

Carga de fuego ponderada: parámetros de cálculo

*Charge de feu pondérée. Données pour le calcul
Weighted fire load. Data for calculus*

Redactor:

Emilio Turmo Sierra
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Esta Nota Técnica de Prevención tiene como objetivo servir de guía para la interpretación de los parámetros y su aplicación al cálculo del nivel de riesgo intrínseco según la densidad de carga de fuego ponderada. Se detalla bibliografía en donde se incluyen listas de productos con datos de su combustibilidad.

1. INTRODUCCIÓN

La densidad de carga térmica o carga de fuego se determina mediante el cálculo del sumatorio del producto de la cantidad de cada materia combustible por su poder calorífico respectivo y dividido por la superficie del local que contenga las materias consideradas. Este concepto representa la energía calorífica por unidad de superficie que se liberaría en el caso de incendio de todo el material combustible existente en el local.

En el RD 314/2006 Código Técnico de la Edificación, Anejo SI A Terminología define carga de fuego como suma de las energías caloríficas que se liberan en la combustión de todos los materiales combustibles existentes en un espacio (contenidos del edificio y elementos constructivos) (UNE-EN 1991-1-2:2004).

En las normativas de protección contra incendios se han introducido unos coeficientes correctores que ponderan la facilidad de ignición de las materias combustibles existentes. Este nuevo cálculo ha recibido el nombre de carga térmica o carga de fuego ponderada.

La definición y cálculo de la carga de fuego ponderada procede del Apéndice IV de la NBE-CPI-82 y corresponde en realidad a la denominación actual de la densidad de carga de fuego (ponderada y corregida), que se utiliza en el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales. Las NBE-CPI-82, 91 y 96 emplean el término carga de fuego total cuando representa la energía calorífica total desprendida en la combustión de todos los materiales combustibles existentes en un sector de incendio.

El fundamento del cálculo de la carga térmica proviene de la existencia de una correlación con la resistencia al fuego exigible a los elementos constructivos del local que debe contener las materias combustibles. La justificación se basa en el tiempo que puede durar la combustión de esas materias combustibles, que se transforma en una exigencia de tiempo de resistencia al fuego para evitar la propagación del incendio a otras zonas colindantes. La zona protegida mediante unos elementos constructivos con características determinadas para que el incendio no se propague, recibe el nombre de sector o compartimento de incendio.

En las normativas que se iniciaron en la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-82 y las que siguieron NBE-

CPI-91 y 96, en Ordenanzas Municipales, en Disposiciones de las Comunidades Autónomas y en el Real Decreto 2267/2004 por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales, se adopta el cálculo de la carga térmica ponderada, (densidad de carga de fuego ponderada y corregida) para determinar el nivel de riesgo intrínseco, alto, medio o bajo. Un mayor nivel de riesgo intrínseco lleva aparejadas unas exigencias mayores en los elementos constructivos de los edificios y en los equipos de protección contra incendios que se deben instalar.

Actualmente la normativa para edificios no industriales es el RD 314/2006 Código Técnico de la Edificación. En la sección SI 6. Resistencia al fuego de la estructura. Anejo SI A. Terminología, para la densidad de carga de fuego remite a la norma UNE EN 1991-1-2:2004.

La fórmula de cálculo de la carga térmica ponderada o densidad de carga de fuego, en cuanto a concepto es la misma en todas las normativas citadas, aunque se puedan encontrar ligeras diferencias en las clasificaciones de productos y en los valores asignados a los coeficientes C_i y R_a . Cada normativa tiene su ámbito de aplicación y será éste el que rija para los diferentes tipos de edificios, de acuerdo a la normativa correspondiente.

2. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PONDERADA

La fórmula de cálculo práctico de la carga térmica ponderada o de la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida de un sector de incendio, tal como se denomina en el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales, se expresa mediante la ecuación:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n G_i q_i C_i}{A} R_a$$

Donde:

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

G_i = masa en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

q_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .

n = número de materiales combustibles

Los valores del poder calorífico q_i , de cada combustible, pueden encontrarse en la tabla 1.4 del RD 2267/04. Para productos que no estén relacionados en dicha lista se pueden buscar en bibliografía sobre esta materia que se cita más adelante.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , de cada combustible pueden encontrarse en la tabla 1.1 del citado RD; en el Catálogo CEA "Clasificación de materias y mercancías según su riesgo de incendio", o en tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por activación, R_a , se encuentran en la tabla 1.2 del RD. 2267/04. En actividades no relacionadas en la lista, se puede adoptar el valor de una actividad similar. Se observa que en el RD. 2267/04, a R_a se le han asignado los valores 1, 1,5 y 2 excepto un 3 en la actividad de artículos pirotécnicos (almacenamiento). En la NBE-CPI-82 y otras normativas autonómicas y municipales, los valores de R_a son 1, 1,5 y 3. Se deberá aplicar el que corresponda a la normativa utilizada.

3. PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PONDERADA

En este apartado se exponen unos criterios para la interpretación y aplicación práctica de los parámetros que intervienen en el cálculo. La utilización de megajulios por metro cuadrado (MJ/m^2) o megacalorías por metro cuadrado ($Mcal/m^2$) como unidad de carga térmica ponderada es indiferente. Para la conversión debe tenerse en cuenta que 1 caloría (cal) es igual a 4,184 julios (J).

Para cuantificar el primer parámetro incluido en el numerador de la expresión de cálculo, se necesita conocer la masa en kg de cada uno de los productos, sustancias, materias, palets, tablas, estanterías, envases, cajas, bobinas, etc. que son los combustibles existentes en el sector de incendio del cálculo, sin olvidarse de los materiales constructivos y decorativos de la estructura que sean combustibles. Debe adoptarse el valor del inventario máximo, que es cuando se tiene mayor peligro y con la aproximación mejor que se pueda. Para los almacenamientos de líquidos en depósitos o envases de volumen conocido, si no se conoce la masa en kg, se debe disponer de la densidad para aplicar la conocida fórmula: masa (kg) = volumen (L) · densidad (kg/L). También

se pueden pesar estos productos y descontar la tara o peso del envase para tener los kilos de producto.

Poder calorífico

El segundo parámetro es el *poder calorífico*, en MJ/kg o Mcal/kg de cada uno de los combustibles. En la bibliografía, el poder calorífico, también se puede encontrar con la denominación de potencia calorífica, calor de combustión (heat of combustion) y entalpía de combustión. Además de la tabla 1.4 ya citada, existen diversos documentos que proporcionan el poder calorífico de materias y productos muy diversos. Entre los más conocidos:

- Método Gretener. Evaluación del riesgo potencial de incendio. Edición 1973. Incluye una lista de productos comerciales usuales con su poder calorífico en Mcal/kg y en algunos da la densidad en kg/m^3 .
- Índice de incendio y explosión DOW. Incluye una lista de sustancias químicas con parámetros de inflamabilidad.
- Handbook of Chemistry and Physics.
- NFPA. Manual de Protección contra Incendios.
- Perry's Chemical Engineers Handbook.
- Hütte. Manual del ingeniero.
- Weiss G., Hazardous Chemicals Data Book. Manual con fichas de datos de seguridad de productos.

Coeficiente de peligrosidad por combustibilidad

El *coeficiente de peligrosidad por combustibilidad* C_i pondera la facilidad de ignición de los productos existentes en el sector de incendio considerado. A una mayor facilidad de ignición se le da un coeficiente C_i de mayor valor. La combustibilidad está clasificada en tres niveles: alta con $C_i = 1,6$; media con $C_i = 1,3$; baja con $C_i = 1$. En el caso de cálculo de la carga térmica ponderada para edificios no industriales por la fórmula de la NBE-CPI-82, el valor para grado de peligrosidad media es 1,2.

