

# 4

## Medidas de protección constructivas

### ACCESIBILIDAD

La accesibilidad de los edificios está condicionada por el proyecto urbanístico de la zona y por los medios que tenga disponibles el servicio público de extinción de incendios. La normativa en general hace hincapié en la necesidad de aproximación de los vehículos ya que a más de 15 metros de distancia de las fachadas pierden autonomía y operatividad.

Un caso especial son los denominados edificios con gran desarrollo vertical. Estos edificios tienen limitada su accesibilidad si tienen 8 plantas (alcance de una escala de 30 metros) y de 14 plantas para la escala de 50 metros. Un edificio que no tenga accesibilidad desde el exterior se considera edificio de gran altura, y es en éstos en los que el acceso a la zona afectada se tiene que hacer desde el interior.

Los edificios en los que a partir de la segunda o tercera planta se retranquea el volumen edificado presentan como dificultad suplementaria la de la geometría de esos volúmenes, ya que el zócalo formado por las primeras plantas impide que una autoescala alcance la parte interior.

La disposición actual de grupos de casas es la siguiente: se sitúan rodeados de terrenos ajardinados, con calles peatonales entre ellos. Esto dificulta la localización, identificación de la vivienda y el acceso.

Las necesidades básicas para la accesibilidad de los equipos de intervención se concreta en dos factores: la maniobrabilidad de los vehículos para la accesibilidad exterior, y las longitudes de recorrido de puertas adentro para la accesibilidad interior, esta última en especial para los edificios de gran superficie de ocupación de suelo y distribución interior compleja.

El mobiliario urbano (bancos, barreras metálicas, mojones, marquesinas, farolas, cables aéreos, etc.) constituye un serio obstáculo tanto para el acceso como para la maniobra.

## REACCIÓN AL FUEGO

### *Criterios de reacción al fuego*

En caso de incendio, la naturaleza de los elementos y materiales que integran su construcción influye en el comienzo, desarrollo y propagación del fuego, y puede determinar el tiempo disponible para la evacuación de sus ocupantes y el alcance final de los daños materiales.

Actuando sobre estos factores en la fase de diseño llegaremos a conseguir que el edificio esté diseñado con un alto nivel de seguridad, ya que contiene materiales con una reacción al fuego adecuada a la zona en que se encuentren situados, con elementos de construcción que poseen una resistencia al fuego adecuada y la compartimentación requerida según la reglamentación vigente.

Cuando se habla de combustibilidad de materiales o, más ampliamente, del comportamiento ante el fuego de materiales de construcción, hay que distinguir muy claramente entre dos términos que, a menudo, suelen confundirse: *reacción* y *resistencia al fuego*

- La *reacción al fuego* se define como la contribución activa de un material a un fuego y el desarrollo del mismo.
- La *resistencia al fuego* es la aptitud de un elemento de construcción, componente, equipo o estructura, de conservar durante un tiempo determinado la estabilidad, la estanqueidad, la no emisión de gases inflamables y el aislamiento térmico especificados en los ensayos normalizados.

Podemos decir que, cuando estamos hablando del *comportamiento frente al fuego* de un *material*, nos estamos refiriendo a su reacción al fuego, y cuando se trata de un elemento de construcción, nos estamos refiriendo a resistencia al fuego.

Hay que tener en cuenta que un elemento estructural está compuesto por materiales y, por tanto, se puede estudiar la reacción al fuego de sus materiales integrantes. Por ejemplo: una puerta de madera. Lo normal es estudiar su resistencia al fuego como elemento de construcción: «puerta», pero también puede estudiarse la reacción al fuego del material del que está formada: «madera».

Merece la pena destacar un caso especial en construcción: los recubrimientos protectores para estructuras metálicas. Estos recubrimientos suelen estar formados por materiales incombustibles, como perlita, arlita y otras fibras o productos minerales. Como tal material habría que estudiar su reacción al fuego; sin embargo, lo más importante será su efectividad como protector de la estructura y, por tanto, interesará más la resistencia al fuego que pueda proporcionar dicho recubrimiento al elemento de que se trate.

La reacción al fuego es el comportamiento frente al fuego de los materiales de construcción y de acabado interior, es decir, el alimento que un material puede aportar a un fuego y al desarrollo del mismo. Este comportamiento frente al fuego se estudia y determina mediante *ensayos de fuego*.

### *Ensayos de fuego*

Los ensayos de reacción al fuego son aplicables, pues, tanto a materiales de construcción como a los materiales integrantes de elementos estructurales, pero no a los elementos estructurales como tales.

Entre los materiales susceptibles de ser sometidos a ensayos de reacción al fuego pueden considerarse los siguientes grupos:

- Falsos suelos y falsos techos.
- Elementos de decoración (cortinas, mobiliario).
- Productos de acabado de superficies (pinturas y barnices).
- Materiales de acabado de paredes, suelos y techos.
- Aislamientos térmicos y acústicos.

Actualmente, están incluidos en la normativa española los ensayos de reacción al fuego siguientes:

UNE 23 102: Ensayo de no combustibilidad.

UNE 23 721: Ensayo por radiación.

- UNE 23 723: Ensayo del quemador eléctrico.  
 UNE 23 724: Ensayo de velocidad de propagación de la llama.  
 UNE 23 725: Ensayo del goteo.  
 UNE 23 726: Ensayo en el panel radiante.

El fundamento de los ensayos de reacción al fuego es el siguiente:

- Someter un material a un *calentamiento controlado* en presencia o no de una llama piloto, para provocar la destilación de vapores virtualmente inflamables.
- Provocar la *ignición* de dichos vapores.
- Estudiar el *desarrollo de la combustión*, con base en ciertos criterios.

En cada ensayo se siguen estos pasos en unas condiciones determinadas por las normas, variando la situación, tipo y tamaño de las mues-

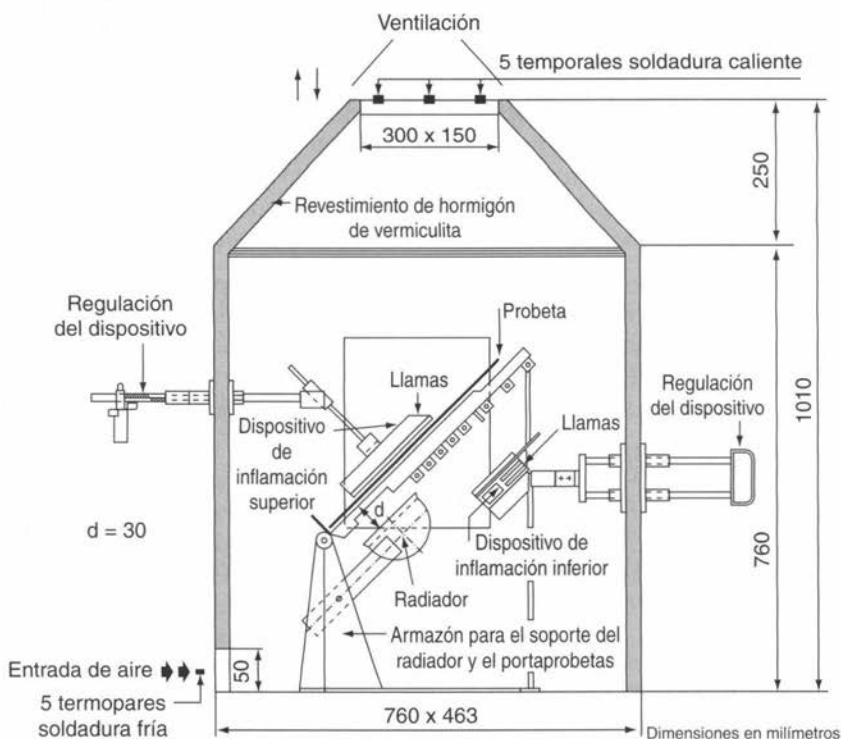


Figura 1. Cámara de ensayo por radiación.

tras, la fuente de calor y de ignición y los criterios que se han de medir o considerar para estudiar el desarrollo de la combustión.

En función de los resultados de los ensayos, y de acuerdo con los criterios de cada uno, el material queda clasificado como:

- M0 si es incombustible.
- M1 si es no inflamable.
- M2 si es difícilmente inflamable.
- M3 si es medianamente inflamable.
- M4 si es fácilmente inflamable.

El laboratorio que hace los ensayos clasifica el material. Depende de la legislación determinar si ese material, con esa clasificación, es utilizable en un local dado. Como ejemplo se incluye una tabla en la que la NBE-CPI-91 Norma Básica de la Edificación. Condiciones de protección contra incendios 1991 indica la clase de reacción admisible en los materiales de revestimiento en recorridos de evacuación.

**Tabla 1**  
**CLASE DE REACCIÓN ADMISIBLE**  
**EN LOS MATERIALES DE REVESTIMIENTO**

Tipo de recorrido de evacuación	Revestimiento suelos	Paredes y techos
Recorridos en recintos protegidos	M2	M1
Recorridos normales:		
— En uso hospitalario	M2	M1
— En otros usos	M3	M2
<b>Clase de reacción</b>		

No se establecen en el articulado restricciones a elementos lineales, como cantoneras, tapajuntas, pasamanos o rodapiés; ni puntuales, como topes, apliques, rótulos, etc.

### *Ignifugación*

Cuando se descubrieron los métodos de ignifugación de materiales de construcción y empezaron a utilizarse, parecía que se había llegado a una panacea que solucionaba todos los problemas de la seguridad contra incendios.

Con el uso posterior se ha comprobado que tal panacea no es real. No todos los materiales pueden someterse a un proceso de ignifugación, y no todos los procesos de ignifugación son efectivos en realidad.

Existen varios métodos de ignifugación:

- Transformación química intrínseca, a nivel molecular, en el proceso de fabricación.
- Aplicación de aditivos adecuados durante el proceso de fabricación.
- Aplicación de aditivos sobre el material acabado.

Estos procesos de ignifugación conducen a resultados que en primera aproximación pueden ser iguales o muy similares, ya que el material tratado habrá mejorado su comportamiento frente al fuego, y, por tanto, su reacción al fuego.

Ahora bien, con el uso, el material tratado puede llegar a perder sus propiedades.

Así pues, no basta con comprobar el comportamiento y clasificación del material recién tratado, sino que es necesario someterlo a ensayos tras ciertos períodos de tiempo durante los cuales puede haberse visto afectado.

Es importante establecer la diferencia entre los conceptos de ignifugado y autoextinguible, que a veces son confundidos o mal utilizados.

