

# COMPORTAMIENTO AL FUEGO

## de la Madera

## y Productos Derivados

**Por Luis Miguel ELVIRA Martín**

Doctor Ingeniero de Montes

del Departamento de Madera y Corcho, del I.N.I.A.

Debido a su extensión, el contenido de este artículo lo publicamos en dos partes, por lo que próximamente insertaremos la 2.ª parte, incluyendo también los 7 estadillos (cuadros números 1 al 7) para una mayor comodidad del lector.

### 1. INTRODUCCION

La Industria de la Madera, siguiendo una evolución análoga a la que ha tenido en otros países, va cubriendo en el nuestro los empleos tradicionales, y para su expansión necesita cumplir nuevas funciones que en el caso de la construcción civil le estaban prácticamente relegadas, unas veces por escasez de piezas de calidad y otras por estar esta materia prima clasificada o considerada como material combustible, sin haber sido analizado debidamente este concepto.

Si retrocedemos por un momento en la Historia, observamos que desde que el Hombre

descubrió el fuego la madera se ha utilizado masivamente como el principal combustible. Es más, el Hombre inventó el fuego frotando dos trozos de madera; no debe extrañarnos, pues, que el fuego y la madera hayan permanecido unidos hasta nuestros días formando la misma idea.

Pues bien, esta idea es errónea, o mejor dicho incompleta. La madera arde, pero solamente en la superficie, y puede hacerlo lentamente y conservando ciertas propiedades que la hacen ideal para la construcción en caso de incendio. Vamos a estudiar aquí los conceptos principales.

### 2. DEFINICIONES:

#### INCENDIO, REACCION Y RESISTENCIA AL FUEGO

Un incendio es una combustión que se desarrolla en el espacio y en el tiempo, y necesita para su desarrollo una acumulación de materiales combustibles.

Un local, un apartamento o un edificio, está constituido por un conjunto heterogéneo de materiales, para los cuales la noción de incombustibilidad absoluta no existe. Un incendio es, por tanto, la consecuencia del contenido del edificio, local o compartimento donde se produce. La construcción en sí del mismo no contribuye más que en una pequeña proporción. De aquí que las legislaciones limiten la cantidad y naturaleza de materias combustibles existentes en él.

Se deduce de esto, que las cualidades exigibles a los materiales frente al fuego no pueden considerarse por ellas mismas, sino como aportación a un sistema conjunto de seguridad, destinado a salvar las vidas de las personas y bienes materiales existentes en el sitio incendiado.

No existe pues un local a prueba de fuego, ni debe pretenderse que exista, pero sí puede ofrecer una seguridad suficiente si cumple las reglamentaciones adecuadas.

Asimismo, la mejora del comportamiento al fuego de un material es solamente una aportación a la seguridad del conjunto, y debe complementarse con semejantes medidas en los otros materiales y con otras de seguridad general.

Partimos desde este punto de vista, y vamos a definir ahora dos conceptos fundamentales, que se utilizan en la mayoría de los países para juzgar o medir el comportamiento al fuego de un elemento, tales son la reacción al fuego y la resistencia al fuego.

La reacción al fuego es el elemento que un material puede aportar al incendio y al desarrollo del mismo, permitiendo apreciar el riesgo existente en el local, creador de pánico. Es, por tanto, un índice potencial de la capacidad del material para favorecer el desarrollo del incendio.

La resistencia al fuego de un material es el tiempo durante el cual dicho elemento es capaz de permanecer cumpliendo su función cuando es atacado por el fuego.

El incendio es el conjunto de comportamientos de todos los

materiales, que no se suman, sino que se influyen mutuamente, en cadena, de forma imprevisible.

El incendio de un local (entiéndase vivienda, edificio de gran altura, almacén, barco o cualquier otro tipo de compartimento) comienza con una fase inicial, Fase I, en la que un aumento excesivo de temperatura inicia la combustión de un material allí existente. Se trata de una fase localizada, el poder calorífico desarrollado es limitado y el incendio fácilmente dominante. La reacción al fuego del elemento juega un papel importante en esta fase, por la forma y magnitud con que está liberando su poder calorífico. Pero este calor es capaz de aumentar la velocidad de las moléculas del propio combustible que salen definitivamente en forma de gases. Gases que se inflaman, a su vez, formando llamas, aumentando el

calor de la fuente inicial y extendiendo el fuego a las superficies adyacentes del combustible.

