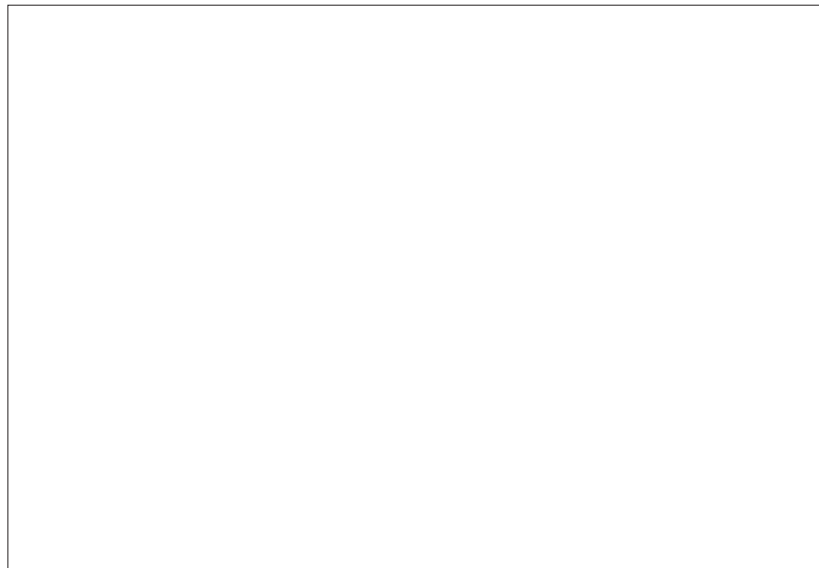


# ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO

DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION



## REACCION AL FUEGO

SANTIAGO GARCÍA ALBA

DIRECTOR TÉCNICO DE LOS LABORATORIOS DE REACCIÓN Y RESISTENCIA AL FUEGO DEL LICOF\*

La reacción al fuego es el indicador de la capacidad de un material para favorecer el inicio de un fuego y su desarrollo.

Es un concepto que, desde el punto de vista de evolución en ensayos, se refiere a *materiales* -casi siempre sólidos, por ser estos los utilizados en construcción- y no los conjuntos que estos puedan formar.

### Conceptos básicos

La reacción al fuego surge con disciplina dentro de las Técnicas de la Seguridad Contra Incendios, con el cometido de:

- conocer las características que hacen que un material sea más peligroso que otro en cuanto al fuego.
- establecer y desarrollar la base científica para el ensayo de los elementos que configuran la Reacción al fuego.
- establecer los límites «razonables» de los ensayos y delimitar los criterios fundamentales a los que atender.

- establecer criterios de clasificación para incluir a los materiales en una graduación o escala que permita la comparación entre ellos.
- establecer conceptos y técnicas mediante los cuales las Reglamentaciones pueden delimitar exigencias aceptables y reconocibles para todos los usuarios y fabricantes.

### Mecanismos de funcionamiento y control de la reacción al fuego

#### Elementos del fuego

Las técnicas de ensayo en reacción al fuego parten del conocimiento de los mecanismos de funcionamiento

de la reacción química que denominamos FUEGO.

Desde que Lavoisier estableciera el principio de combustión y de su mecanismo en torno a 2º mitad del siglo XVIII el conocimiento de este fenómeno se ha completado en su totalidad.

Según UNE 32-026, el FUEGO queda definido como una combustión caracterizada por una emisión de calor acompañada de humo y llamas o de ambos. A esto cabe añadir la emisión de energía luminosa. El proceso fundamental inherente a todo fuego es una reacción química fuertemente exotérmica (que emiten calor) de oxidación-reducción.

La combustión completa se caracteriza por ser un proceso IRREVERSIBLE.

Para que el **combustible** sea efectivo en un proceso de combustión deberá presentarse por debajo de cierto nivel de oxidación previa. Además, serán los materiales con alto contenido en hidrógeno y carbono los más susceptibles de oxidarse y, por lo tanto, de arder. Estos elementos están presentes en casi todos los sólidos y líquidos de origen orgánico, así como en los gases inflamables.