Un material es autoextinguible cuando al entrar en contacto con la llama se inflama y empieza a arder, pero, al ser retirada la llama, el material se extingue por sí solo.

Un material ignifugado es aquel que ha sido tratado para mejorar sus características de comportamiento frente al fuego.

Por tanto, un material ignifugado puede ser autoextinguible, pero un material lo puede ser por sí mismo, sin necesidad del tratamiento de ignifugación.

#### RESISTENCIA AL FUEGO

Los componentes que tienen una función sustentadora o compartimentadora, tales como pilares, vigas, forjados, muros, tabiques, cubiertas, puertas y ventanas se denominan, convencionalmente, elementos de

construcción, y su comportamiento en caso de incendio se estudia desde el punto de vista de la *resistencia al fuego*.

Se entiende por resistencia al fuego de un elemento de construcción su capacidad para desempeñar su función en caso de incendio, es decir:

— Si se trata de un elemento sustentador, su capacidad para mantener su función portante, expresada en tiempo.

— Si se trata de un elemento compartimentador, su capacidad para contener el incendio, evitando que se propague a través de él expresada en tiempo.

La resistencia al fuego de los elementos de construcción se define y evalúa mediante criterios normalizados.

Estos criterios se basan en las propiedades físicas de los elementos que están asociadas a su resistencia al fuego. La pérdida de estas propiedades, sucesiva o simultáneamente, bajo la acción del fuego, implica la pérdida del nivel de resistencia asociado a cada una de ellas.

De este modo, la resistencia al fuego de un elemento de construcción se expresa mediante una relación de propiedades físicas (criterios), junto a cada cual se indica el tiempo que el elemento se conserva (satisface el criterio) bajo la acción del fuego.

Las condiciones de exposición al fuego normalizadas están definidas por la curva temperatura-tiempo de los ensayos.

### *Criterios de resistencia al fuego*

Los criterios fundamentales para determinar la resistencia al fuego son los siguientes:

- a) Elementos sustentadores.
- b) Elementos separadores: aislamiento térmico, estanqueidad e integridad.
- c) Elementos sustentadores y separadores: estabilidad, aislamiento térmico y estanqueidad.

### *Ensayos de resistencia al fuego*

Para determinar la resistencia al fuego de los elementos de construcción se necesitan procedimientos de ensayo normalizados.

**Cuadro 1**  
**CRITERIOS DE RESISTENCIA AL FUEGO**  
**ADOPTADOS POR VARIAS NORMAS**

Norma		(Denominación I.T. 0011)	ISO 834 (y UNE 23-093)	BS 476 Part 8	ASTM E 119
Denominación		Criterios de resistencia al fuego	Criterios de resistencia al fuego	Criterios de fallo (Criteria of failure)	Condiciones de aceptación (1)
Criterios fundamentales	Elementos sustentadores	Estabilidad	Capacidad portante	Estabilidad (Estability) (2)	Sostenimiento de la carga
					Temperatura de los componentes estructurales de acero (3)
	Elementos separadores	Aislamiento térmico	Aislamiento térmico	Aislamiento (Insulation)	Temperatura de la cara no expuesta
		Estanqueidad	Estanqueidad: fallo inicial	Integridad (Integrity) (4)	Paso de llamas y gases
	Integridad	Estanqueidad: fallo final	Estabilidad (Stability) (2)	(No se considera) (5)	
Criterios complementarios	Elementos sustentadores	(La especificada para cada criterio en el punto 3)	Capacidad portante residual (6)		
	Elementos separadores		Emisión de gases inflamables (7)		
					Integridad ante el chorro de agua (8)

1. ASTM E 119 no establece criterios nominados explícitamente. Describe un conjunto de «Conditions of acceptance» que se corresponden con los criterios nominados en esta instrucción técnica. 2. El criterio «Stability» de BS 476 es distinto según se trate de elementos sustentadores o separadores. 3. Condición obligatoria para los elementos flechados hiperestáticos. 4. El criterio «Integrity» de BS 476 corresponde al criterio de estanqueidad (fallo inicial) de ISO 834. No debe confundirse con el criterio denominado integridad por esta Instrucción Técnica. 5. ASTM E 119 no establece condiciones equivalentes al criterio de integridad. Si se establecen en las normas ASTM E 152 y E 163, correspondientes a puertas y ventanas, respectivamente. 6. Criterio optativo de aplicación en casos particulares. 7. Este criterio no figura en ISO 834. Es un criterio obligatorio según UNE 23093 (y también DIN 4102 y Arrête du 5.1.59) para los elementos separadores. 8. Condición obligatoria para los elementos separadores verticales.



**Cuadro 2**  
**NORMAS DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO**

<b>País</b>	<b>Organismo</b>	<b>Norma</b>	<b>Título y contenido</b>
Alemania	DIN	DIN 4102  • Parte 2 • Parte 3  • Parte 5   • Parte 6  • Parte 7	Comportamiento ante el fuego de los materiales y elementos de construcción. Muros y tabiques. Forjados. Pilares. Escaleras. Muros resistentes al fuego. Muros exteriores sin carga. Puertas y elementos de cierre resistentes al fuego. Puertas y elementos de cierre en huecos de ascensor. Elementos vidriados. Elementos de cierres de conductos. Conductos de ventilación. Cubiertas.
Bélgica	IBN	NBE 713-020	Resistencia al fuego de los elementos de construcción.
Dinamarca	DS	DS 1051.1  DS 1051.2 DS 1051.3  DS 1059.1 DS 1059.2	Ensayos de resistencia al fuego. Elementos de construcción. Ensayos de resistencia al fuego. Puertas. Ensayos de resistencia al fuego. Elementos vidriados. Cubiertas: propagación del fuego. Suelos: propagación del fuego y desprendimiento de humo.
España	AENOR	UNE 23-093  UNE 23-802  UNE 23-801	Ensayo de la resistencia al fuego de las estructuras y elementos de la construcción. Ensayos de resistencia al fuego de puertas y otros elementos de cierre de huecos. Ensayos de resistencia al fuego de elementos de construcción vidriados.
Francia	AFNOR  (*)	Arrêté 21.4.83  Arrêté 30.6.83	Métodos para determinar el grado de resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo y clasificación de cubiertas combustibles.
Holanda	NNI	NEN 3884	Determinación de la resistencia al fuego de los elementos de construcción.

Cuadro 2 (continuación)

<b>País</b>	<b>Organismo</b>	<b>Norma</b>	<b>Título y contenido</b>
Holanda		NEN 3882	Cubiertas: evaluación del riesgo de incendio por brasas volantes.
Reino Unido	BSI	BS 476 • Parte 8 • Parte 3	Ensayos de comportamiento ante el fuego de los materiales y estructuras de construcción. Métodos de ensayo y criterios de resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de exposición al fuego desde el exterior en cubiertas.
Estados Unidos	ANSI ASTM UL NFPA	ASTM E 109 ASTM E 152 ASTM E 163 ASTM E 108	Ensayos de comportamiento ante el fuego de los elementos de construcción. Ensayos de comportamiento ante el fuego de puertas. Ensayos de comportamiento ante el fuego de ventanas. Ensayos de comportamiento ante el fuego de los revestimientos de cubiertas.
Internac.	ISO	ISO 834 ISO 3008 ISO 3009	Ensayos de resistencia al fuego. Elementos de construcción. Ensayos de resistencia al fuego. Puertas y otros elementos de cierre de huecos. Ensayos de resistencia al fuego. Elementos de construcción vidriados.

(\*) Las normas francesas de ensayo de resistencia al fuego no han sido emitidas por AFNOR, sino por las órdenes ministeriales citadas.

Índice de organismos:

DIN . . . . . Deutsches Institut für Normung.	AFNOR . . . . . Association Francaise de Normalisation.
ASTM . . . . . American Society for Testing and Materials.	IBN . . . . . Institute Belge de Normalisation.
NNI . . . . . Nederlands Normalisatie Instituut.	UL . . . . . Underwrites Laboratories.
DS . . . . . Dansk Standardiseringsraad.	BSI . . . . . British Standards Institution.
NFPA . . . . . National Fire Protection Association.	AENOR . . . . . Asociación Española de Normalización.
ANSI . . . . . American National Standards Institute.	ISO . . . . . International Organization for Standardization.

En el ensayo, una muestra del elemento se somete a la acción del fuego en condiciones lo más representativas posible de un incendio real, y se estudia su comportamiento de acuerdo con los criterios de resistencia adoptados por la norma correspondiente.

Los resultados del ensayo permiten clasificar el elemento de acuerdo con el sistema de clasificación adoptado por las normas de construcción o de protección contra incendios del país de que se trate.

En el cuadro 2 se citan normas de ensayo de resistencia al fuego vigentes en varios países.

Para determinar la resistencia al fuego de un elemento, éste se somete a las temperaturas simuladas de un incendio y obtenidas en un horno de ensayo.

Las temperaturas obtenidas en los hornos corresponden a la curva normalizada temperatura-tiempo, representada por la siguiente función:

$$\Delta T = 345 \lg (8t + 1)$$

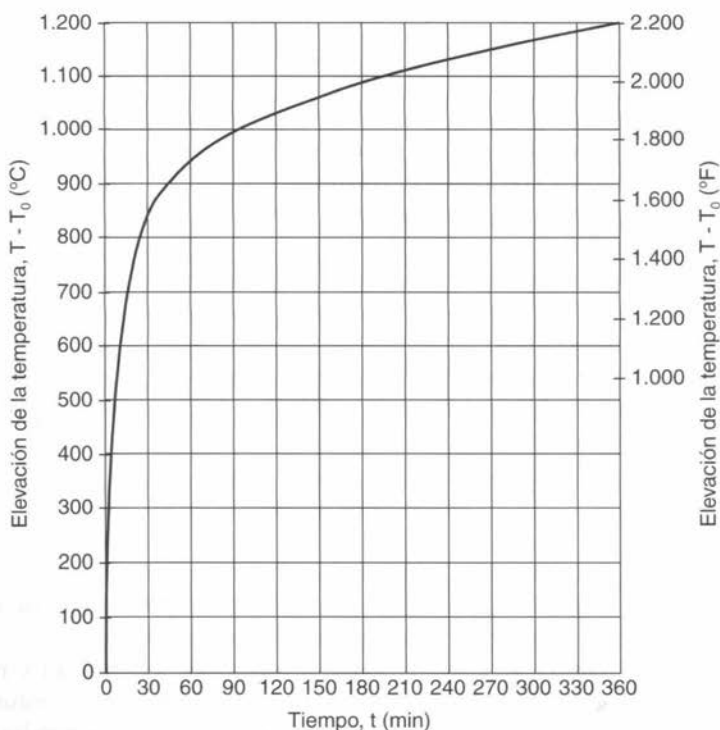


Figura 2. Curva temperatura-tiempo. ISO 834.