En la segunda fase, de propagación, el calor total liberado, y las llamas, transmiten el fuego a todo el material y a otros combustibles cercanos, extendiéndose el fuego en cadena. La reacción al fuego de los elementos es evidente que sigue aquí representando un papel importante, por la misma razón que en la fase anterior, pero también es preciso considerar aquí la resistencia al fuego de los mismos. Así, por ejemplo, una puerta que es capaz de permanecer cerrada mientras el fuego se desarrolla dentro de la habitación, evita el incendio en el compartimento contiguo. La resistencia al fuego es, pues, fundamental en esta fase.

En la fase III, el incendio se ha declarado, poco importa ya la forma en que se libere el calor o se desarrollen las llamas, pero si la resistencia al fuego de los materiales, pues ahora es cuando verdaderamente se pone a prueba la capacidad de los mismos para permanecer en pie, cumpliendo su función de cerramiento, o manteniendo la estabilidad del edificio, mientras se desaloja de enseres y personas.

Consideremos, sin embargo, que desde la primera fase del incendio se desprenden gases y humos. Cuando existe oxígeno suficiente, la combustión de los materiales es completa y se desprende CO<sub>2</sub> en abundante proporción. Este gas no es venenoso para las personas, pero produce angustia y abatimiento. A medida que aumenta la proporción de humos en el edificio, la

<b>A.I.T.I.M.</b>	ES UN EQUIPO de colaboradores técnicos al servicio de las industrias de la maderaycorcho
●	
<b>A.I.T.I.M.</b>	INVESTIGA PLANEA ACONSEJA INFORMA
●	
<b>A.I.T.I.M.</b>	DISPONE DE LOS MEDIOS QUE SU INDUSTRIA NECESITA
●	

combustión de los materiales tiene lugar de forma incompleta. Se reduce el desprendimiento de CO<sub>2</sub> y aumenta el de CO, venenoso, que al combinarse con la hemoglobina de la sangre forma la carboxihemoglobina, no eliminable. Las personas mueren entonces por asfixia y pérdida de conocimiento. Los humos, densos y opacos, ricos en CIH, irritan los ojos y hacen invisibles las salidas, y si el edificio es público, las caídas y amontonamiento del personal en las puertas de acceso producen, como así acusan las estadísticas, el mayor porcentaje de víctimas. Nuevamente, en esta tercera fase, la reacción al fuego de los materiales habrá tenido sus efectos.

En los cuadros 1 y 2 que acompañan a este trabajo se resume de forma esquemática los conceptos indicados.

## 5. REACCION AL FUEGO.

### CRITERIOS.

#### APLICACION A LA MADERA

Estudiemos más a fondo la reacción al fuego y particularicemos para el caso de la madera.

Para valorar este concepto se consideran los siguientes criterios, tratando de reproducir los que intervienen en un incendio:

- Capacidad calorífica del material.
- No combustibilidad.
- Inflamabilidad.
- Propagación de la llama.
- Inflamación instantánea.
- Producción de humos.
- Producción de gases nocivos.
- Opacidad de los humos.

La no combustibilidad clasifica el material según sea capaz o no de desarrollar el fuego. Dada la amplitud de esta definición, es

difícil decir si un material es combustible o no. Tanto es así que cada país parte de una base o definición distinta. En efecto, casi todos los materiales son capaces de combinarse con el O<sub>2</sub>, aunque estas oxidaciones tengan lugar a diferentes temperaturas. Así, por ejemplo, en Francia se admite que un material es combustible cuando su poder calorífico práctico (diferencia entre el poder calorífico inferior y el de sus cenizas) es inferior a 500 calorías/gr.

El poder calorífico es la cantidad de calor que el material libera por unidad de peso en combustión completa.

Evidentemente la madera es un material combustible, como decíamos al principio de esta exposición. En un artículo del Boletín AITIM, núm. 66, registrábamos el poder calorífico de diferentes especies, siendo del orden de 4.000 a 4.500 cal/gr. Sin embargo, al principio de la combustión el calor aportado a la madera se emplea en evaporar el agua de la misma, produciéndose un efecto de secado, no teniendo lugar la combustión hasta que aquella está seca. Con ello se reduce el foco calorífico en la primera fase del incendio. El efecto es el mismo que si se arrojase agua al fuego. De aquí se deduce que raras veces es la madera la causa de la iniciación del fuego, salvo en almacenes de serrín, vigas muy secas o en alguna otra ocasión excepcional.