Respecto al **comburente** el más común es el aire, que contiene una quinta parte de oxígeno. Frente a un combustible, este oxígeno actúa de agente oxidante, permaneciendo todos los demás componentes inalterados (el nitrógeno, que supone 4/5, del aire, es inoxidable) y acompañando a los productos de la combustión.

La energía que pone en marcha la combustión la denominamos **energía de activación**, y generalmente es de origen exterior al combustible-comburente, aunque es la llave que permite que ambos entren en reacción. Y basta sólo un pequeño y muy localizado foco de activación para poner en marcha un mecanismo, que fuera de control, origina el llamado incendio.

Para verificar el inicio de un incendio hay que tener en cuenta el concepto de **límite inferior y superior de inflamabilidad**

En este concepto se establece el

hecho de que no todas las mezclas de comburente y combustible pueden entrar en reacción con una energía de activación. Estas mezclas deben guardar una proporciones mínimas. Estos límites marcan la zona donde puede ocurrir una combustión. Estos límites se expresan en porcentaje de volumen de combustible en su mezcla con el aire. Si la temperatura de una mezcla aumenta, el rango de inflamabilidad se amplía y si baja, disminuye. Existen ensayos para determinar estos límites (por ejemplo, el ensayo de Índice Crítico de Oxígeno).

Una vez juntos los tres factores anteriores (comburente-combustible-activación) se crea la llamada **reacción en cadena**. Del calor generado por la combustión parte pasa al ambiente -esta es la energía que percibimos sensorialmente-, otra se emplea en descomponer el material (pirólisis) y otra parte pone en reacción (oxidación) nuevos átomos de combustible, en un proceso «en cadena» y autoalimentado, con nuevos átomos del comburente. Si en un momento dado esta energía de activación cae por debajo de cierto nivel, la reacción se detiene. Si pasa por encima de cierto nivel, la reacción se acelera. La presencia de los denominados radicales libres (moléculas «incompletas» de alto poder reaccionante) facilita el mantenimiento de dicha reacción, y especialmente en la formación de llamas.

El fuego, pues, se inicia con la suma de los tres primeros factores (denominados como el «**triángulo del fuego**»). Y se mantiene con el concurso de los cuatro factores también señalados (denominados como el «**tetraedro del fuego**»).

A pesar de la sencillez de lo anteriormente dicho, la Reacción al fuego de un material presenta gran multiplicidad de fases y secuencias, de acuerdo con factores que impone el mismo material y el tipo de combustión al que se ve sometido. En todo caso, siempre el material expuesto al calor se descompondrá en una serie de productos líquidos, sólidos o gaseosos cuya composición dependerá de la composición química inicial de combustible, de los eventuales productos adicionales durante el proceso y de la intensidad de la fuente de calor a que han sido expuestas. Estos productos pueden ser de naturale-

za inflamable (gases de pirólisis), que al encontrarse con el oxígeno atmosférico, dan lugar a la combustión, acompañado de humos y gases tóxicos.

### Etapas del proceso de combustión

De forma esquemática, y en apoyo de lo anteriormente dicho, en la combustión distinguiremos varias etapas básicas:

- **Calentamiento** - inducido por la reacción en cadena o por aporte exterior, y según que materiales, estos tratan de cambiar de estado (funden, reblandecen, etc..) antes de entrar en la siguiente fase. Según el nivel de exposición alcanzado, incluso pueden darse fenómenos reversibles.

- **Descomposición** - (también llamada pirólisis) la energía proporcionada por la reacción en cadena ya en marcha, rompe enlaces atómicos y se crean nuevos productos de la combustión. Cada material tiene diferente grado de descomposición en función de la temperatura a la que se ve sometido. Esta fase ya es irreversible.