### Mejora de la resistencia al fuego de las estructuras

Las estructuras de acero generalmente no satisfacen las mínimas exigencias en cuanto a resistencia al fuego, ya que a partir de los primeros 10 minutos del inicio del incendio se alcanzan unas temperaturas que llevan el acero a la ruina.

La finalidad perseguida con la utilización de los materiales de protección en los elementos estructurales es asegurar la estabilidad durante el tiempo necesario para que el edificio sea evacuado y el servicio de extinción pueda luchar y sofocar el incendio.

Estos materiales de protección deben poseer las siguientes características:

- Estabilidad a temperaturas elevadas.
- Baja conductividad térmica.
- Óptima aplicabilidad y fijación al material.
- Resistencia y durabilidad mecánicas.

Entre los procedimientos más frecuentemente utilizados en la protección de estructuras, cabe destacar aquellos que ofrecen una *protección superficial* conseguida con pinturas o barnices, y los que, mediante un *recubrimiento*, proporcionan aislamiento térmico, e incluso dispersión o absorción del calor.

En este apartado se hace referencia a algunos de los distintos materiales que pueden proteger las estructuras de acero frente a un incremento brusco de la temperatura.

La elección de dicho material, así como el espesor del recubrimiento, dependen de la estabilidad deseada y del tipo de elemento que se va a proteger (pilar, forjado, viga...).

#### Pinturas

La pintura utilizada como recubrimiento tiene la posibilidad de ofrecer, además de la protección deseada, un efecto decorativo.

El tipo de pintura aconsejable para la mejora de estabilidad y resistencia al fuego de elementos constructivos es el de la pintura intumescente. En la protección pasiva contra incendios se utilizan también las pinturas ignífugas, productos generalmente constituidos a base de cloro,

caucho u óxido antimónico que, sometidas a la llama, se carbonizan sin propagarla, evitando así la extensión del fuego y mejorando el comportamiento al fuego de los materiales sobre los que se aplican. Las pinturas ignífugas no proporcionan aislamiento térmico, aspecto fundamental en la estabilidad de las estructuras metálicas, por lo que no son adecuadas para la protección de estos elementos.

— *Pinturas intumescentes.* Son aquellas que producen aislamiento térmico y evitan, además, la propagación de la llama.

Los barnices y las pinturas intumescentes generalmente están constituidos por silicato sódico que, al calentarse, se esponja aumentando su volumen y formando una capa densa inicial, y posteriormente una masa esponjosa viscosa, termorresistente y no combustible; de esta forma se previene el aumento excesivo de la temperatura en el acero.

La intumescencia carbonosa alcanza un volumen 80-100 veces el inicial, lo que supone 2-3 centímetros de espesor.

El inconveniente de las pinturas se presenta cuando se produce su envejecimiento paulatino a lo largo del tiempo y, en mayor medida, frente a los elementos de la naturaleza si el objeto recubierto con pintura intumescente está ubicado a la intemperie.

Las características fundamentales que deben poseer las pinturas intumescentes son las siguientes:

- Incombustibilidad.
- Gran adherencia.
- Fácil aplicación.
- Rápido secado.

La intumescencia de estos productos responde a la acción simultánea de los siguientes elementos:

- Agente que forma el esqueleto carbonoso.
- Agente calorífico.
- Agente que forma la espuma.

Con el empleo de las pinturas intumescentes, la sección de los elementos protegidos no se ve alterada, ya que se obtiene el mínimo espesor en su aplicación.

## Recubrimientos

El aislamiento térmico con materiales de recubrimiento se puede obtener mediante varios procedimientos, entre los que se encuentran los siguientes:

- *Proyección*. En la protección mediante proyección se utilizan productos inorgánicos tales como, vermiculita y perlita. Como ligazón se utilizan, entre otros materiales, cemento y silicatos.

La *vermiculita* es un silicato alcalino principalmente de magnesio, aluminio y hierro. Soporta hasta una temperatura de 1.000 °C.

La *perlita* es una mezcla de óxido metálico con silicato de calcio y de metales alcalinos. Soporta una temperatura de 500 °C, a partir de la cual se produce la fusión del material.

Así pues, la perlita y la vermiculita, formando mortero con el yeso y el cemento, tienen una gran efectividad en el recubrimiento de estructuras metálicas, dado su bajo coeficiente de transmisión del calor.

Las *fibras aplicadas por proyección* consisten en la aplicación de un revestimiento de fibras de amianto o de fibras minerales y cerámicas.

La puesta en obra es sencilla, una vez limpias las superficies se aplica un adhesivo especial y, a continuación, se proyecta el material pulverizándolo junto con agua sobre la superficie preparada, con lo que se consigue un aislamiento continuo.

Las principales cualidades del producto son las siguientes:

- Baja densidad.
- Resistencia a la erosión del aire.
- Fácil aplicación y adaptabilidad.

Presentan el inconveniente de la *dudosa calidad en la adherencia al elemento estructural*; no obstante, este problema se puede solucionar con la utilización de mallas metálicas.

El yeso es otro material de mucha importancia en recubrimiento, ya que absorbe una gran cantidad de calor que se emplea en evaporar el agua contenida en el mismo; de esta forma, aumenta muy poco su temperatura y proporciona un buen aislamiento térmico.

El yeso tiene gran tendencia a la fisuración y desprendimiento. Este factor se presenta como un inconveniente para su aplicación por proyección de los elementos estructurales.

— *Pantallas y placas.* La utilización de estos elementos permite aislar el acero, obteniendo una mejora de la resistencia al fuego del elemento protegido. Cuando se emplea dicho procedimiento es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los coeficientes de dilatación del elemento protegido y del protector deben ser semejantes, con el fin de evitar deformaciones y grietas.
- El material protector debe ser ligero, de forma que no proporcione sobrecargas a la estructura que se va a proteger.
- El material de recubrimiento debe ser resistente al chorro del agua para evitar fisuraciones cuando, por la acción de los servicios de extinción, se ven sometidos al mismo (Norma UNE 23.806).

Las placas más utilizadas son de cartón-yeso o amianto, escayolas o vermiculita prensada, entre otros materiales.

Durante la puesta en obra debe existir cierto control para obtener su correcta implantación.

El *hormigón* es un material compuesto por cemento, agua, áridos y aditivos. Con la utilización de distintos áridos se obtienen las características siguientes:

- *Áridos silíceos.* En este caso la protección ofrecida, bajo la acción del foco calorífico, salta superficialmente. Esto se soluciona con la utilización de telas metálicas.
- *Áridos calizos.* Se utilizan cuando se quiere conseguir un aspecto decorativo.
- *Áridos ligeros.* Hacen que disminuya la conductividad térmica.

El hormigón aumenta la resistencia al fuego del acero y, a su vez, contribuye a una mejora de la resistencia estructural del elemento.

Las envolturas de pilares metálicos con hormigón constituyen una protección hueca si son en I, y maciza si los perfiles son redondos.

En el caso de vigas metálicas que soportan un forjado determinado de hormigón, se puede efectuar el recubrimiento de las mismas, obteniendo el conjunto viga-forjado. Este método aumenta notablemente los costes al requerir encofrado adicional y un refuerzo en la estructura debido al incremento considerable de peso.

### Criterios de selección

Por medio de los recubrimientos se consigue un aumento de la resistencia al fuego, ya que actúan sobre la estabilidad mecánica del elemento, reforzando su estructura o modificándolo con diseños más adecuados.

Para el correcto diseño de un edificio se cumplirán las exigencias de la normativa de protección contra incendios existente para los elementos estructurales. La estabilidad requerida del elemento se puede obtener mediante los procedimientos citados anteriormente.

El procedimiento específico que hay que seguir en cada caso depende de muchos factores, entre ellos cabe destacar:

- Tipo de elemento que se va a proteger (viga, pilar, forjado, etc.). Los pilares son más importantes en la estabilidad del conjunto estructural que las vigas, ya que son el apoyo del resto de los elementos. Así pues, normalmente la reglamentación es más exigente cuando se trata de resistencia al fuego de pilares.
- Localización del elemento dentro del conjunto estructural.
- Riesgo del entorno en el que se encuentra situado el elemento.

Para la elección de los revestimientos influye su aplicación sobre el perfil, ya que ésta puede ser principalmente de tres formas:

- El material de recubrimiento sigue el perfil (figura 3).
- El revestimiento, utilizando una malla o lámina metálica, deja espacios por los que pueden circular conducciones o cables (figura 4).
- El material protector rellena los huecos del elemento estructural cuando interese aumentar la capacidad portante del mismo (figura 5).



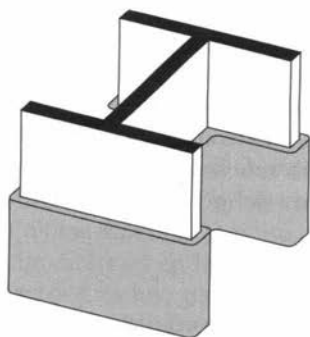


Figura 3.

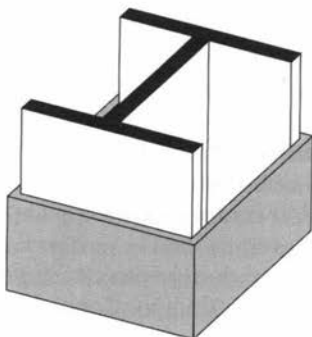


Figura 4.

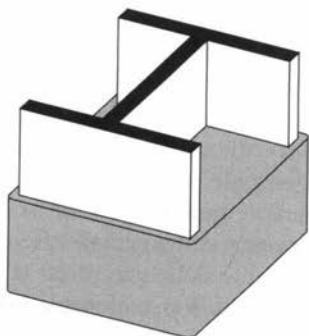


Figura 5.

## COMPARTIMENTACIÓN

La *compartimentación* es un sistema de separación de espacios cuya misión es evitar la propagación de un incendio; se valora mediante la resistencia al fuego de los elementos compartimentadores. En algunas ocasiones se habla de *sectores de incendio* como el espacio físicamente delimitado respecto del resto del edificio y lugar suficientemente seguro en caso de incendio.