Inciden también en la combustión de la madera el grosor y dimensiones de las piezas. En las vigas o elementos gruesos, la combustión tiene lugar en la superficie, que al carbonizarse sirve de protección a la parte inter-

na, pues como el coeficiente de conductibilidad calorífica de las fibras es muy pequeño la transmisión de calor al interior de la madera es cada vez más lento y difícil en profundidad. Téngase en cuenta que dicho coeficiente es de 0,005 en las maderas ligeras, 0,30 en las pesadas, 0,06 a 0,20 en los tableros de fibras, 0,08 a 0,15 en tableros de partículas, frente a 62 en el hierro, 330 en el cobre, 0,5 y 100 en el cemento y yeso y 0,15 en el amianto.

El poder calorífico de las fibras de la madera es prácticamente constante, pero las materias contenidas en aquella aumentan o disminuyen dicho poder calorífico. Así, por ejemplo, la resina tiene un poder calorífico de 9.000 a 10.000 cal./gr.

De la misma forma actúa la humedad ambiente, pues ya sabemos que cada especie tiene un contenido de humedad, en equilibrio con la de la atmósfera y aquella hace incombustible a la madera, empleando el calor recibido en evaporar el contenido de agua en vez de producir calor.

Por otra parte, las maderas duras arden más lentamente que las blandas y, por tanto, a igualdad de peso produce menos calorías que otra blanda en un tiempo determinado.

La inflamabilidad es la facilidad que tiene un combustible para poder emitir gases que se inflamen. Es evidentemente función de:

- 1.º De la posibilidad de que esos gases puedan salir al exterior al aportar calor.
- 2.º Del flujo de calor que es necesario aportar al ma-

material para que esto ocurra.

3.º Del punto de inflamación del material, entendiéndose por tal la temperatura a la cual el combustible emite gases capaces de inflamarse con una chispa o llama.

La madera es un material inflamable por desprender hidrocarburos en su calentamiento, favorecido por su alto poder calorífico. Sin embargo, ello se puede corregir impidiendo la salida de gases, como luego veremos, mediante tratamientos ignífugos.

La especie de madera influye fuertemente en la inflamabilidad. Las especies más ligeras, al contener un volumen grande de poros, ofrecen gran libertad a los gases para su desprendimiento. Dichos gases, en su mayoría inflamables, provocan rápidamente las llamas.

En las maderas de poros dispersos, como el haya, la inflamación es más rápida que en las de poros en anillos, como el roble. En contraposición con las anteriores, las paredes de las traqueidas, cuando se trata de coníferas, retienen los gases en el interior y en consecuencia la inflamación queda mitigada o frenada.

La forma de emplear la madera, el estado del material y la humedad ambiente son también factores decisivos para la inflamación. Así, por ejemplo, un parquet tendrá distinta inflamación según el tipo de solera sobre el que esté colocado, el tipo de cola, etc. La superficie rugosa y con ángulos agudos, la favorecen, un caso extremo es el del serrín (superf/Vol grande) o pol-

vo de madera, en el cual la inflamación se efectúa en cadena y da lugar a una explosión. El caso opuesto es el ya citado de las vigas.

La velocidad de propagación de la llama da idea de cómo avanza el fuego en la superficie del material y es uno de los criterios más interesantes a tener en cuenta en la madera, además del anterior de inflamación. En ella la velocidad de propagación es de 0,7 mm/min, pudiendo variar en función de la especie y dimensiones de la pieza.

El criterio de inflamación instantánea considera ésta en toda la superficie del material o en una superficie grande del mismo, bajo una fuente de radiación de calor. Es realmente un compendio de los anteriores criterios, pues es función de:

- La temperatura de inflamación.
- Emisión de gases inflamables.
- Velocidad de propagación de las llamas.
- Poder calorífico.

pero realmente debe distinguirse este criterio del de inflamación, pues prevee la posibilidad de inflamación de los gases a distancia del foco a material.

Las características de los humos, opacidad, corrosividad y toxicidad, tienen especial importancia en la evacuación de personas y producción de víctimas en el incendio. Si bien pueden ralentizar la combustión, destacan más sus efectos negativos.

La opacidad dificulta la evacuación y la lucha contra el incendio, siendo frecuente que mueran personas a un metro de la salida por falta de visibilidad.