En la combustibilidad alta, de la primera columna de la tabla 1.1 del RD 2267/2004, se incluyen los siguientes productos:

- *Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1* del Reglamento de almacenamiento de productos químicos (RD 379/2001). En este reglamento se definen como clase A, los productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15°C sea superior a 1 bar. En la clase A están los gases licuados a presión combustibles, como el propano, butano, propileno, etc. Están clasificados con mayor peligrosidad porque al estar a la presión de vapor correspondiente a su temperatura de almacenamiento, cualquier fuga por cierre defectuoso u otra anomalía, da lugar a un caudal de emisión importante. En caso de incendio de otras materias en proximidad, los recipientes que contienen estos productos, presentan un riesgo mecánico de explosión con la consiguiente emisión de todo el contenido e ignición súbita, dando lugar a una deflagración (explosión con reacción de combustión) o a una bola de fuego de la nube formada.
- *Líquidos clasificados como subclase B₁ en la ITC MIE-APQ1*. En esta ITC se definen como Clase B, los productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55°C y no están comprendidos en la Clase A. Dentro de la Clase B, se considera la subclase B₁, que incluye a lo productos de la Clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38°C. Los productos que tienen punto de inflamación son líquidos y este parámetro debe estar indicado en la Ficha de Datos de Seguri-

dad proporcionada por el fabricante o suministrador con la primera entrega del producto. Puede recibir también las denominaciones de punto de destello, punto de ignición, "flash point" en inglés, "point d'éclair" en francés, "flammpunkt" en alemán. Es la temperatura mínima a la que un líquido genera una concentración suficiente de vapores inflamables sobre la superficie del líquido para que se inflame al aproximar una pequeña llama, pero sin continuar la inflamación. El término punto de inflamación está indicado con una definición equivalente en la norma UNE-EN 60079-10:2004. Si la temperatura aumenta ligeramente la inflamación permanece y esta temperatura recibe la denominación de temperatura o punto de incendio o "fire point".

En la subclase B₁ entran líquidos inflamables como acetona, alcohol metílico, alcohol etílico, etc. En el alcohol etílico C₂H₅OH, si es absoluto 100% v/v, el punto de inflamación es 13°C y los puntos de inflamación para distintas graduaciones están transcritos del Manual de Protección contra Incendios de editorial MAPFRE (tabla 1).

LÍQUIDO	PUNTO DE INFLAMACIÓN °C
Alcohol etílico 100%	13
Alcohol etílico con agua 96%	17
Idem 95%	17
Idem 80%	20
Idem 70%	21
Idem 60%	22
Idem 50%	24
Idem 40%	26
Idem 30%	29
Idem 20%	36
Idem 10%	49
Idem 5%	62

Tabla 1.

Debe destacarse que la clasificación de la ITC MIE-APQ1 no coincide con la presentada en el RD 363/1995, que sirve de base para las clasificaciones de peligrosidad de las sustancias, la asignación de las frases de riesgo R y los consejos de prudencia S. En este Real Decreto, las frases R12, R11 y R10 indican que un producto es extremadamente inflamable, fácilmente inflamable e inflamable respectivamente, lo cual da el grado de combustibilidad.

- **Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100°C.** Esta propiedad puede asimilarse a las sustancias y preparados sólidos susceptibles de inflamarse fácilmente después de un breve contacto con una fuente de ignición y que continúan ardiendo o consumiéndose después de la eliminación de dicha fuente. Llevan asociado el pictograma, el símbolo F y la frase R11. Un ejemplo de tales sustancias es el fósforo rojo, que también lleva

la frase R16 (puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes). Si algún sólido por aumento de temperatura inicia la combustión antes de 100°C, sin la presencia de una fuente de ignición, también entra en este grupo.