*Compartimentación de edificios no industriales*

La Norma Básica de la Edificación. Condiciones de protección contra incendios. NBE-CPI-91 (R. D. 279/1991-1 de marzo, BOE del 8 de marzo) sale a la luz con el objetivo de unificar el marco reglamentario actual, dicho documento deroga la publicada anteriormente (1982) en su totalidad. De la misma forma deroga aquellas disposiciones de igual o menor rango que se opongan a la NBE (Reglamento espectáculos, ordenanzas, etc.).

La Norma Básica excluye el uso industrial, el entorno del edificio (la accesibilidad, maniobra, etc.), las características y mantenimiento de las instalaciones de protección contra incendios y la prevención de incendios, planes de emergencia y evacuación.

Como objeto principal del documento está la *protección de las personas*.

La «Norma Básica de la Edificación. Condiciones de protección contra incendios. NBE-CPI-91» en el capítulo 2: compartimentación, evacuación y señalización, establece las condiciones que debe satisfacer el *diseño general de los edificios* para garantizar el confinamiento y control de un incendio y, por tanto, facilitar la evacuación de los ocupantes. Además, indica en el capítulo siguiente los requisitos de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos.

La superficie construida que puede llegar a tener un sector, abarcando uno o varios niveles o plantas, determina la máxima dimensión y seriedad que puede alcanzar un incendio plenamente desarrollado, sin que se propague a otros sectores y sin que provoque el colapso estructural del edificio. Por ello, dicha superficie guarda relación con la resistencia al fuego que deben tener los elementos constructivos que delimitan el sector y con la estabilidad ante el fuego que debe garantizar la estructura portante que, por estar contenida en él, pueda verse afectada por el incendio. La norma básica establece la superficie máxima en 2.500 m<sup>2</sup> para un sector en coherencia con los valores de resistencia y de estabilidad ante el fuego requeri-

dos y en función de las características habituales de carga de fuego, de disipación y transmisión térmica a través de los elementos delimitadores del sector, así como de la configuración volumétrica del mismo.

Las superficies máximas de los sectores de incendio establecidas por la Norma Básica podrán duplicarse cuando todo el sector esté protegido con una instalación de rociadores automáticos de agua, cuyas características sean las exigidas a dicha instalación en su reglamentación específica.

En relación con esta última variable, la norma básica contempla como habituales aquellas configuraciones en las que la relación entre la superficie delimitadora del sector (suelos, paredes y techos) y su superficie construida contenida tenga un valor entre 2,5 y 3,0. Para un mismo valor de las demás variables, una configuración más favorable del sector (es decir, valores mayores que 3,0) puede permitir que la superficie construida de un sector supere los límites establecidos en el articulado, tras un análisis específico de cada caso particular. Esto también es posible cuando, para una configuración normal, sean las demás variables (carga de fuego, disipación o transmisión térmica) las que presenten valores más favorables que los habituales.

En los edificios y en los establecimientos diáfanos directamente accesibles desde el espacio libre exterior pueden constituir un único sector, cualquiera que sea su superficie construida, siempre que, al menos, el 90 % pertenezca a una misma planta y que no exista sobre dicho sector ninguna zona habitable. Como ejemplos pueden citarse los polideportivos, hipermercados, pabellones para ferias y exposiciones, iglesias, terminales de transportes, etc.

La actividad y el régimen de funcionamiento de un establecimiento contenido en un edificio exigen que se configure como un ámbito de riesgo diferenciado de cualquier otro establecimiento y del resto del edificio, con el fin de evitar posibles daños a terceros y de limitar, en lo posible, la incidencia de un incendio sobre zonas contiguas, cuyo nivel de riesgo puede ser sensiblemente inferior al de aquella en la que se declare el posible siniestro.

Los elementos estructurales pertenecientes al establecimiento deben cumplir, según el uso a que esté destinado, las exigencias correspondientes de estabilidad ante el fuego (EF)) que se establecen en el artículo 14 de la mencionada norma y los elementos constructivos que lo delimitan, las de resistencia al fuego establecidas en los apartados 15.1, 15.2 y 15.5 del documento.

En general, podremos mantener que la sectorización con otros edificios y en el interior del mismo se deberá considerar tal y como se indica a continuación:

### Sectorización con otros edificios

- Medianerías o muros que separan dos edificios adyacentes de diferente propietario: RF 120.
- Fachadas: RF-t/2 en una franja de un metro si el ángulo exterior es mayor de  $135^\circ$  y de dos metros si el ángulo es menor.
- Cubiertas: RF-t/2 en una franja de un metro medido sobre la medianería.

Los huecos deberán situarse a una distancia superior a dos metros y medio de las ventanas de otros edificios.

### Sectorización interior del edificio

Para la separación de cada sector se tendrá en cuenta lo siguiente: que los pasos entre sectores con una puerta serán RF-t/2, considerando la resistencia al fuego del sector de t minutos.

Si el paso entre sectores se encuentra con vestíbulo previo esta puerta será RF-t/4. De la misma forma, si tenemos una comunicación entre sectores con 10 metros de pasillo RF-120 minutos, la puerta será RF-t/4.

Si el paso es un vestíbulo con pasillo de 10 m, esta separación puede ser RF-t/8.

Además, podemos decir que tendrán que formar sector de incendios aquellos establecimientos (parte de un edificio con titular y control administrativo diferenciados) de uso administrativo ( $500 \text{ m}^2/1.000 \text{ m}^2$  con rociadores), docente ( $200 \text{ m}^2/400 \text{ m}^2$  con rociadores) y residencial ( $1.000 \text{ m}^2/2.000 \text{ m}^2$  con rociadores).

Para los edificios de pública concurrencia con una ocupación superior a las 500 personas o 1.000 personas con rociadores automáticos tendrá una sectorización si la superficie útil es mayor de 500 a  $1.000 \text{ m}^2$  para bares, discotecas, salones, etc. De la misma forma para salas de juego, cafeterías y restaurantes con una superficie útil mayor de  $750 \text{ m}^2$  o  $1.500 \text{ m}^2$ .

Para el uso docente de varias plantas, la sectorización corresponderá a  $4.000 \text{ m}^2/8.000 \text{ m}^2$ .

### *Compartimentación de edificios industriales*

La ordenanza de prevención de incendios del Ayuntamiento de Madrid de 1993 incluye el capítulo XI, dedicado exclusivamente al *uso in-*

*dustrial*, donde se indica que toda actividad de uso industrial deberá estar compartimentada respecto de cualquier otro uso constituyendo sector de incendio.

Además, indica que la actividad industrial clasificada como *riesgo alto* para la ordenanza deberá constituir un sector de incendio independiente.

La actividad industrial calificada de *riesgo medio* constituirá el sector de incendio y las de superior a 500 m<sup>2</sup> el sector de incendio independiente.

Frecuentemente los elementos compartimentadores se encuentran atravesados por tuberías, conductos, puertas, pasos de cables, etc., que pueden permitir que el fuego se propague a través de ellos.

Se puede considerar que las tuberías y conductos a través de un elemento constructivo no reducen su resistencia al fuego si se cumple, por ejemplo, alguna de las condiciones siguientes:

- Si la sección del hueco de paso tiene un área menor de 50 cm<sup>2</sup>.
- Si se trata de tuberías de agua con presión, siempre que el hueco de paso esté ajustado a las mismas.
- Si el conducto dispone de un sistema que, en caso de incendio, obtura automáticamente la sección de paso a través del elemento y que garantiza, en dicho punto, un grado de resistencia al fuego igual al de dicho elemento.

A continuación se presentan soluciones constructivas para sellado de las conducciones de cables eléctricos:

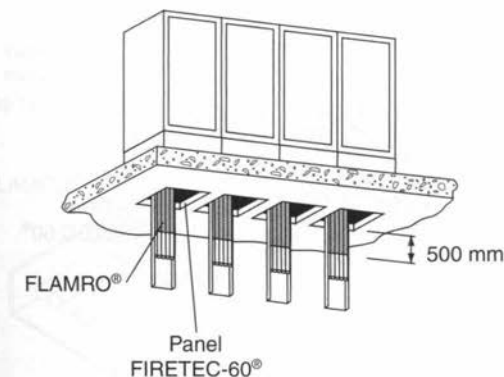


Figura 6. Sellado de penetraciones a cuadros eléctricos.

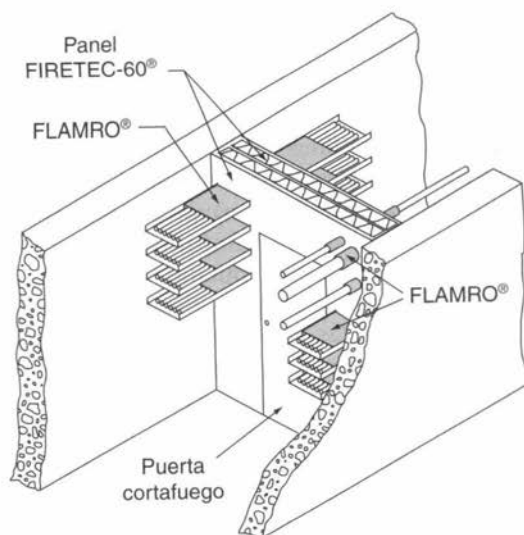


Figura 7. *Compartimentación de una galería de servicios.*

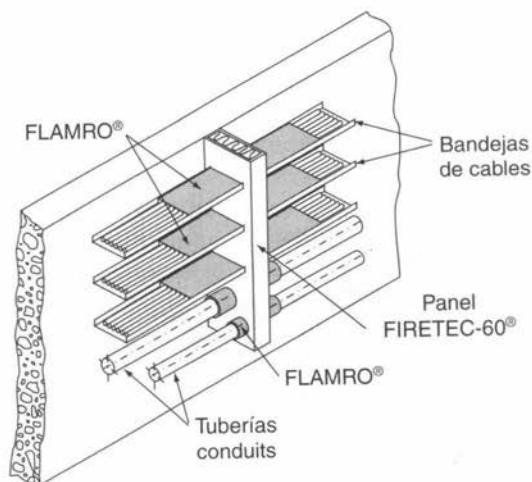


Figura 8. *Cortafuegos en una galería de servicios.*

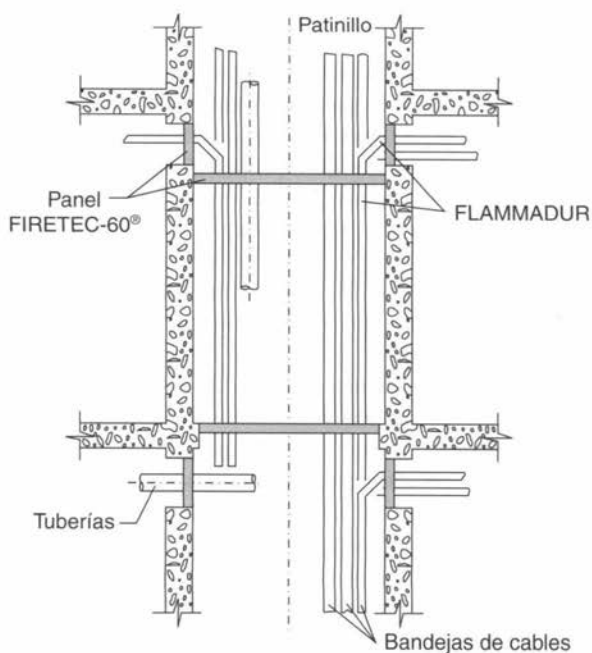


Figura 9. Cortafuegos y sellado de penetraciones en una galería de servicios.