De lo anteriormente expuesto,

podemos deducir que existen materiales clasificados como incombustibles y otros combustibles. Estos últimos pueden tener diversos grados de inflamabilidad (Cuadro I). La madera es combustible y es inflamable en estado natural, pero puede eliminarse esta inflamabilidad totalmente y en parte la combustibilidad, mediante tratamientos ignífugos.

Existen productos al efecto que por fundir a baja temperatura rellenan los poros de la madera impidiendo la salida de gases inflamables.

Otros forman espumas o barreras logrando el mismo efecto. Por el contrario, ciertos productos ignífugos permiten la salida normal de gases inflamables, pero emiten bajo la acción del fuego gases no inflamables que al mezclarse con los primeros y rebajar su proporción en el aire, retardan la velocidad de inflamación.

Otro tipo de ignífugos actúan directamente sobre el proceso de combustión rompiendo las reacciones que en ella tienen lugar.

Ya hemos visto antes que al ser atacada la madera por el fuego en la primera fase, hasta que adquiere los 100º C, se produce el secado, retardando el incendio. La ignifugación aprovecha este efecto utilizando productos que humedecen la madera, bien sea tomando el agua de la atmósfera o a partir del agua cristalizada del propio producto.

Otros, finalmente, son sales que forman con la madera compuestos orgánicos más estables, o bien, como en el caso de los fosfatos, pueden aumentar hasta un 60 % la cantidad de carbón

y la de vapor de agua, reduciendo la incandescencia del carbón, con lo que se evita el desprendimiento de gases inflamables.

Estas diversas formas de actuación de los productos ignífugos, pueden presentarse combinadas a la vez en algunos de ellos, lográndose, según la técnica de aplicación y la intensidad, el grado de protección que se desee. Ello es, en definitiva, un problema puramente económico a considerar por el fabricante, según las condiciones del mercado.

#### 4. REACCION AL FUEGO. CLASIFICACIONES

La clasificación de los materiales según su resistencia al fuego se basa, en la mayoría de los países, en la norma ISO-DIS-834. No ocurre lo mismo con la de reacción al fuego para la cual cada país la define de una forma, aumentando la confusión al considerar distintos tipos de materiales: flexibles, rígidos, plásticos, etc.

Así Francia define para los materiales rígidos y con más de 0,5 cm espesor, la reacción al fuego mediante cuatro índices:

- I. inflamabilidad (T. de inflamación).
- I. de desarrollo (suma de longitudes de las llamas, cada 1/2 hora).
- I. de longitud máxima de las llamas (longitud máxima).
- I. de combustibilidad (elevación de la T en el ensayo).

y con ellos se hacen cinco clases: M1, M2, M3, M4, M5 (Cuadro 1), encontrándose la madera entre las M3 y M4.

En Bélgica, por ejemplo, país avanzado en la protección contra el fuego, se juzga la inflamabilidad mediante los ensayos franceses, la inflamabilidad instantánea por la norma holandesa NEN-1076-1963 y la progresión de las llamas por la inglesa BS 476.

Es decir, que cada país mide la reacción al fuego considerando principales algunos de los criterios estudiados y aplicando ensayos diferentes, incluso para un mismo criterio (inflamabilidad, por ejemplo).

La más moderna, completa y lógica es una propuesta de norma belga, la NBN 713-030, que clasifica la reacción al fuego mediante un índice global ponderado de todos los criterios estudiados hasta aquí. Cualquier otra clasificación de las actuales es una estimación parcial de algunos de esos criterios, no existiendo correspondencia entre un material y otros y menos entre los resultados de los distintos países.

Aplicando esta clasificación citada se exponen con negritas en el Cuadro 3 que acompañamos a este trabajo el índice de reacción al fuego de algunos materiales que se utilizan con la madera, el corcho y sus productos, y en el que hay que observar entre otras:

- Entre los 2 y 4 el efecto del procedimiento de ignifugación.
- 9, 12, 17, 20, la influencia positiva de la densidad sobre el índice.
- 9 y 21 el efecto de los recubrimientos.
- 17 y 24 efecto de la ignifugación sobre el índice.

#### 5. RESISTENCIA AL FUEGO APLICACION A LA MADERA

Para medir la resistencia al fuego de un elemento se le somete a las temperaturas simuladas del incendio según la curva:

$$\Delta T = K \log (8t + 1)$$

siendo K una constante que para cada caso es función de carga combustible del edificio.