- **Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.** En este grupo podrían entrar los gases que el RD 363/1995 clasifica como extremadamente inflamables con símbolo "F+" y frase R12 y los define como sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en contacto con el aire a temperatura y presión normales. Se debe interpretar que para su ignición requieren una fuente de ignición (chispa, llama, etc.), ya que de otra forma sería una inflamabilidad espontánea y entrarían en el grupo que sigue. Ejemplo: el hidrógeno H₂. Debe observarse que llevan el mismo pictograma, símbolo F+ y frase R12 que los líquidos extremadamente inflamables. En este grupo podría incluirse a los productos con frase R19 que comprende a las sustancias y preparados que puedan formar peróxidos explosivos durante su almacenamiento como, por ejemplo, el éter dietílico y el 1,4-dioxano.
- **Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.** Corresponden a las sustancias sólidas y líquidas que pueden inflamarse espontáneamente poco después de haber entrado en contacto con el aire a temperatura ambiente (alrededor de 20°C). Como ejemplos se puede citar el fósforo blanco, el trimetil aluminio Al(CH₃)₃ y el trietil aluminio Al(C₂H₅)₃. También entran los gases que se inflaman espontáneamente en contacto con el aire, como la fosfina o fosfamina PH₃ gas licuado a presión, el silano SiH₄, el diborano B₂H₆, el pentaborano B₅H₉ y el decaborano B₁₀H₁₄. Todo este grupo de sustancias se clasifican como fácilmente inflamables con el pictograma, símbolo "F" y frase R17.

Algunos productos con propiedades explosivas y frases como R16, R19, R44 y que se intenta incluir en alguno de los puntos desglosados de la tabla 1.1, podrían requerir medidas especiales de seguridad asignadas a ciertos productos peligrosos como el agua oxigenada, artículos pirotécnicos, etc. En estos casos esas medidas especiales de seguridad, tal como dice "especiales" se tendrían que tomar de reglamentos específicos, p.e. Reglamento de explosivos, Almacenamiento de peróxidos, Códigos de prácticas, etc. que tengan en cuenta las particularidades de esos productos.

En la segunda columna de la tabla 1.1 del RD. 2267/04 con peligrosidad media y C_i = 1,30, se incluyen los siguientes productos:

- **Líquidos clasificados como Subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1.** Incluye los productos de Clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38°C e inferior a 55°C. Ejemplos: ácido acético glacial CH₃COOH con punto de inflamación 43°C, ácido acrílico CH₂CHCOOH 54°C, ciclohexanona C₆H₁₀O 44°C, clorotolueno C₆H₄ClCH₃ 52°C, keroseno > 38°C, hidracina H₂NNH₂ 38°C.
- **Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.** Productos cuyo punto de inflamación es igual o superior a 55°C e inferior o igual a 100°C. Ejemplos: fenol C₆H₅OH 79°C, ácido fórmico HCOOH 69°C, gasóleo con punto de inflamación > 66°C.
- **Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 y 200°C.** Al tratarse de sólidos y con el mismo criterio aplicado a los sólidos que comienzan su ignición a una temperatura inferior a 100°C, se incluyen tanto los sólidos a los que si se

aplica una fuente de ignición que calienta y hace arder, como si por aumento de temperatura sin fuente de ignición, empiezan a arder. En este último caso equivaldría a su temperatura de autoignición. Este parámetro en sólidos no es muy preciso ya que depende de varios factores, de entre los cuales, algunos de los más representativos son: tamaño de la muestra, de la forma, grado de división, de la humedad que contenga, de la velocidad de calentamiento, de la velocidad del caudal de aire sobre la muestra, etc. En muchos ensayos también se especifica el tiempo de aplicación de la temperatura. En productos en polvo esa temperatura sería la temperatura de incandescencia en capa (glow temperature). Esta temperatura se encuentra tabulada en la bibliografía específica sobre polvos combustibles, junto a otros parámetros de explosividad.

En otros productos sólidos como la madera se ha notado la existencia de una estrecha relación entre la densidad de las maderas ensayadas y la temperatura de autoignición. En general las maderas de baja densidad entran en ignición a temperaturas más bajas que las especies de alta densidad. En el Manual de Protección contra Incendios de Editorial MAPFRE se presentan datos de interés (tabla 2). Las cinco primeras muestras proceden de unos ensayos de C.R. Brown y las cinco restantes de National Bureau of Standards de EE.UU.

Comúnmente la temperatura de autoignición de la madera se sitúa en el orden de los 200°C. La madera que esté en contacto con conducciones de vapor o una fuente similar de calor constante durante un periodo de tiempo muy largo puede sufrir cambios químicos que den por resultado la formación de carbón, que es capaz de ignición espontánea. Se ha sugerido que 155°C es la máxima temperatura a la que puede exponerse continuamente la madera sin riesgo de ignición.