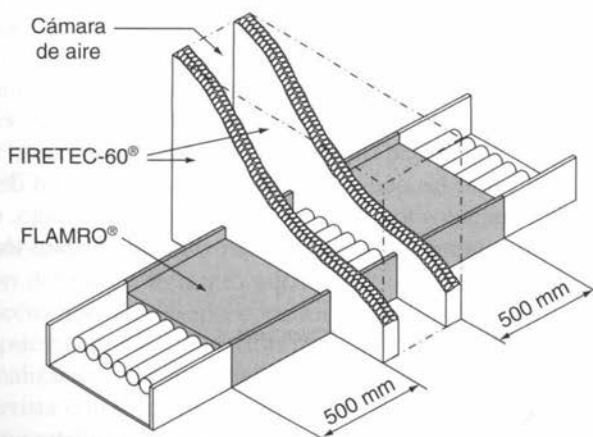


Figura 10. Ejemplo de sellado de una penetración de bandeja de cables.

## EVACUACIÓN: CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

En todo edificio habitable, los medios que deben posibilitar la evacuación de sus ocupantes en caso de emergencia son de la máxima importancia y, por ello, deben recibir una atención prioritaria respecto a cualquier otro aspecto o requerimiento de los que integran la seguridad contra incendios. A estos efectos, debe entenderse por emergencia no sólo la situación creada por un peligro cierto y objetivo —como pueda ser un siniestro: incendio, explosión, fallo estructural, etc.—, sino las situaciones derivadas de un riesgo, de una amenaza y de los procesos subjetivos que en tales circunstancias puedan desencadenarse.

La evacuación de un edificio en caso de emergencia se lleva a cabo utilizando —salvo ciertas restricciones— los medios de acceso y circulación habituales, así como otros medios específicos destinados a situaciones de emergencia, en la medida en que los habituales resulten inadecuados o insuficientes. Por ello, las condiciones de evacuación afectan y condicionan en muy diversa forma al diseño de cada edificio, en función de su configuración general, distribución funcional, grado y tipo de ocupación, actividades para las cuales está diseñado, etc. En muchos casos, el correcto diseño de los medios habituales de acceso y circulación será capaz de garantizar la evacuación bajo situaciones de emergencia, con la eventual introducción de alguna modificación de escasa importancia, pero, en otras ocasiones, éste puede llegar a ser uno de los condicionantes funcionales más importantes y prioritarios, llegando incluso a imposibilitar el diseño de determinados recintos, locales o edificios para ser destinados a ciertos usos o actividades.

Este capítulo tiene por objeto describir y definir las condiciones generales de evacuación en los edificios y locales habitables, quedando, por consiguiente excluidos los destinados a usos industriales, almacenamientos, etc. También se excluyen las condiciones especiales de evacuación, en razón de los ocupantes o de la actividad (hospitales, centros penitenciarios, actividades «críticas», etc.), así como las que específicamente se establecen de forma codificada para determinados locales técnicos o de especial riesgo, como salas de máquinas, almacenamiento de productos peligrosos, locales técnicos, etc.

*Análisis de las condiciones de evacuación*

## Principios generales

Las condiciones de evacuación de todo edificio deben permitir el desplazamiento de todos sus ocupantes hasta un lugar suficientemente se-



guro, en un tiempo adecuado en función del riesgo previsible y con las necesarias garantías de seguridad.

Como lugar suficientemente seguro se debe considerar, en general, el espacio abierto exterior público o privado, capaz de garantizar el libre desplazamiento de las personas y la recepción de ayudas exteriores.

Esto conduce a la necesidad de analizar los siguientes aspectos:

- Capacidad de los espacios abiertos próximos a las salidas del edificio o local, para garantizar la rápida dispersión de los ocupantes y evitar el colapso de la evacuación en el interior del edificio.
- Adecuación de los espacios exteriores y vías de circulación para garantizar un grado suficiente de aproximación y maniobra de los medios y vehículos de socorro e intervención.

La necesidad de que la evacuación pueda tener lugar en un tiempo adecuado conduce a analizar aquellos factores que puedan posibilitar tal requisito, es decir:

- Número y disposición de los medios de evacuación.
- Longitud de los recorridos.
- Dimensionamiento de los medios de evacuación, de forma que éstos tengan la anchura adecuada para garantizar el flujo necesario en el desplazamiento de las personas o bien superficie suficiente para albergar a los ocupantes en condiciones de riesgo reducido cuando se trate de un medio de evacuación protegido.

La necesidad de que la evacuación se realice en condiciones de seguridad para los ocupantes exige tener en cuenta una serie de requisitos, principalmente:

- Protección de determinados medios de evacuación frente a la acción del fuego, el humo y los gases.
- Adecuación del diseño constructivo y funcional a las necesidades impuestas por la utilización bajo situaciones de emergencia.
- Señalización que permita identificar tanto la situación de las salidas prevista como los recorridos hasta ellas.
- Iluminación suficiente, incluso en caso de fallo de abastecimiento de energía eléctrica.

## El diseño de los medios de evacuación y los planes de emergencia

A la hora de diseñar los medios de evacuación no cabe suponer que los ocupantes proceden a desalojar el edificio desde el momento en que se origina la situación de emergencia, ya que, desde el inicio del siniestro hasta el comienzo de la evacuación propiamente dicha, transcurren, en términos reales, las siguientes etapas:

- Percepción o detección del siniestro.
- Toma de conciencia de dicha percepción o detección.
- Toma de conciencia del riesgo implicado.
- Evaluación del riesgo y de la posible respuesta: intento de control del siniestro o evacuación.
- Preparación para la evacuación.

La duración de cada una de las etapas anteriores puede ser muy variable, en función del lugar donde se inicie el siniestro, del tipo del ocupante y de actividad, de los medios de detección y alarma existentes en el edificio y, muy especialmente, de la eventual implantación de planes de seguridad que contemplen la formación y entrenamiento de los ocupantes, la definición de hipótesis básicas de riesgo, la difusión de esquemas operativos de actuación en situaciones de emergencia, etc.

En muchos casos, el tiempo empleado en los procesos previos antes citados puede ser, en su conjunto, superior al previsto para la evacuación propiamente dicha. Este hecho acorta sustancialmente los tiempos disponibles para desalojar cada zona o el conjunto del edificio, con la consiguiente penalización sobre los medios de evacuación: mayores anchuras necesarias, menores recorridos admisibles, etc.

Por otra parte, la hipótesis de evacuación total y simultánea en edificios o locales de alta ocupación tiene como consecuencia la necesidad de ampliar la superficie útil destinada a pasillos y escaleras. También en este aspecto la existencia de planes de seguridad que establezcan pautas y estrategias de evacuación parcial, secuencial o selectiva, permitirían diseñar los medios de evacuación desde dichas hipótesis, disminuyendo con ello las penalizaciones antes citadas.

A la vista de lo anterior, resultan evidentes las ventajas de poder contar, en la fase de diseño de las vías de evacuación (es decir, en la etapa de proyecto), con garantías de que determinadas hipótesis de evacuación van a encontrar un soporte adecuado en la gestión de los riesgos y de la seguridad durante la vida útil del edificio.

La falta de definición reglamentaria de los planes de seguridad, así como la ausencia de control de su puesta en práctica, impiden que la normativa que regula el diseño de edificios y locales contemple, por el momento, alternativas de evacuación dependientes de un determinado «plan de evacuación».

No obstante, dicha posibilidad no sólo no queda excluida en la actualidad, sino que, de cara a la futura regulación de dichos planes, supondrá la posibilidad de reglamentar criterios de cálculo y de diseño específicos para varias hipótesis básicas, fundamentalmente vinculadas con la evacuación de plantas y, por tanto, con el dimensionamiento de escaleras.

### Recorridos de evacuación

Para desalojar un edificio o establecimiento, los ocupantes del mismo deben efectuar un recorrido desde donde se encuentren hasta un lugar considerado como suficientemente seguro. En general, dicho recorrido debe transcurrir por una serie de espacios o ámbitos sucesivos (ver figura 11). Por tanto, resulta imprescindible realizar un análisis de las condiciones de evacuación en cada uno de los ámbitos, conforme al siguiente orden:

#### 1) Zona:

En un recinto o espacio, con frecuencia, existen zonas diferenciadas mediante elementos constructivos que condicionan la circulación de las personas hacia otras partes del recinto y, sobre todo, hacia las salidas de éste. Tal es el caso de entreplantas, niveles o plantas intercomunicadas, etc.

Son salidas de una zona los elementos que la conectan con el resto del recinto (puntos fijos de paso, estrechamiento, escaleras o rampas) o bien una salida directa al espacio suficientemente seguro (salida final).

#### 2) Recinto:

Un recinto es un espacio físicamente delimitado respecto del resto del edificio.

Por tanto, la salida de un recinto sólo puede estar constituida por una puerta que conduzca, directamente o previa circulación por otros recintos, a los espacios de circulación en la planta (pasillos) o a la superficie abierta de la planta, cuando ésta sea poco compartimentada. También puede ser una salida final directa al espacio suficientemente seguro, como ocurre, por ejemplo, en la mayor parte de los establecimientos comerciales.