Se miden las siguientes propiedades o criterios mediante normas propias de cada país, si bien se derivan en casi todos ellos de la ISO-DIS-834 (Cuadro 1).

- Estabilidad mecánica, bajo su carga normal.
- Estanqueidad a las llamas, tiempo que tardan en formarse grietas o perder su integridad dejando pasar las llamas.
- No emisión de gases inflamables.
- Aislamiento térmico, es decir, el paso del calor a través del elemento.

El tiempo que transcurre hasta que falla alguno de estos criterios, mide la resistencia al fuego del elemento.

Mientras mantiene las exigencias establecidas para los cuatro criterios, el elemento es CORTAFUEGOS y se dirá cortafuegos 1 h., 2 h., etc., hasta que falle en alguno de ellos.

Si falla en el aislamiento térmico y sigue satisfaciendo los otros tres criterios, el elemento es PARALLAMAS (durante ese tiempo). Un elemento podrá ser, pues, 2 h. cortafuego y 5 h. parallasamas.

Si se exige o satisface solamente el primer criterio, el elemento es ESTABLE AL FUEGO.

Podrá clasificarse, pues, un mismo elemento como 2 h. cortafuego, 3 h. parallamas y 4 h. estable al fuego.

La madera sin ignifugar hemos visto que tiene mala reacción al fuego, aunque los ignifugantes la reducen. Sin embargo, tiene una alta resistencia al fuego pudiendo contener el incendio y mantener en pie las partes del edificio mientras se desaloja.

En efecto, la carbonización exterior de la madera y su baja conductibilidad térmica no permiten arder a la parte interna de las vigas y piezas grandes. La estructura al quedar carbonizada pierde en resistencia por la disminución del diámetro, pero es capaz aún de mantener su integridad. Numerosos incendios espectaculares que han existido en el mundo y están ocurriendo diariamente, avalan estos conceptos. Los bomberos bien lo saben y confían en las estructuras de madera.

Ocurre lo contrario con el hierro y el hormigón, buenos materiales en cuanto a su reacción al fuego y muy malos en cuanto a su resistencia al fuego. Los incendios en edificios construidos con estos materiales, eran antes menos aparatosos, producían menos pánico (no tanto hoy día por la carga combustible que contienen, cortinas, moquetas, plásticos y fibras en general), pero dejan de cumplir su función antes que la madera, y las construcciones se derrumban ante el fuego total e inesperadamente.

Como regla general se puede decir que la madera se comporta mejor que el hormigón, acero y aluminio. En efecto, estos dos últimos pierden resistencia y rigidez con el calor, mientras que

la madera, mala conductora del calor, tarda más en calentarse por una parte, y por otra, al deshidratarse, aumenta su resistencia a la compresión en un 4 % y a la flexión en un 2 % por cada 1 % de decrecimiento de humedad. Ello compensa en exceso las pérdidas de resistencia por disminución de la sección al arder.

En definitiva, y a título de ejemplo, puede admitirse que una viga de acero de 12 m a los tres minutos de estar sometida al fuego tiene un límite elástico inferior al admisible, mientras que la madera no se ha inflamado aún. El límite de resistencia de aquella es inferior al admisible a los 7 min. y sometida a 500° C se alarga 72 mm, lo cual es suficiente para producir el pandeo o desplazar los apoyos, provocando el hundimiento de la estructura. Esto en cuanto se refiere a estabilidad mecánica.

La estanqueidad de las llamas presenta una gran variabilidad, según los materiales de que se trate; incluso en la madera; ofreciendo valores muy altos en algunas maderas sin ignifugar. Numerosos productos o aglutinantes tienen su aplicación aquí con el fin de aumentar la capacidad de contención de la madera. Tal es el caso de las placas ignífugas.

La emisión de gases inflamables en la cara no expuesta se juzga entendiéndose por tales los que arden al aproximar una llama y continúan ardiendo 20 segundos después (Francia).

Finalmente, el aislamiento térmico, se juzga de acuerdo con la temperatura media de la cara no expuesta al fuego. No debe ser superior en 140° C a la ini-

cial y en ningún punto de la superficie debe alcanzar la temperatura máxima una diferencia de 180° C. En el caso que nos ocupa de la madera, al ser baja la conductibilidad térmica, el fuego en la cara expuesta no suele ser capaz de inflamar la otra cara. Se tiene, pues, un excelente aislante que facilita la lucha contra el incendio.