MADERA	TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN °C
Cedro rojo occidental	192
Pino blanco	208
Pino palustre	220
Roble blanco	210
Abedul papelero	204
Pino equinado, o de agujas cortas	228
Pino palustre	230
Abeto Douglas	260
Abeto del norte	261
Pino blanco	264

Tabla 2.

- *Sólidos que emiten gases inflamables.* No se especifica en qué condiciones se emiten esos gases inflamables. Se podrían incluir los productos que reaccionan con el agua o aire húmedo liberando gases extremadamente inflamables. Llevarían pictograma, símbolo F y frase R15. Ejemplos serían los metales alcalinos que requieren unas condiciones de almace-

namiento especial, separados de otros productos, para no incurrir en riesgo por la utilización de agua en caso de un incendio en sus proximidades. La Nota Técnica de Prevención NTP 237 Reacciones químicas peligrosas con el agua, incluye una lista muy amplia de esos productos. Ver también la Ficha de Datos de Seguridad del producto, la lista de productos peligrosos del Anexo I del RD 363/1995, etc.

Otros productos similares que pueden entrar en este grupo son los de frase R14 que corresponde a los que reaccionan violentamente con el agua. Como ejemplos se citan el cloruro de acetilo, los metales alcalinos y el tetracloruro de titanio. También podrían entrar los que llevan la frase R18 que corresponde a sustancias y preparados no clasificados como inflamables pero que contienen compuestos volátiles inflamables en el aire. Esos productos crearían un riesgo adicional, aunque por no tener poder calorífico no entrarían en el cálculo de la carga térmica ponderada, excepto si se conociera la cantidad de materia volátil inflamable contenido en ellos. Lo mismo podría decirse de los productos que llevan la frase R30, que corresponde a los preparados no clasificados como inflamables pero que pueden convertirse en inflamables por pérdida de componentes volátiles no inflamables. No se ha encontrado ninguno que tenga esta característica en el anexo I del RD 363/1995.

La tercera columna de la tabla 1.1 que corresponde a un coeficiente de peligrosidad por combustibilidad baja con $C_i = 1$ comprende a los productos siguientes:

- *Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.* Incluye a los productos cuyo punto de inflamación es superior a 100°C. Ejemplos: aceite de oliva 225°C, aceite de pescado 215°C, aceites lubricantes 149-232°C, alcohol bencílico 101°C, antraceno 121°C, etc.
- *Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200°C.* Se deberían conocer las temperaturas de autoignición de las materias sólidas combustibles almacenadas. Ejemplos: Polietileno 349°C, polipropileno 390-410°C, poliestireno 488-496°C, poliacrilonitrilo 560°C, policarbonato 580°C, plástico acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) 466°C. Normalmente la temperatura de autoignición de los plásticos es superior a 200°C. Se debe observar que los materiales plásticos pueden llevar aditivos retardantes de fuego o de llama que pueden inhibir y hasta suprimir el proceso de combustión. En el libro "Tecnología del fuego" de Manuel Pascual Pons. Barcelona, Ediciones M.P. Pons, 1988, se asimila la temperatura de combustión con el punto de ignición (ignition point), al que se suele también denominar punto o temperatura de autoignición. Esta temperatura no debe confundirse con el punto de inflamación, destello o "flash point" anteriormente explicado, aunque en la norma UNE EN 1127-1, la definición del punto de ignición coincide con el término tan extendido y ampliamente aceptado de punto de inflamación o destello. En este libro se incluyen listas de productos con datos de combustibilidad.

4. ALTERNATIVAS PARA EL CÁLCULO DE LA CARGA DE FUEGO

Para los casos en que la diversidad de productos es muy amplia y ser complicado el cálculo aplicando todo lo anterior, el RD 2267/04 en los Establecimientos Industriales, permite como alternativa, una estimación de la carga de fuego, aplicando las siguientes expresiones:

- a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en la fórmula general.

q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m² o Mcal/m².