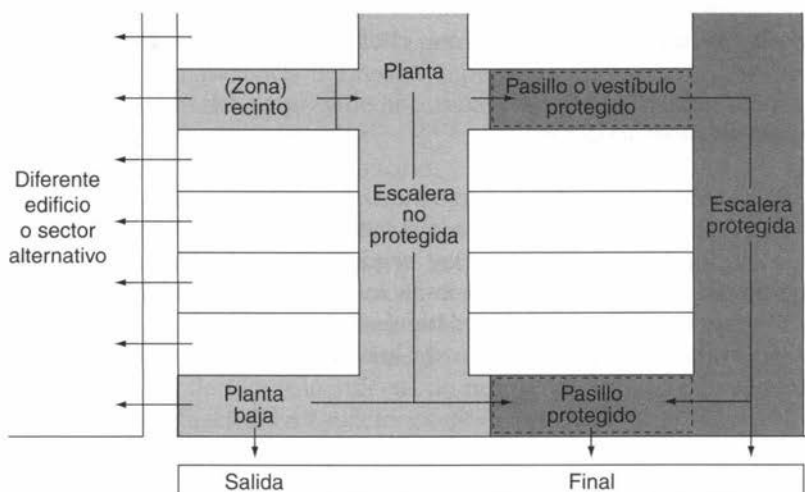


Figura 11.

### 3) Planta de piso:

Los recorridos de evacuación de una planta deben conducir hasta una salida de la misma, es decir, hasta una puerta de acceso al recinto de una escalera que conduzca a la planta de salida o bien hasta el arranque de la misma cuando ésta no constituya recinto. Esta posibilidad (escalera abierta) queda condicionada a los requisitos de compartimentación de escaleras, establecidos para evitar la propagación de un posible incendio.

La salida de planta también puede consistir en una salida final directa al espacio suficientemente seguro.

#### 4) Escalera:

Las escaleras son, en la mayoría de los edificios, los elementos clave de la seguridad contra incendios, al ser, simultáneamente, los elementos imprescindibles para que los ocupantes desciendan hasta la planta de salida y los medios más eficaces de propagación del fuego, humo y gases en sentido ascendente, cuando ofrecen un camino abierto para ello. Por tanto, cuando una escalera no forme caja cerrada no podrá considerarse que sea salida del ámbito de riesgo de una planta, salvo cuando se trate de edificios de poca altura y el hueco de la escalera sea de dimensiones ajustadas a la misma.

Las escaleras pueden desembocar en pasillos de circulación en la planta de salida, en superficies diáfanas de la misma o directamente en el espacio suficientemente seguro.

#### 5) Planta de salida:

En dicha planta se acumula la evacuación de sus ocupantes y la de los que acceden a ella desde plantas superiores o inferiores. Las salidas de esta planta son, simultáneamente, salidas finales del edificio o establecimiento en cuestión.

En cada uno de los ámbitos señalados deben analizarse y aplicarse los criterios indicados más adelante, relativos al número y disposición de salidas, distancias de recorrido, dimensionamiento, etc.

#### Evacuación y sectorización de edificios

Un edificio puede sectorizarse en razón de su excesiva dimensión, con el fin de evitar que un incendio alcance un grado de desarrollo que impida su control y extinción. En tal caso, la sectorización se establece mediante medidas constructivas que permitan suponer que las partes separadas son independientes a efectos del riesgo de incendio.

En consecuencia, puede admitirse que el paso a otro sector de una misma planta supone acceder a un espacio suficientemente seguro, es decir, constituye una salida final. Para ello, deberá verificarse que:

- La independencia de riesgo entre ambos sectores quede garantizada no sólo en el ámbito de la planta considerada, sino en el conjunto del edificio.

- La evacuación del sector colindante conduzca a zonas del mismo capaces de albergar a su propia ocupación, más la del sector que se va a evacuar, a razón de 0,3 m<sup>2</sup>/persona.

En determinadas ocasiones, puede resultar conveniente sectorizar un edificio, aunque éste no supere los límites permitidos por la reglamentación en cuanto a superficie o volumen construido en un mismo sector, con el fin exclusivo de solventar la evacuación de plantas mediante paso al sector alternativo. A este respecto, se indica que el límite para un sector suele establecerse en torno a los 2.500 m<sup>2</sup> construidos.

Esta solución puede suponer una reducción del número de salidas de planta (escaleras), pero debe atenerse a algunos condicionantes, como son:

- a) Estar prevista para la evacuación del 50 % de la ocupación de una planta o recinto, como máximo.
- b) Realizar el paso al sector alternativo, a un nivel sensiblemente similar al del sector analizado.
- c) Para ocupaciones elevadas, realizar el paso por un recinto interpuesto que dificulte la invasión del sector alternativo por el humo, dotándole de sistema de extracción de humos e incluso de sobrepresión.

### *Parámetros básicos relacionados con la evacuación*

#### Parámetros relativos a la ocupación

Para dimensionar los distintos medios de evacuación, resulta imprescindible evaluar previamente el número de ocupantes previstos en cada zona, recinto, planta, etc. Dicha evaluación debe realizarse considerando la hipótesis de la máxima ocupación posible en cada zona, siempre que sea compatible con el desarrollo de la actividad prevista e incluso con alguna otra actividad probable u ocasional que pueda suponer mayor ocupación.

En ningún caso deben considerarse hipótesis de ocupaciones nominales inferiores a las máximas posibles («aforos oficialmente declarados») bajo la dudosa expectativa de que dichos «aforos nominales» sean controlados por los responsables de la actividad o de su inspección. Tampoco deben emplearse hipótesis que justifiquen ocupaciones inferiores, gracias a un determinado acondicionamiento interior, amueblamiento, etc.

En cambio, pueden aplicarse criterios de ocupación alternativa de recintos o zonas cuando resulte evidente que su uso nunca tendrá lugar de manera simultánea.

Asimismo, pueden suponerse sin ocupación las zonas o recintos accesibles únicamente a efectos de mantenimiento, reparación o control (como las salas de máquinas, locales técnicos, terrazas no visitables, etc.), o cuyo destino sólo precise la presencia ocasional y restringida de personas, como aseos, cuartos de útiles de mantenimiento o limpieza, archivo muerto, etc.

En la tabla 2 se indican los valores del factor de ocupación (S, en m<sup>2</sup> construidos/personas) o de su inverso, densidad de ocupación (D, en personas/m<sup>2</sup> construidos), aplicables a cada zona, en función del uso previsto de la misma.

**Tabla 2**  
**PARÁMETROS DE OCUPACIÓN APLICABLE**  
**A CADA ZONA SEGÚN SU USO**

Uso de la zona	S m <sup>2</sup> /persona	D persona/m <sup>2</sup>
1. Residencial — Viviendas, hoteles, residencias colectivas, colegios mayores, albergues	20	0,05
2. Administrativo u oficinas — Zonas no accesibles al público — Vestíbulos, parques de operaciones, salas de espera y demás zonas accesibles al público	10 1	0,01 1
3. Comercial — Plantas con acceso directo desde el espacio exterior, así como las inmediatamente por encima o por debajo de ellas — Plantas restantes — Zonas de almacén — Zonas comunes en centros comerciales	2 5 30 5	0,5 0,2 0,033 0,2
4. Docente — Aulas de superficie inferior a 100 m <sup>2</sup> — Aulas de superficie superior a 100 m <sup>2</sup> — Seminarios, laboratorios, talleres, etc.	2 1 5	0,5 1 0,2

Tabla 2 (continuación)

Uso de la zona	S m <sup>2</sup> /persona	D persona/m <sup>2</sup>
5. Sanitario		
— Áreas de hospitalización	8	0,125
— Zonas de tratamiento, recuperación, etc.	5	0,2
— Zona de consultas, sala de espera	2	0,5
6. Pública concurrencia		
— Superficies libres accesibles al público, plantas bajas de edificios de pública concurrencia, vestíbulos generales, salones de uso múltiple, etc.	1	1
— Salas de cine, teatro, congresos, auditorios, etc., con asientos fijos definidos en el proyecto	1 persona / asiento	
— Escenarios para representaciones artísticas	0,75	1,33
— Salas de baile, discotecas	0,5	2
— Salas de juego, casinos, bingos, cabarets, etc.	1,25	0,8
— Salones recreativos	1	1
— Bares, cafeterías, zona de:		
• Público de pie	0,4	2,5
• Público sentado	1	1
— Restaurantes	1,25	0,8
— Bibliotecas, centros de documentación:		
• Zonas de lectura	2	0,5
• Zonas de depósito	10	0,1
— Museos, exposiciones, galerías de arte, recintos feriales, etc.	1,5	0,66
— Estaciones y aeropuertos:		
• Vestíbulos generales y zonas de tránsito	2	0,5
• Zona de espera, salas de embarque, control, etc.	1	1
— Recintos deportivos:		
• Espectadores de pie	0,25	4
• Espectadores sentados	0,4	2,5
— Recintos destinados a culto religioso	0,5	0,2
— Aparcamiento de vehículos:		
• Privados	25	0,04
• Públicos	15	0,07



## Parámetros relativos al desplazamiento de personas

Para dimensionar los medios de evacuación, normalmente, basta con manejar un parámetro característico, el flujo unitario (F), que indica el número de personas que pasa en la unidad de tiempo por cada metro de ancho (pers./m s) de un determinado medio de evacuación: puerta o paso, pasillo, escalera o rampa.

Hasta hace pocos años, tanto el flujo unitario como la anchura requerida para un medio de evacuación se referían a una unidad modular o unidad de paso (1 UDP = 60 cm), en la creencia de que el caudal de personas se ajustaba a «canales» definidos por la anchura de hombros de un individuo y de que, en consecuencia, la anchura de un medio de evacuación debería coincidir con un número completo de UDP.

Investigaciones y experiencias posteriores fueron demostrando que un caudal de personas es más adaptable de lo que se suponía, comprobándose que dicho caudal no es una función escalonada o discreta de la anchura disponible, sino lineal. Por ello, y aunque muchos reglamentos manejan todavía la UDP o media UDP como postura más flexible, pueden adoptarse, con pleno fundamento, valores de flujo unitario y anchuras resultantes no modulares.

El flujo unitario depende del tipo de desplazamiento de que se trate y, en cada uno de ellos, de las condiciones de velocidad (v) y densidad (d) con que se realice, las cuales son, a su vez, interdependientes entre sí.

Experimentalmente se ha comprobado que pueden diferenciarse tres tipos de desplazamiento:

### 1) Desplazamiento a lo largo de pasillos o rampas:

En este tipo de desplazamiento se ha obtenido (Togawa) que la relación entre la velocidad ( $v_H$ ) con que puede desplazarse un grupo de personas de densidad d viene dada por la expresión:

$$v_H = v_o d^{0,8}$$

donde  $v_o$  es una velocidad-tipo de libre desplazamiento a 1,3 m/s.