- **Ignición** - los gases inflamables formados en la descomposición (o pirólisis) contactan con el oxígeno atmosférico hasta alcanzar el denominado **punto de ignición** (que presenta una banda con un límite máximo y mínimo), pudiendo arder con llama externa. El punto de ignición es la temperatura en la cual, sin falta de comburente, se podría mantener la combustión indefinidamente. En este punto, el calor generado por la oxidación supera al empleado en la pirólisis y al que se pierde hacia el exterior. Este punto no es intrínseco al material sino que depende de muchas circunstancias externas, pudiendo variar según estas. En los líquidos si se puede determinar mejor y se le denominará **punto de inflamación**, que es la temperatura en que la mezcla de vapores origina incremento de la actividad de combustión en presencia de llamas externas pero sin mantenerse una vez retiradas. El **punto de incendio** es la temperatura a la cual la mezcla se mantiene ardiendo tras la retirada de la llama externa y suele ser un poco mas lenta que la anterior. El **punto de autoignición** es la temperatura a la cual el material empieza la combustión viva sin necesidad de un

activación externa, sirviendo la temperatura generada en su propia reacción de oxidación previa como energía de activación.

- **Propagación de la llama** - En los gases de pirólisis pueden darse la presencia de los denominados radicales libres que contribuyen a acelerar la formación de las llamas. El nivel de calor de combustión de cada material es también importante para conocer su facilidad a la propagación. Así mismo, la cantidad de oxígeno disponible incide en este aspecto. Por debajo del llamado índice crítico de oxígeno cesa la reacción en cadena. La mayor o menor riqueza de oxígeno incide en la formación y poder propagador de las llamas que se puedan producir.

### Parámetros primarios de evaluación de la reacción al fuego

Sentados los rudimentos del proceso de combustión, en este punto vamos a establecer cuales son los parámetros directos observados en un proceso de combustión que se consideran habitualmente para establecer los criterios de Reacción al Fuego y que luego serán considerados en los ensayos correspondientes.

En estos conceptos se establecerán términos fundamentales para su uso dentro de la Reacción al Fuego.

- **Combustibilidad** - es la capacidad del material de mantener o no un proceso de combustión en determinadas condiciones. Los márgenes que la establecen son tan amplios que en los países europeos, cada metodología de ensayo ha generado distintas grados de combustibilidad o no, imposible de comparar entre los distintos países. Es pues un término «convencional» que cada ensayo determina en función de los materiales a los que se destinan y los usos habituales a que se ven sometidos en ese país. Por ejemplo, en Francia se considera combustible todo material que supere un poder calorífico de 600 cal/gr.

De la misma manera, la denominada **no combustibilidad** (no debe confundirse con la **incombustibilidad**, que es un término absoluto que se refiere a la capacidad de un material de no entrar en combustión sean cual sean las condiciones) es otro término «convencional». Por ejemplo, la norma ISO al respecto

establece una no combustibilidad del material a un ambiente de 750°C. A otras temperaturas se sabe que puede variar lo comportamientos registrados, pero no han resultado razonables ni han podido ser consensuadas.

● **Poder calorífico (o calor de combustión)** que es la cantidad de energía calorífica que el material libera por unidad de peso, en combustión completa. Este concepto se puede utilizar como el límite que marca la combustibilidad o no del material (como por ejemplo, el caso de Francia antes visto). La cantidad de calor disponible en un proceso de combustión en presencia de suficiente aire (todas las normas de ensayo en Reacción al Fuego si convienen en incluir en su metodología un aporte suficiente de comburente, forzado o no y/o controlado o no) es la clave para saber si habrá energía suficiente para mantener la reacción en cadena y devolver calor al ambiente, permitiendo la extensión, e incluso la aceleración, del incendio. Posee dos acepciones importantes de distinguir:

● Calor de combustión superior, que es la cantidad de calor libre en combustión completa por unidad de masa de material, a un volumen y una presión determinadas.

● Calor de combustión inferior, que resulta de restar el valor del poder calorífico superior el valor de llamado calor latente de vaporización, o sea del agua formada por unión del hidrógeno de la muestra con el oxígeno, de la humedad del material y de su agua de cristalización.