S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

Los valores de la densidad de carga de fuego media, q_{si} , pueden obtenerse de la tabla 1.2 del citado RD. Estos datos proceden del Método Gretener, Edición 1988, revisión de la Edición 1973.

- b) Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en la fórmula general.

q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.

h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.

s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

Los valores de la carga de fuego, por metro cúbico q_{vi} , aportada por cada uno de los combustibles, pueden obtenerse de la tabla 1.2 del Reglamento.

Las fórmulas de cálculo anteriores corresponden a un sector de incendio. En el RD se incluyen las fórmulas similares para determinar el nivel de riesgo intrínseco de un edificio formado por un conjunto de sectores de incendio y de un establecimiento industrial formado a su vez por un conjunto de edificios.

En la parte final del apartado de estos cálculos, se indica que para la evaluación del riesgo intrínseco se puede recurrir igualmente al uso de métodos de evaluación de reconocido prestigio; en tal caso, deberá justificarse en el proyecto el método empleado.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CEPREVEN
Catálogo CEA. Clasificación de materias y mercancías según su riesgo de incendio
Madrid, Editorial CEPREVEN, 1985
- (2) TROITZSCH, J.
International Plastics Flammability Handbook
Munich, Carl Hanser Verlag, 1983. Table 4.3 Heats of combustion of various plastics and natural products
- (3) LANDROCK, A.H.
Handbook of Plastics Flammability and Combustion Toxicology
Park Ridge, New Jersey, Noyes Publications, 1983. Table A.1. Ignition temperatures for selected plastics. Table A.5. Heats of combustion and heating values of plastics
- (4) PASCUAL PONS, M.
Tecnología del fuego
Barcelona, Ediciones M.P.Pons, 1988. Cap. 6. Química de la combustión. Cap. 7. Inflamabilidad. Cap. 8. Inestabilidad química
- (5) BRIGHTON, C.A. et al.
Styrene polymers: Technology and Environmental Aspects
London, Applied Science Publishers Ltd., 1979. Combustion of styrene polymers. Physical properties of styrene monomer
- (6) DE NANÇAY, S.
Matières plastiques et sécurité incendie
Paris, Sadave, 1982. Comportement au feu: Résines synthétiques, Élastomères de synthèse
- (7) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)
Manual de protección contra incendios (16ª Edición)
Madrid, Editorial MAPFRE, 1987. Sección 5. Capítulo 11. Tabla 5-11B. Calores de combustión y propiedades asociadas para plásticos
- (8) MÉTODO GRETENER
Evaluación del riesgo potencial de incendio
Edición 1973

- (9) MÉTODO GRETENER
Evaluación del riesgo potencial de incendio
Revisión del documento anterior. Edición 1988. CEPREVEN
- (10) INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN DOW
Traducción de la 5ª edición "Fire & Explosion Index. Hazard Classification Guide" de DOW Chemical Company, 1980
Barcelona, I.N.S.H.T. 1983
- (11) **Handbook of Chemistry and Physics.** (86th Ed.)
Boca Ratón, Editorial CRC Press, 2005
- (12) **Perry's Chemical Engineers Handbook.** 6th Ed.
New York, McGraw-Hill Book Company, 1984
- (13) HÜTTE
Manual del ingeniero
Barcelona, Editorial Gustavo Gili S.A., 1965. Traducción de la 28ª edición alemana
- (14) WEISS G.,
Hazardous Chemicals Data Book
Park Ridge, New Jersey, USA, Noyes Data Corporation, 1980
- (15) RD. 2267/2004
Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (BOE 17.12.2004)
- (16) RD. 1587/1982
Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios. NBE-CPI-82. (BOE 21.7.1982, rect. 27.9.1982)
- (17) RD. 279/1991
Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios. NBE-CPI-91. (BOE 8.3.1991)
- (18) RD. 2177/1996
Norma Básica de la Edificación. Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios. NBE-CPI-96. (BOE 29.10.1996, rect. 13.11.1996)
- (19) RD. 314/2006
Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SI. (BOE 28.3.2006)
- (20) RD. 379/2001
Reglamento de almacenamiento de productos químicos. Instrucción técnica complementaria MIE-APQ-1