## 6. COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE ALGUNOS ELEMENTOS DE MADERA Y TRANSFORMADOS EN LA CONSTRUCCION

Veamos ahora cómo se comportan al fuego los elementos de madera que se emplean en la construcción, relacionándolos con otros materiales que alternan con ellos.

La resistencia natural de la madera, es entre otros factores función de la especie, por lo general mayor cuanto más densa es la madera.

Los tableros de partículas están constituidos por trozos de madera de 2 a 10 mm de espesor, procedentes de la fragmentación de la madera, secados hasta una cierta humedad y encolados por pulverización de cola de resina sintética. La mezcla obtenida se prensa a alta temperatura, que asegura la polimerización de las resinas sintéticas. En el proceso de fabricación pueden introducirse distintos aditivos o productos ignifugantes, consiguiéndose un tratamiento profundo y duradero.

Pueden ignifugarse también por aplicaciones en superficie, pero en este caso debe renovarse el tratamiento periódicamente.

# COMPORTAMIENTO

Se trata, pues, de un material muy elaborado y homogéneo, muy adecuado a todos los usos de la construcción, exigiéndose, en general, resistencias al fuego con grados cortafuegos y

para llamas de 1 1/2 h. y 2 h. Su utilización en tabiques fijos y móviles es excelente, utilizándose ellos solos o con otros materiales, en espesores desde 35 a 80 mm. El tabique se compone

de diferentes piezas de metal, madera o plástico que se fijan al techo, suelo o muros laterales.

(Continuará)

## CUADRO 1

### COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LOS MATERIALES

#### 1.º REACCION AL FUEGO

- Es el alimento que un material puede aportar al fuego y al desarrollo del incendio, permitiendo apreciar el riesgo existente en el local, creador de pánico. Es, por tanto, un índice de la capacidad del material para favorecer el desarrollo del incendio. Este índice debe estar limitado en un potencial calorífico máximo admisible por m<sup>2</sup> del local.
- En el caso de la madera se reduce mediante ignifugación de la misma.
- Según este criterio se clasifican los materiales en categorías, siendo los más frecuentes:

#### INCOMBUSTIBLES

M-0

#### COMBUSTIBLES

- M-1 No inflamables
- M-2 Difícilmente inflamables
- M-3 Medianamente inflamables
- M-4 Fácilmente inflamables
- M-5 Muy fácilmente inflamables

#### 2.º RESISTENCIA AL FUEGO

- Tiempo durante el cual los elementos son capaces de cumplir su función al ser atacados por el fuego.
- Se consideran
  - 1 Estabilidad mecánica
  - 2 Estanqueidad a las llamas
  - 3 No emisión de gases inflamables
  - 4 Aislamiento térmico
- Según estas propiedades se clasifican los materiales en categorías, citando el tiempo transcurrido hasta que falla en una cualquiera de aquellas. Las categorías más frecuentes son:

#### ESTABLE AL FUEGO

Se exige solamente la estabilidad mecánica (1).

#### PARA LLAMAS

Se exige además la estanqueidad a las llamas y no emisión de gases inflamables (1, 2 y 3).

#### CORTA FUEGOS

Se exigen las cuatro propiedades (1, 2, 3 y 4).

	Estabilidad mecánica	Estanqueidad a las llamas	Ausencia de gases	Aislamiento térmico
Estable al fuego ..				
Para llamas ... ..				
Corta fuegos ... ..				

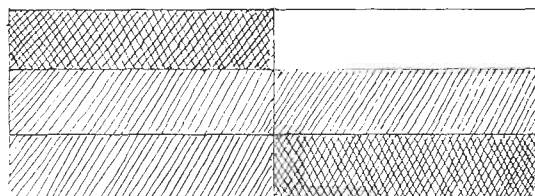
# CUADRO 2

## FASES DE UN INCENDIO EN SU RELACION CON LOS MATERIALES

- Fase I.** Fuente localizada. Poder calorífico limitado  
Reacción al fuego: Combustibilidad  
Inflamabilidad
- Fase II.** Propagación del incendio  
Reacción al fuego: Combustibilidad  
Inflamabilidad  
Propagación de las llamas  
Transmisión de calor  
Resistencia al fuego
- Fase III.** Reacción al fuego - Pánico - Víctimas  
Resistencia al fuego: Medidas de extinción  
Salvamento: Personas  
Materiales

REACCION                      RESISTENCIA

FASE I  
FASE II  
FASE III



## Adelantos en la Industria Maderera

Wir teilen allen Herstellern von Holzbearbeitungsmaschinen und —zubehör mit, dass diese Zeitschrift alle technischen Fortschritte und Verbesserungen in der Holzindustrie veröffentlicht. Wenden Sie sich deshalb bitte mit möglichst eingehenden Beschreibungen, Plänen und Fotografien Ihrer Neuheiten an: Dirección Técnica de A. I. T. I. M., Sindicato Nacional de la Madera y Corcho, Flora 1, Madrid-13/España, wenn möglich in spanischer Sprache.