● **Inflamabilidad** es la facilidad que tiene un combustible para emitir gases que ardan. Este concepto se da con menor o mayor intensidad a partir de los siguientes conceptos:

- flujo de calor al que está expuesto el material, facilitando una mayor o menor descomposición, en tiempo y cantidad, de gases (pirólisis).
- de la constitución física del material que permita la afloración al exterior de dichos gases.
- del punto de ignición del material en el que este emita gases que puedan arder en presencia de una llama exterior.

La inflamabilidad tiene unos límites de mezcla combustible o comburente, pero que en materiales sólidos conlleva otros factores

adicionales como son la colocación en obra o presentación (vertical, horizontal, etc.) del material evaluado. Esta última variable condiciona la metodología de ensayo, obligando a delimitar esas diversas condiciones de exposición para hacer el ensayo mas similar a la realidad, evitando perjudicar o beneficiar en exceso a diversas presentaciones sin tener en cuenta un mínimo de factores funcionales.

● **Velocidad de propagación** nos da idea de como avanza la combustión, especialmente cuando origina llama, por la superficie del material. Esta velocidad varia, a igual material y condiciones de exposición, según el sentido en que el material sea presentado en obra (vertical u horizontal). Por lo tanto, los métodos de ensayo deben tener en cuenta, como ya se ha dicho antes, estas condiciones de exposición, propias, por otro lado, del uso final al que se destina ese material (revestimiento de paredes, techos o suelos, mobiliario, materiales de interiorismo y decoración, etc.).

● **Ritmo de cesión de calor** nos proporciona la idea de con que velocidad arderá el material. Los materiales cuya combustión e inflamación se hace manera muy rápida, e incluso violenta, son, desde luego, mas peligroso que aquellos en los que esta combustión/inflamación se da mas lentamente. En estos casos, la cesión rápida de calor al ambiente propicia temperaturas muy elevadas en el recinto de incendio, aumentando la gravedad de los daños y asegurando

do el mantenimiento de la reacción en cadena. Este valor influye de manera directa en la intensidad y duración del flashover, dentro de las fases del incendio. Además, este parámetro contribuye a establecer (siempre en presencia de combustión suficiente) los tiempos en que un incendio puede consumir el material presente y propagarse, llegando incluso a originar fenómenos de deflagración. Valorando este parámetro se podrá establecer las necesidades de protección y sectorización necesaria frente a este peligro latente.

#### Parámetros secundarios de evaluación de la reacción al fuego

Los denominaremos así por referirse a fenómenos que se obtienen de forma posteriormente al proceso mismo de combustión, en forma de productos de combustión. Aunque les denominaremos secundarios, no por ellos han de ser considerados menos importantes que los otros parámetros descritos en el punto anterior.

#### ● Emisión de humos : opacidad.

Este concepto se refiere a los productos que se originan con las reacciones que se producen. El **humo** es el producto característicos. Este humo (que es un conjunto de gases y productos de combustión tales como cenizas, etc..) no tiene, en principio, que revestir químicamente un peligro directo para las personas cuando la combustión se realiza dentro de unos límites de equilibrio entre combustible y comburente. Sólo la alta temperatu-

ra a que estos humos pueden llegar supone un peligro si es respirado o como potencial propagador del incendio. Incluso su presencia masiva puede ayudar a ralentizar la combustión por desplazamiento del comburente. Pero el factor de **opacidad**, o sea la capacidad para impedir la visión, puede ser un factor que entraña mucho peligro por dificultar la evacuación, impidiendo a las personas el acceso a las vías de escape. No olvidemos que el humo es la primera manifestación normalmente detectada de un incendio en marcha, capaz de extender por todo el edificio, creando las primeras sensaciones de pánico, e incrementando la gravedad del peligro en marcha.

● **Toxicidad de los gases** es el fenómeno más directamente peligroso que podemos observar en un proceso de combustión. Todo el mundo comparte la impresión de que esta es la causa principal de mortandad en los siniestros por fuego, ya que son los gases tóxicos los que provocan, por intoxicación y asfixia, el mayor número de fallecidos. Pero esta gravedad, tienen por contra e estar sujeto a innumerables fenómenos sinérgicos (fenómenos de resultado impredecible por la gran cantidad de factores que en él concurren), que depende en primer lugar de la composición química del combustible pero también de las condiciones en que se produce la combustión, especialmente por la presencia deficitaria de comburente. La complicación se acentúa cuando la toxicidad depende del grado de concentración en que ese gas esté en la atmósfera del recinto, por lo que las condiciones de ventilación son otro factor que concurre en la ya de por sí compleja evaluación de este tipo de gases.

