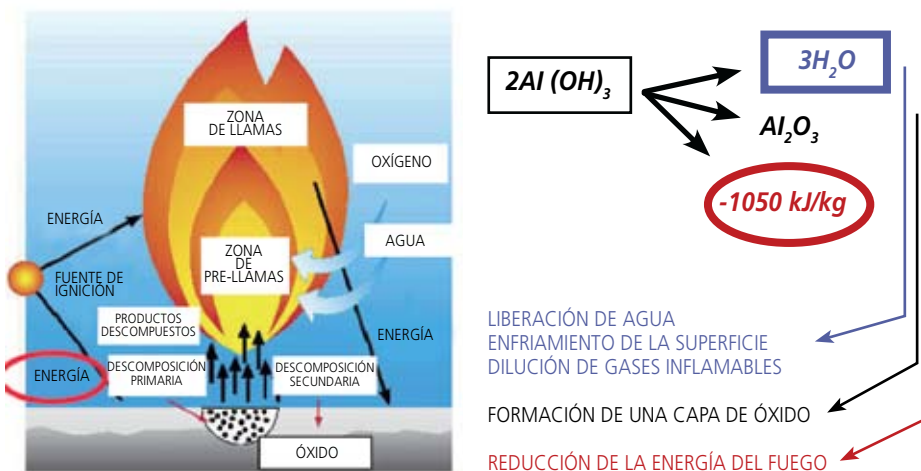
Cambio Químico: Se emplea en plásticos y otras fibras sintéticas (espumas PIR/PUR y poliestirenos) cuya estructura se modifica en los procesos de fabricación para obtener beneficios en sus características de quemado.

Impregnación: Se refiere a la técnica de tratamiento para materiales absorbentes. Los químicos retardantes se disuelven, habitualmente en agua, y el material a tratar es sumergido en esta solución.

Impregnación bajo presión: Usado para el tratamiento de materiales relativamente densos y no absorbentes, como la madera. Este proceso, realizado en cámaras de vacío, reemplaza el aire al interior de las células de madera por la solución retardante. Comparado con la impregnación estándar, este método otorga una penetración más profunda y una mayor retención de los químicos.

Pinturas (y barnices): Inhiben la propagación de llamas, generando una superficie "no combustible". Son aplicadas en materiales de construcción no absorbentes, que no pueden ser tratados por otros métodos.

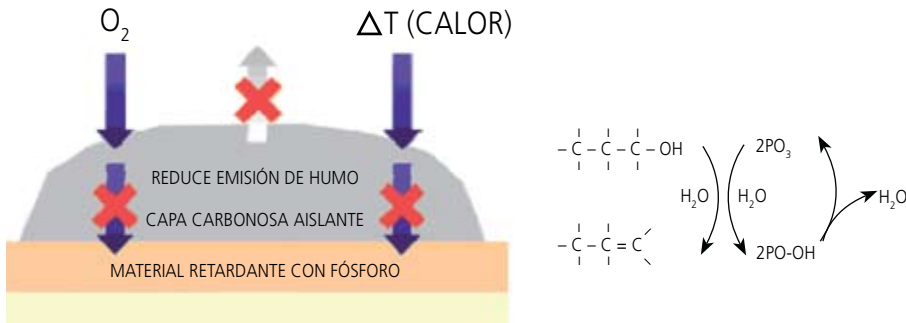
FIGURA 2. ESQUEMA DE ACCIÓN DE UN RETARDANTE INORGÁNICO





ALTA TECNOLOGÍA EN FABRICACIÓN DE CUBIERTAS Y REVESTIMIENTOS METÁLICOS AISLADOS

FIGURA 3.
ESQUEMA DE ACCIÓN DE UN RETARDANTE EN BASE FÓSFORO



Toxicidad e impacto ambiental

Si bien se espera la liberación de leves cantidades de vapores tóxicos, como HCN y óxidos nitrosos durante la degradación de elementos tratados, en varias pruebas se ha llegado a la conclusión que su humo no es más tóxico que el de las maderas no tratadas. Los retardantes que contienen compuestos halogenados han estado en la mira en los últimos años. A temperaturas cercanas a 480°C, los compuestos halogenados generalmente se descomponen en Bromuro y Fluoruro de Hidrógeno (HBr y HF)⁶. El efecto primario de la descomposición de estos productos es la irritación. Incluso en muy pequeñas concentraciones se obtienen olores agudos y astringentes, lo cual opera

como un mecanismo de aviso frente a concentraciones mayores de este y otros compuestos tóxicos. Con respecto al impacto ambiental, en muchos países los productos que contienen compuestos halogenados han sido regulados, por el conocido efecto destructivo de la capa de ozono. ■

www.dictuc.cl

REFERENCIAS:

1. Shaw, James R., "Fire-Retardant and Flame-Resistant Treatments of Cellulosic Materials", NFPA Fire Protection Handbook, 18ª Edición, 2002, Capítulo 4, Sección 4.
2. European Chemical Industry Council, "How do flame retardant work?", 2006.
3. Grant, Casey C., "Halon Design Calculations", The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Tercera Edición, 2002, Sección 4, Capítulo 6.

NORMATIVA Y REGULACIONES

En Chile la reglamentación relativa a protección contra incendios se rige por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Para el caso de los retardantes existe una norma de ensayos (NCh 1974), que compara el nivel de protección que entregan estos productos. Sin embargo, una cosa es el método de ensayo y otra distinta el establecer criterios de aceptación. En efecto, no existe en estos momentos un criterio nacional que permita aceptar o rechazar el comportamiento de estos productos. En DICTUC, a través del Área Ingeniería de Protección contra el Fuego (IPF), además del equipamiento para desarrollar los ensayos por la normativa chilena, se dispone de capacidades para desarrollar este tipo de ensayos bajo normativa internacional. Tal es el caso del equipo LIFT, por sus siglas en inglés (Lateral Ignition and Flamespread Tests), con el que se pueden ejecutar ensayos bajo normativa ASTM E1321-97a, "Standard Test Method for Determining Material Ignition Properties" y ASTM E 1317 "Standard Test Method for Flammability of Marine Surface Finishes". También en IPF de DICTUC se pueden realizar ensayos bajo la norma ASTM D1360-98, "Test Method for Fire Retardancy of Paints".

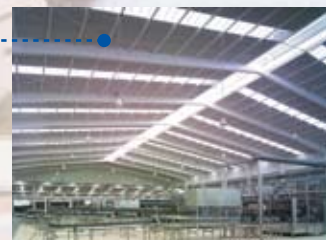
MINERÍA



ENERGÍA



INDUSTRIA



**/APOYO TÉCNICO Y ASESORÍA
ESPECIALIZADA EN EL ESTUDIO
DE PROYECTOS/**



meTecn
we invented it

Avenida Nueva Industria 200, Quilicura, Santiago, Chile
Teléfono: (56-2) 438 7500 Fax: (56-2) 438 7590
E-mail: info@metecno.cl www.metecno.cl