●

On fait connaître à tous les industriels constructeurs de machines et à toute sorte d'éléments auxiliaires pour le travail du bois, que le Bulletin publiera toutes les nouveautés et perfectionnements dans cette industrie. Veuillez vous diriger à la Direction Technique de A. I. T. I. M., Sindicato de la Madera, Flora, 1, Madrid-13, indiquant si c'est possible en espagnol, tous les perfectionnements atteints avec des détails, plans et photographies.

# CUADRO 3

## INDICES DE REACCION AL FUEGO DE ALGUNOS MATERIALES

Material	Espesor mm	Densidad	Irf
1. Chapa polimetilacrilato ... ..	5	5,5 Kg/m <sup>2</sup>	90,8
2. Espuma flexible de poliéster (ignifugada) ... ..	30	40 Kg/m <sup>3</sup>	81,6
3. Espuma poliuretano.	30	35 Kg/m <sup>3</sup>	79,6
4. Espuma flexible de poliéster (ignifugada) ... ..	30	24 Kg/m <sup>3</sup>	79,6
5. Chapa poliestireno duro ... ..	3	1.025 Kg/m <sup>3</sup>	77,5
6. Chapa poliéster con fibra vidrio ... ..	5	1.650 Kg/m <sup>3</sup>	74,8
7. Chapa polietileno ...	33	870 Kg/m <sup>3</sup>	69,7
8. Chapa tablero fibras blando sin presión.	12	3,8 Kg/m <sup>2</sup>	69,5
9. Tablero partículas madera ... ..	12	320 Kg/m <sup>3</sup>	67,9
10. Espuma poliuretano con revestimiento polietileno 0,6 mm	27	32 Kg/m <sup>3</sup>	67,8
11. Espuma poliuretano con revestimiento de amianto 0,5 mm.	30	35 Kg/m <sup>3</sup>	62,1
12. Tablero partículas de madera ... ..	3	900 Kg/m <sup>3</sup>	58
13. Chapa dura tablero de fibra ... ..	3	2,7 Kg/m <sup>2</sup>	57,7
14. Tablero contrachapado de 3 chapas de madera chopo ... ..	6	435 Kg/m <sup>3</sup>	53,7
15. Revestimiento mural fibra lino, 50 %; algodón, 40 % ... ..	—	2,90 Kg/m <sup>2</sup>	44,3
16. Espuma isocianurato ... ..	30	35 Kg/m <sup>3</sup>	43,9
17. Tablero partículas madera ... ..	10	650 Kg/m <sup>3</sup>	42,8
18. Tablero lino aglomerado ... ..	30	400 Kg/m <sup>3</sup>	40,9
19. Tablero corcho ...	38	120 Kg/m <sup>3</sup>	38,8
20. Tabla castaño maciza ... ..	18	670 Kg/m <sup>3</sup>	37,4
21. Tablero partículas madera recubierto chapas melamina 0,8 milímetros ... ..	18	12,4 Kg/m <sup>3</sup>	12,2
22. Baquelita contenido en madera 45 % ...	4	1.375 Kg/m <sup>3</sup>	1,4
23. Espuma fenólica ...	30	35 Kg/m <sup>3</sup>	1,3
24. Tablero partículas madera ignif. en la masa ... ..	20	600 Kg/m <sup>3</sup>	0,6
25. Tablero lana vidrio baquelizado ... ..	28	100 Kg/m <sup>3</sup>	0,2
26. Tablero fibra vidrio .	50	100 Kg/m <sup>3</sup>	0,2
27. Tablero lana vidrio baquelizado ... ..	40	38 Kg/m <sup>3</sup>	0,2
28. Tablero madera lana y cemento ... ..	25	480 Kg/m <sup>3</sup>	0,2
29. Revestimiento mural PVC sobre soporte algodón ... ..	14	300 Kg/m <sup>2</sup>	0