En este campo no hay todavía un método de ensayo suficientemente razonable y cuyos resultados pueden ser utilizados con cierta certeza de representar la realidad. Las innumerables experiencias llevadas a cabo solo presentan resultados parciales y tan complejos, que ni siquiera las Reglamentaciones se atreven a incluir este tema dentro de las exigencias. Además, la inclusión de estas exigencias

obligarían a la retirada del mercado de numerosos productos de uso habitual y extendido, cuya retirada puede ocasionar graves problemas en otros ámbitos.

Actualmente, incluso se barajan ideas como la limitación indirecta del riesgo de gases tóxicos creando en los edificios una red de ventilación-extracción capaz de evitar, retrasar su aparición o extraer gases nocivos de los sectores con incendios en curso (no olvidemos que el gas letal más común es el monóxido de carbono, producto de la combustión en déficit de comburente). Sus implicaciones en la aceleración e intensificación de la combustión como efecto secundario, mantiene este tema en la polémica.

Este tema es de tan vital importancia, que merecería un tratamiento aparte de estas líneas, mas complejo y extenso.

### Mecanismos de inhibición de la combustión de materiales : ignifugación

La **ignifugación** es aquel conjunto de técnicas encaminadas a disminuir el nivel de combustibilidad e inflamabilidad de un material bajo unas determinadas circunstancias.

La ignifugación suele realizarse con productos, normalmente de naturaleza inorgánica (sales fundamentalmente), que adicionándolos al material, actúan interrumpiendo la cadena de reacciones en una o varias de las fases de la combustión antes descritas.

La ignifugación permite que muchos materiales puedan ser empleados de acuerdo a exigencias de seguridad frente al fuego a pesar de que el material base inicialmente no cumpla con tales requisitos. La gran variedad de productos existentes, ha motivado una lista inagotable de productos de ignifugación, que podemos de manera simple, agrupar en dos conjuntos, según su empleo:

● Ignifugante para aditivar en masa, o sea durante el proceso de fabricación del producto. Estos aditivos modifican las características del material, mejorándolo en cuanto al fuego se refiere, pero empeorándolos en cualidades estéticas, de fragilidad, etc. y modificando su costo. Dentro de una estimación razonable de estos límites debe moverse el desarrollo de estos productos.

● Ignifugante para adición con material de acabado (incluso

instalado en obra), aplicado con muy diversas técnicas (desde autoclaves hasta equipos de pulverización del ignifugante sobre el material). Estos procedimientos están sujetos a las mismas observaciones hechas para los ignifugantes anteriores pero además poseen al inconveniente del **envejecimiento** dado que al ser productos simplemente adheridos o depositados sobre el material ya fabricado, todas las tareas normales de mantenimiento y uso normales a los que se ve sometido este, reducen la cantidad de ignifugante hasta modificar negativamente el comportamiento al fuego del material. Por ejemplo, este es el caso de las moquetas ignifugadas con sales por pulverización, a las que tras varias pasadas de aspiradora no les queda, por lo general, suficiente ignifugante como para mantener el comportamiento al fuego que cumplían inicialmente.

Los mecanismos de actuación de los ignifugantes pueden ser resumidos en:

- eliminación de calor o enfriamiento del combustible (por ejemplo, el agua)
- aumentar la temperatura de pirólisis
- descender de temperatura de pirólisis para fomentar la formación rápida de carbones y productos no inflamables (por ejemplo, las sales inorgánicas)
- fusión superficial de materiales que impide el acceso de aire al interior del material, cortando la cadena de reacciones
- interferencia en las reacciones de oxidación, motivando la incremento de temperatura de este proceso. Generalmente estos ignifugantes crean gases que desplazan el oxígeno atmosférico en las cercanías a la superficie del material.