Como  $F = vd$ , resulta:

$$F_H = v_H d = v_o d^{0,2}$$

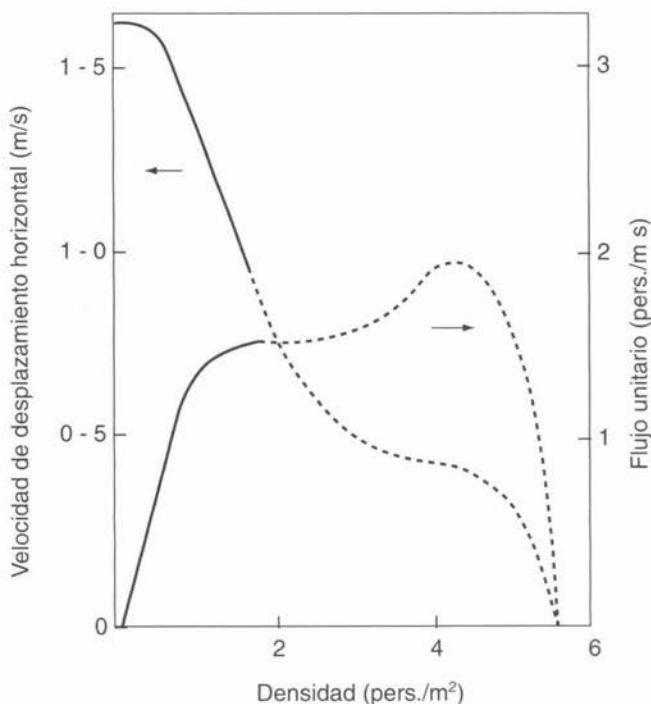


Figura 12.

La figura 12 refleja la función anterior y revela claramente que el aumento de densidad por encima de 1 pers./m<sup>2</sup> implica una sensible pérdida de velocidad, pero consigue mantener valores bastante estables de flujo unitario (1,3-1,5 pers./m s). Para densidades algo superiores (4-4,5), todavía puede mejorarse algo el flujo pero en condiciones próximas al comienzo del colapso progresivo y bloqueo final de la evacuación, situación que sobreviene de forma rápida a partir de 4,5 pers./m<sup>2</sup>.

Se ha comprobado que los cambios de dirección o los ángulos en los pasillos no influyen de manera significativa. En cambio, la inclinación (caso de rampas) afecta de forma perceptible, ya que cada grado de inclinación ascendente reduce el flujo unitario aproximadamente en un 2 % y cada grado de inclinación descendente, hasta 7°, lo incrementa en un 2 %, reduciéndose a partir de dicha inclinación.

En definitiva, se consideran adecuados los siguientes valores:

$$F_H \text{ tipo} = 1,3 \text{ pers./m s (con } v = 0,65 \text{ m/s y } d = 2 \text{ pers./m}^2\text{)}$$

$$F_H \text{ óptimo} = 1,5 \text{ pers./m s (con } v = 0,75 \text{ m/s y } d = 2 \text{ pers./m}^2\text{)}$$

Los valores más ventajosos de  $F_H$  pueden adoptarse cuando concurren circunstancias favorables, tales como el grado de entrenamiento, organización y familiaridad de los ocupantes con los supuestos de emergencia y con el propio edificio, la ausencia de personas de edad avanzada, de niños, de grupos familiares o con otro tipo de vinculación, etc.

## 2) Desplazamiento en escaleras:

Se da una relación similar a la anterior entre velocidad, densidad y flujo (figura 13) si bien se observan valores inferiores de la velocidad de desplazamiento ( $v$ ) y de flujo unitario ( $F$ ) para una densidad dada. En general, puede adoptarse en recorridos descendentes:

$$F_D \text{ tipo} = 1,2 \text{ pers./m s (con } v = 0,55 \text{ m/s y } d = 2 \text{ pers./m}^2\text{)}$$

$$F_D \text{ óptimo} = 1,3 \text{ pers./m s (con } v = 0,65 \text{ m/s y } d = 2 \text{ pers./m}^2\text{)}$$

En recorridos ascendentes los valores se reducen ligeramente:

$$F_A \text{ tipo} = 1,0 \text{ pers./m s}$$

$$F_A \text{ óptimo} = 1,2 \text{ pers./m s}$$

Los valores más ventajosos de  $F_D$  o  $F_A$  pueden adoptarse bajo circunstancias favorables como las mencionadas anteriormente, así como en escaleras cuyos peldaños, situación y altura de pasamanos, etc., resulten especialmente favorables para el desplazamiento.

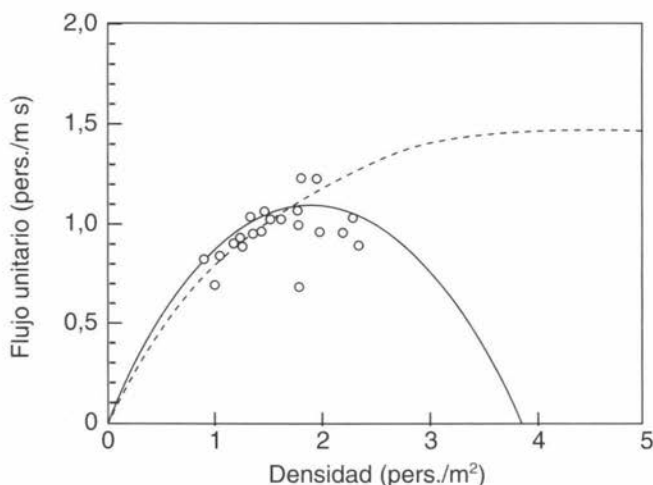


Figura 13.

### 3) Desplazamiento a través de huecos, puertas, estrechamientos, etc.:

Un caudal de personas no reduce significativamente la velocidad ni el flujo en su desplazamiento canalizado al pasar por obstáculos puntuales que no reduzcan la anchura del pasillo en más de un 25 %. En cambio, la libre convergencia de personas no canalizadas hacia una puerta, hueco o paso, hace que tiendan a conformar una serie de arcos en torno al mismo, con una sustancial reducción de flujo y velocidad respecto a los que se obtendrían, a igualdad de anchura, en un desplazamiento conducido. Dicha reducción es mayor cuanto más estrecho es el paso:

- Para pasos de anchura  $A < 1,00$  m       $F = 0,8$  pers./m s
- Para pasos de anchura  $1,0 < A < 1,40$  m       $F = 1,0$  pers./m s
- Para pasos de anchura  $1,40 < A < 1,80$  m       $F = 1,2$  pers./m s
- Para pasos de anchura  $A > 1,80$  m       $F =$  Flujo tipo  
 $F_H = 1,3$  pers./m s

Como resumen, pueden adoptarse los valores que se indican en la tabla 3 para cada tipo de desplazamiento.

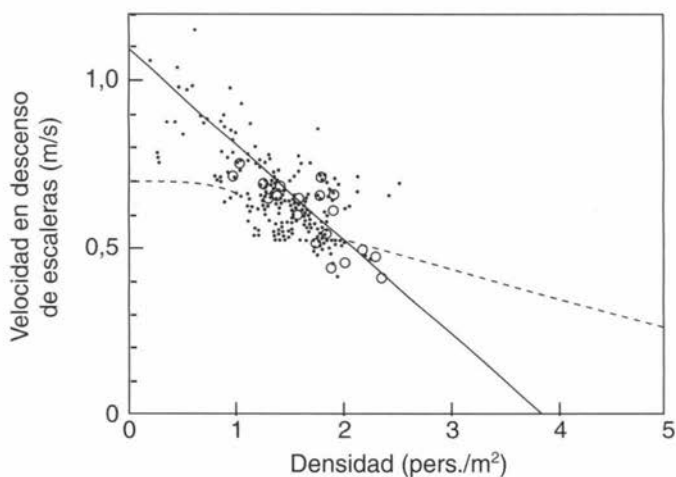


Figura 14.

**Tabla 3**  
**VALORES TIPO DE FLUJO UNITARIO Y VELOCIDAD**  
**APLICABLES A CADA DESPLAZAMIENTO**

Desplazamiento	Flujo unitario		Velocidad m/s
	pers./m s	pers./m min.	
— En pasillos y rampas	1,3	80	0,65
— En escaleras			
• Descendente	1,1	65	0,55
• Ascendente	1,0	60	0,5
— En puertas, huecos y pasos			
A < 1,00 m	0,8	50	
1,00 m < A < 1,40 m	1,0	60	
1,40 m < A < 1,80 m	1,2	70	
1,80 m < A	1,3	80	

### Diseño de los medios de evacuación

#### Ámbitos con salida única

En general, los ocupantes de un determinado ámbito (zona, recinto, planta de piso o planta de salida del edificio) deben disponer de más de una salida del mismo, ante la eventualidad de que una única salida, o bien el recorrido hasta ella, puedan quedar inutilizados en caso de incendio.

No obstante, en ámbitos que no tengan asociado un grado especial de riesgo, cuya ocupación no sea excesiva y cuya salida esté muy cercana a todo punto de ocupación, puede admitirse que ésta sea única, ya que los ocupantes pueden alcanzarla antes de su posible inutilización o bloqueo.

Por ello, se admite la existencia de una única salida de zona, recinto o planta siempre que en dicho ámbito se cumplan las condiciones siguientes (figura 15):

- No existen riesgos especiales debidos a la actividad o al contenido.
- La ocupación prevista no es superior a 100 personas.
- El recorrido desde cualquier punto de ocupación del ámbito analizado hasta la salida del mismo no es superior a 25 m.
- Cuando el ámbito analizado sea el conjunto de una planta, ésta no deben estar situada a más de 28 m por encima del nivel de salida final.

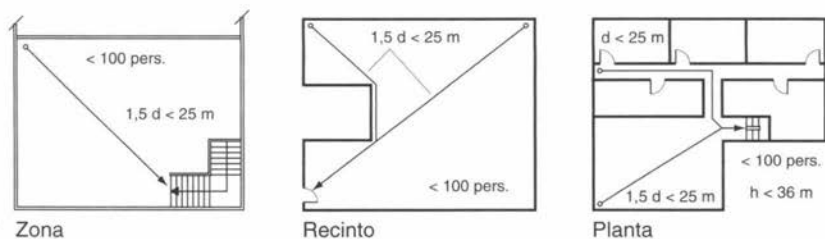


Figura 15.

Para aplicar los criterios anteriores, especialmente en el análisis de las salidas de planta, debe considerarse que:

- Los recorridos de evacuación interiores a viviendas, habitaciones de alojamiento en hoteles, residencias o establecimientos asistenciales, despachos o recintos de dimensión interna no superior

a 10 m, únicamente deben ser evaluados desde la puerta de salida de los mismos.