Fuente: Reaction au feu des matériaux  
G. HERPOL Y R. MINNE

**CUADRO 4**
**RESISTENCIA AL FUEGO DE TABIQUES**
**TABIQUES FIJOS**
**CON TABLEROS DE PARTICULAS DE MADERA**

N.º	Descripción	Espesor mm	R. F. mm
1	2 × partículas de madera 18 mm + lana mineral 50 mm.	101	62
2	Partículas de madera.	60	41
3	Partículas de madera.	80	84
4	2 × partículas madera 60 mm + lana mineral 30 mm.	150	123
5	Idem + 2 caras de yeso 10 mm + lana mineral 36 mm.	116	195

**CON TABLEROS INORGANICOS**
**sin alma**

6	2 × amianto-cemento 5 mm + 2 × yeso 10 mm sobre perfil de acero	85	61
7	2 × amianto-cemento 5 mm + 2 × yeso 10 mm sobre perfil de acero protegido.	105	76

**con alma**

8	2 × yeso 10 mm + 2 × relleno de yeso + 2 × × amianto-cemento 5 mm + 2 chapas yeso 10 mm + alma nido de abeja en cartón baquelizado 50 mm.	120	150
9	2 × yeso 10 mm + 2 × relleno yeso + 2 × × amianto-cemento 10 mm + alma nido abeja en cartón baquelizado 50 mm.	110	158
10	2 × yeso 10 mm + 2 × relleno de yeso + 2 × × amianto-cemento 10 mm + lana vidrio 75 mm.	135	126
11	2 × capas yeso + 2 × relleno yeso 10 mm + + 2 × amianto-cemento 10 mm + lana vidrio 75 mm.	155	249

**TABIQUES MOVILES**

1	2 × partículas madera 20 mm + lana mineral 50 mm.	115	64
2	Madera 13 mm + 4 × cartón comprimido 9 milímetros + lana mineral 10 mm + chapa acero.	90	41
3	Madera 13 mm + 4 × chapa yeso 9 mm + lana mineral 10 mm + chapa acero	90	63

**Fuente:**

**Considerations generales sur l'amélioration de la resistance au feu des elements de construction**  
**R. Minne**

## CUADRO 5

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA AL FUEGO DE PUERTAS

Factores que inciden:

- Constitución del alma
- Dimensiones
- Revestimiento
  - Marco: De su material
  - Del espesor
  - De la disposición
- Holgura o juego entre marco y puerta
- Herrajes. Cerradura y goznes

#### PORCENTAJE DE FALLO DE LA RF SEGUN CRITERIOS

El aumento máximo de temperatura:	
De Superficie,	
de Marco,	
de Herrajes: en un .	73 % de casos
Idem. la estanqueidad a las	
llamas, en un ... ..	23 % de casos
Aumento de temperatura	
media, en un ... ..	3 % de casos
Estanqueidad, en un ... ..	1 % de casos

**Fuente:**

**La resistance au feu des portes  
G. Herpol y otros**

## CUADRO 7

### FACTORES GENERALES A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS PROTEGIDOS CONTRA EL FUEGO

- Situación de los posibles focos de incendio.
- Importancia del foco inicial.
- Dimensiones y formas de los comportamientos.
- Potenciales caloríficos parciales y totales.
- Constitución y emplazamiento del mobiliario.
- Naturaleza del revestimiento de las paredes.
- Muros cortafuegos.
- Corrientes y alimentación del aire.
- Salidas de humos. Escaleras y ascensores.
- Sistema de extinción. Extintores, Rociadores, etc.
- Sistema de evacuación.
- Formación humana.

## CUADRO 6

### PRECAUCIONES A TOMAR PARA LA UTILIZACION DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCION

- 1.º Supresión de aristas vivas y ángulos agudos, superficies rugosas y continuas.
- 2.º Utilización, si es posible, de piezas de gran sección. Especies duras.
- 3.º Utilización de tabiques dobles con material aislante intermedio.
- 4.º Interposición de muros y puertas cortafuego.
- 5.º Las cajas de ascensores y escaleras con puertas cortafuego, dispuestas al exterior del edificio y con respiración exterior en su parte alta.
- 6.º Evitar la proximidad de la madera de conducciones eléctricas y conductos de humos.
- 7.º Encolados de revestimiento directamente sobre el muro, para evitar el efecto de chimenea.
- 8.º Utilización, si es posible, de madera ignifugada.