Los dos grandes grupos de productos empleados en estas técnicas son los compuestos de tipo sulfato, fosfato y borato que actúan en fase sólida, provocando menos productos combustibles y mas carbonizaciones. Los compuestos halogenados actúan en fase gaseosa, creando radicales libres que neutralizan el oxígeno impidiendo la reacción en cadena.

## Ensayos y clasificación de materiales según su reacción al fuego, en España

### Normas de ensayo

Pasamos a enumerar las normas de ensayo y sus fundamentos de actuación. Sólo se reseñará las más importantes y de más extensión en la Reglamentación vigente.

Hay que distinguir los llamados **ensayos principales** de los conocidos como **ensayos complementarios**. La norma distingue entre aquellos procedimientos que sirven para hacer una primera aproximación a la Reacción al Fuego de un material según su uso o características visibles externas, y que son:

- rigidez o flexibilidad.
- Espesor del material superior o inferior a 5 mm.

Cualquier material sólido no disgregado destinado a construcción o decoración puede ser ensayado y agrupado dentro de una de estos conjuntos.

Los materiales flexibles de espesor inferior a 5 mm se consideran más bien del ámbito de los materiales de interiorismo tales como cortinas, telones, visillos, etc.. El resto se considera revestimiento de suelo, pared y techo.

Estas características presuponen razonablemente que los materiales han de desempeñar unas funciones u otras. Por ejemplo, sería inicialmente impensable un cortina con una tela de espesor superior a 5 mm, pero si así fuera, la función que le sería exigible, por tener esas características, sería la de un material en muro, por lo tanto se le exige igual método que al material destinado a muro originariamente.

Si los datos y sucesos registrados en el ensayo principal lo permiten, el material puede quedar clasificado directamente. Pero la presencia de otros sucesos (normalmente fusión del material o los resultados obtenidos) pueden hacer necesario la realización de ensayos complementario para poder determinar la clasificación final.

A continuación reseñamos las principales normas relativas a los ensayos de Reacción al Fuego, reconocidos por la actual reglamentación vigente.

● **Norma UNE 23-102-90.** «Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Ensayo de no combustibilidad.»

● **Norma UNE 23-721-90 (Ensayo principal).** «Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Ensayo por radiación aplicable a los materiales rígidos o similares (materiales de revestimiento) de cualquier espesor y a los materiales flexibles de espesor superior a 5 mm. (coloquialmente: ensayo de epirradiator).»

Criterios de clasificación:

- Índice de inflamabilidad  $i$ : se obtiene de  $1000/15t_1$ , siendo  $t_1$  el tiempo en aparecer la primera inflamación sostenida de más de 5 seg de duración. Si la inflamación atraviesa la muestra y se incendia la cara no expuesta inicialmente, se suma  $1000/15t_2$ .
- Índice de desarrollo de llamas  $s$ : suma de todas las alturas de llama (en cm) registradas cada 30 s, dividido por 140.
- Índice de longitud máxima de llama  $h$ : altura máxima de llama (en cm) registrada en todo el ensayo, dividido por 20.
- Índice de combustibilidad  $c$ : integral del área del registro

conseguido, en grados/min., dividido por 120.

● **Norma UNE 23-723-90 (Ensayo principal)** «Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Ensayo de quemador eléctrico aplicable a los materiales flexibles de un espesor inferior o igual a 5 mm. (coloquialmente: ensayo de quemador eléctrico).»

Criterios de clasificación: no existen índices.

- duración de llamas sostenidas más o menos de 5 seg.
- caída de gotas inflamadas o no.
- longitud del superficie destruida tras ensayo, superior o inferior a 350 mm o 600 mm desde el borde inferior de la profeta
- anchura destruida, entre la distancia de 450 y 600 mm, superior o inferior a 90 mm

● **Norma UNE 23-724-90 (Ensayo complementario)** «Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Ensayo de velocidad de propagación de la llama aplicable a los materiales no destinados a ser colocados sobre un soporte (coloquialmente: ensayo de propagación y persistencia)»

- **ENSAYO DE PERSISTENCIA DE LA LLAMA:** se someterá durante 10 veces a la profeta al ataque por debajo del mechero, anotándose los tiempos de duración de las llamas sostenidas en la profeta al retirar el mechero (llamas de más de 2 seg de duración) y la caída de gotas inflamadas o no.

- **ENSAYO DE VELOCIDAD DE LA LLAMA:** la profeta se marcará con dos señales, a 250 mm la una de otra. Se someterá durante 30 seg a la exposición de la llama. Si la combustión progresa entre las dos marcas, se obtendrá la velocidad de propagación dividiendo la distancia entre los dos marcas por el tiempo que ha tardado en recorrerlas. Si no hay propagación, no hay valor de velocidad. El ensayo prevé una situación de exposición a la llama directa. Se atiende a la presencia de fusión y/o goteo (peligro en cuanto a propagación) y la mayor o menor velocidad de propagación registrada.

Criterios de clasificación:

- **ENSAYO DE PERSISTENCIA DE LA LLAMA:**
- inflamación sostenida de más de 2 seg de duración.
- caída de gotas inflamadas o no.

- **ENSAYO DE VELOCIDAD DE LA LLAMA:**
- velocidad de propagación superior a 2 mm/seg

● **Norma UNE 23-725-90 (Ensayo complementario)** «Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Ensayo de goteo aplicable a los materiales fusibles (coloquialmente: ensayo de goteo)»

Criterios de clasificación:

- Inflamación de la guata de celulosa o no.
- Cuando en el ensayo principal se produce desaparición del de la zona de la muestra directamente expuesta a la fuente de calor y/o se registra fusión/goteo de material, debe realizarse este ensayo para la obtención del resultado final.

● **Norma UNE 23-726-90 (Ensayo complementario)** «Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Ensayo de panel radiante para revestimientos de suelos. (coloquialmente: ensayo de panel)».

Criterios de clasificación:

- Media de las distancias recorridas por el frente de llamas

- a 1 min de ensayo: inferior o superior a 100 mm
- Media de las distancias recorridas por el frente de llamas a la extinción del frente: inferior o superior 300 mm

Este ensayo es parecido al que se practica para determinar la propagación de llamas en revestimiento primarios en construcción naval denominado IMO RES.654 (XVI)

● **Norma UNE 23-728-90 y UNE 23-729-90** «Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Calibrado de quemador eléctrico y ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Calibrado de radiador.»

Criterios de aceptación:

- Velocidad de incremento entre de 0,64 a 0,67 °C/s para la contrastación del radiador.
- Velocidad de incremento entre de 1,66 a 1,85 °C/s para la contrastación de quemador eléctrico.

● La norma **UNE 23-730-90** introduce una serie de casos especiales que han de tenerse en cuenta para el ensayo de estos casos. Además de estas normas, existen otras de interés pero por no estar incluidas en la Reglamentación, estar en estado de proyecto de norma o como norma europea en proceso de adopción las hace aun hoy de aplicación muy limitada.

● **Norma UNE 23-103-78** : Determinación del calor de combustión de los materiales de construcción mediante bomba calorimétrica. Es una norma derivada de ISO 1716-1973 y se emplea en muchos países europeos para la determinación de la no combustibilidad el material en lugar del UNE 23-102. El nivel de temperatura alcanzado en la bomba calorimétrica nos indicará, indirectamente, la energía total liberada. Los criterios de clasificación con esta norma no están determinados hoy por hoy en la normativa vigente. En Francia, se emplea el valor de 600 cal/gr, por encima del cual el material se considera combustible y por debajo del cual se considera no combustible. Diferentemente a lo que establece UNE 23-102-90 este ensayo admite el ensayo de material heterogéneo. Su inclusión en la normativa vigente parece bastante próxima para ensayo de la no combustibilidad de los mencionado materiales heterogéneas.

● **PNE 23-735**: Ensayo para la determinación de la permanencia de ignífugantes. Es un ensayo con varias partes, en la que se establecen procedimiento de envejecimiento acelerado según el tipo de mantenimiento al que van ser sometidos los materiales sometidos a un proceso de ignifugación y destinado a estar al abrigo de la intemperie. Se establece cuatro grupos de procedimiento básicos:

- proceso de inyección de agua a presión con detergente y aspiración, para materiales de lavado en húmedo
- proceso de baño de percloetileno, para materiales de lavado en seco
- ciclos de humedad-temperatura extrema, para materiales sin mantenimiento
- ciclos de lavado-planchado, para tejidos así limpiados

Esta norma no establece resultados, sino que indica que debe hacerse con cada material ignifugado antes de ser sometido a un ensayo de Reacción al Fuego.

A su vez, esta norma está en fase de proyecto. Pero con toda seguridad será aprobada e incluida en la Reglamentación vigente desde el momento de su aprobación definitiva por parte de AENOR ya que se ha visto secundada por un amplio trabajo de investigación y comparación entre casi todos los Laboratorios de fuego existentes en España.

● **EN 1021 parte 1 y 2**. Ensayo para determinación de la

reacción al fuego de mobiliario tapizado. Esta norma es una transposición directa de la norma europea. La parte 1 y 2 ya están en vigor como normas aunque no están recogidas por la Reglamentación todavía. Considera el ensayo de un mueble tapizado a escala reducida con la fuente de ignición denominada CIGARILLO (parte 1) y la denominada LLAMA DE CERILLA (parte 2). La parte 3 está en proyecto y será el denominado quemador BELFAGOR, que es un quemador con una energía calorífica similar a la que emite una bola de papel de periódico de 20 gr ardiendo. Existen normas vigente idénticas en construcción naval y mobiliario acolchado.

● **Norma ISO 4589-1985** : Ensayo de índice de oxígeno, que trata de establecer las concentraciones mínimas de oxígeno necesaria para poner en marcha la combustión en un material plástico en presencia de una llamas piloto.

### Clasificaciones

Se han establecido unas denominaciones convencionales, que son las que permiten reconocer los distintos grados, entre si, además de permitir establecer exigencias reconocibles por la Reglamentación:

- M-0 para materiales no combustibles
- M-1 para materiales combustibles y no inflamables
- M-2 para materiales combustibles y difícilmente inflamables
- M-3 para materiales combustibles y medianamente inflamables
- M-4 para materiales combustibles y fácilmente inflamables

**N.C.** es la categoría de los NO CLASIFICABLES que son aquellos que presenta una velocidad de propagación superior a 2 mm/seg. Con esta denominación se trata que estos materiales no puedan ser utilizados en la edificación.

El sistema de clasificación se obtiene de los resultados obtenidos en los ensayos UNE 721, 723, 724, 725, 726 y 102.

La norma que contiene el procedimiento de clasificación es la UNE 23-727-90, que sería equivalente a NFP 92-507-1985 excepto en lo tocante al clasificación de M-0. Sería ocioso repetir lo que en esa norma está establecido por lo que se recomienda su lectura atenta.

Para aclarar el sistema, incluiremos un ejemplo que ilustre un proceso de clasificación:

Tenemos un material consistente en un revestimiento de suelo de 10 mm de grosor (composite de resina y arena, con un tinte) que hemos ensayado con ayuda de un soporte-tipo de placa de fibrocemento de 5 mm (6 mm no se encuentra con facilidad). Por ser material rígido, de revestimiento y de espesor superior a 5 mm, se ensaya con la norma UNE 23-721-90.

Las medias aritméticas de los cuatro índices obtenidos en cada profeta arrojan los siguientes datos:

- índice i: 3,2
- índice c: 1,1
- índice h: 2,2
- índice s: 1,7

La clasificación según tabla 2 de la norma UNE 23-727-90 sería en M-3. Al tener este resultado y por su carácter de revestimiento de suelo, se debe determinar si sería posible su clasificación como M-4 para lo que debe ser sometido a un ensayo de panel radiante según UNE 23-726-90. En este ensayo se obtiene una longitud final destruida de 245 mm y de 63 mm al cabo del primer minuto, con lo que la clasificación permanecería en M-3.