- Dado que los recorridos hasta la salida de un ámbito son más seguros cuando transcurren a lo largo de pasillos que por espacios diáfanos, al estar los primeros separados espacialmente de los espacios adyacentes, estos últimos deben penalizarse frente a los primeros, incrementando su longitud real en un 50 %.

Como procedimiento práctico, los recorridos en escaleras pueden evaluarse, con suficiente aproximación, como el doble de la altura salvada.

### Ámbitos con varias salidas

Cuando no se verifique alguno de los criterios indicados, el ámbito en cuestión debe disponer de varias salidas. El número y situación de las mismas deben ser tales que se satisfagan las siguientes condiciones (figura 16):

a) Desde todo punto de ocupación se puede acceder a alguna salida con un recorrido que no supere los 45 m, teniendo en cuenta los anteriores criterios relativos a la medición de los recorridos.

b) Los tramos de recorrido por pasillo con sentido único de evacuación —tramos en fondos de saco— no deben superar los 15 m.

c) Los tramos de recorrido por espacios diáfanos, hasta un punto desde el cual se pueda acceder a salidas diferentes mediante recorridos que formen entre sí un ángulo igual o superior a  $45^\circ$ , no deben superar los 5 m.

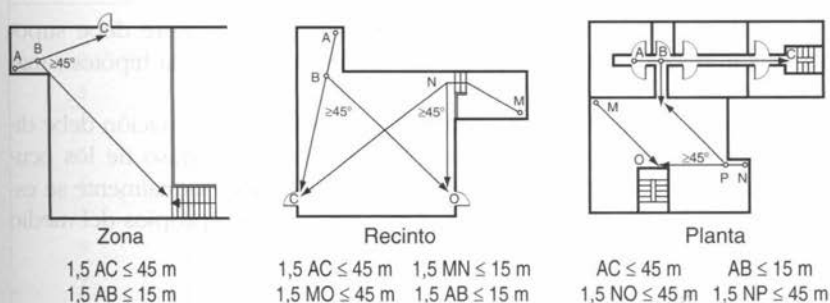


Figura 16.

Los criterios anteriores hacen que el número de salidas de un ámbito determinado dependa no sólo de la longitud de los recorridos y, por tanto, de las dimensiones internas, sino también de la configuración perimetral de dicho ámbito.

En consecuencia, las zonas, recintos y plantas formalmente menos compactas pueden precisar más salidas que las más compactadas, para un mismo orden de dimensión interna. Por la misma razón un ámbito menor —por ejemplo, un recinto— puede precisar mayor número de salidas que el ámbito que contiene a aquél, por ejemplo, la planta en que se encuentra.

### Capacidad de los medios de evacuación

El dimensionamiento de los medios de evacuación se fundamenta, en general, en los siguientes criterios:

1. Cuando un ámbito dispone de varias salidas, la asignación de sus ocupantes a cada una de ellas puede realizarse:

- Mediante zonificación, atribuyendo a cada salida los ocupantes más próximos a ella que a cualquier otra. Este procedimiento es adecuado para ámbitos no compartimentados, con recorridos internos no canalizados por pasillos, o bien donde dicho procedimiento de asignación pueda fundamentarse en su divulgación mediante un plan de seguridad eficaz.
- Mediante reparto global y uniforme, en los demás casos.

2. En cualquiera de las alternativas anteriores siempre debe suponerse la inutilización de una de las salidas existentes bajo la hipótesis más desfavorable.

3. Salvo las escaleras protegidas, cada medio de evacuación debe dimensionarse de forma que en cada punto permita el paso de los ocupantes a los que deba servir en un tiempo límite, que normalmente se establece en 2,5 minutos y aplicando los flujos unitarios propios del medio de evacuación de que se trate.

De ello resultan las capacidades de evacuación que se indican en la tabla 4:



**Tabla 4**  
**NÚMERO DE PERSONAS A LAS QUE PUEDE SERVIR UN MEDIO DE EVACUACIÓN QUE NO CONSTITUYE RECINTO PROTEGIDO, EN FUNCIÓN DE SU ANCHURA**

Medio de evacuación	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
Pasillo o rampa	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
Puerta, paso o hueco	67	150	165	180	195	210	260	280	295	315	380	400
Escalera descendente	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320
Escalera ascendente	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300
	Número de personas											

4. Las escaleras protegidas, por su propia naturaleza, se pueden dimensionar siguiendo el criterio de que, en el tiempo límite antes indicado, aporten suficiente capacidad de albergue bajo condiciones de riesgo reducido a los ocupantes a los que deba servir en el conjunto de las plantas, a razón de 0,3 m<sup>2</sup>/persona, y pudiendo considerar las personas que, en dicho tiempo, desalojan la escalera por su extremo inferior en la planta de salida del edificio.

El criterio anterior se traduce en la tabla 5:

**Tabla 5**  
**NÚMERO DE PERSONAS A LAS QUE PUEDE SERVIR, EN EL CONJUNTO DE LAS PLANTAS, UNA ESCALERA PROTEGIDA DE ANCHURA UNIFORME**

Número de plantas	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
1	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320
2	192	212	233	255	276	298	320	343	365	388	412
3	224	252	274	302	328	356	384	414	442	472	504
4	256	288	315	349	380	414	448	485	519	556	596
5	288	324	356	396	432	472	512	556	596	640	688
6	320	360	397	443	484	530	576	627	673	724	780
7	352	396	438	490	536	588	640	698	750	808	872
8	384	432	479	537	588	646	704	769	827	892	964
9	416	468	520	584	640	704	768	840	904	976	1.056
Cada planta adicional	+ 32	+ 36	+ 41	+ 47	+ 52	+ 58	+ 64	+ 71	+ 77	+ 84	+ 92
	Número de personas										

## Cálculo del tiempo de evacuación en escaleras

Aunque las escaleras protegidas pueden suponerse recintos seguros, dicha seguridad no puede garantizarse de forma indefinida. Además, la permanencia de los ocupantes en su interior, en condiciones de proximidad a zonas siniestradas, de elevada densidad y, posiblemente, de fuerte presión psicológica, no debe prolongarse durante demasiado tiempo.

Por ello, en edificios de gran altura o gran ocupación, puede ser preciso comprobar si con el número estrictamente necesario de escaleras protegidas como salidas de planta se obtienen tiempos excesivos de evacuación.

Para evaluar dicho tiempo, deben distinguirse dos casos:

a) La evacuación en escaleras se realiza sin retenciones. Esto tiene lugar cuando toda la ocupación de una planta,  $P$ , puede incorporarse a la escalera antes de que los ocupantes de la planta superior desciendan hasta la considerada. Esto ocurre cuando:

$$\frac{P}{FDA} = \frac{P}{1,3A} < 16 \text{ s (tiempo tipo para descenso de una planta)}$$

siendo  $A$  la anchura uniforme de la escalera en metros. En este caso el tiempo de evacuación viene dado por:

$$t(s) = \frac{P}{1,3A} + 16n$$

siendo  $n$  el número de plantas del edificio.

b) Evacuación con retenciones, es decir cuando:

$$\frac{P}{1,3A} > 16 \text{ s}$$

en cuyo caso el tiempo de evacuación viene dado por:

$$t(s) = \frac{nP}{1,3A} + 16$$

La aplicación de las anteriores expresiones puede realizarse mediante su representación gráfica contenida en la figura 16.

Para juzgar la adecuación de los tiempos resultantes, pueden adoptarse los siguientes criterios:

- En edificios con ocupantes habituales y sometidos a una cierta disciplina o a posible entrenamiento (oficinas, centros de trabajo, etc.) y no destinados a alojamiento, el tiempo no debe superar los 10 minutos.
- En edificios con ocupación de las características anteriores, pero que contengan alojamiento (vivienda, residencias, etc.) el tiempo no debe superar los 8 minutos.
- En los casos restantes, el tiempo no debe superar los 5 minutos.

Cuando los tiempos resulten excesivos puede optarse por alguna de las siguientes alternativas:

- a) Disponer de más escaleras de las estrictamente necesarias por distancias y disposición.
- b) Sobredimensionar las escaleras estrictamente necesarias.
- c) Sectorizar las plantas, resolviendo la evacuación de parte de sus ocupantes mediante paso a un sector alternativo.

Para evaluar los tiempos totales previsibles de evacuación de un edificio, debe incrementarse el valor de tiempo obtenido, con el necesario para los desplazamientos horizontales de planta de piso y de salida final, así como todos los retardos atribuibles al inicio de la evacuación, conforme a lo indicado anteriormente y en función del tipo de ocupantes y actividad propios del edificio.

Condiciones particulares de evacuación en salas de cine, teatro, auditorios, conferencias, etc.

Las salas destinadas a teatro, cine, auditorio, congresos y conferencias y, en general, aquellas que contengan asientos fijos dispuestos en filas deben cumplir una serie de requisitos singulares de evacuación como excepción a los citados anteriormente. Los principales son los siguientes:

1. Salvo en los casos indicados anteriormente las filas no pueden tener más de 15 asientos cuando dispongan de pasillo longitudinal a la sala en ambos extremos de la fila, ni de más de 8 cuando dispongan de pasillo únicamente a un lado.

Las filas deben dejar entre ellas un paso libre de, al menos, 35 cm, medido en proyección horizontal; se pueden considerar en posición vertical los asientos cuando todos sean de elevación automática y se consideren los tableros auxiliares que pudieran existir en posición de uso.

2. Las filas pueden contar con un máximo de 100 asientos cuando se cumplan los siguientes requisitos:

a) Se disponen puertas de salida de la sala de al menos 1,80 m de anchura, uniformemente repartidas en los extremos de las filas, a razón de una puerta por cada 5 filas, así como pasillos longitudinales de al menos 1,10 m de anchura, uniendo dichas salidas.

b) El paso libre entre filas, medido conforme a los criterios indicados en el apartado anterior, es al menos de:

- 45 cm, para filas de un máximo de 35 asientos.
- 50 cm, para filas de un máximo de 50 asientos.
- 55 cm, para filas de un máximo de 100 asientos.

3. Los pasillos longitudinales deben tener, como mínimo, una anchura de 0,75 m cuando sirvan a menos de 60 asientos, de 0,90 m cuando sirvan a asientos a un solo lado y de 1,10 m en los demás casos, incrementándose dicha anchura en 25 cm por cada metro de recorrido hacia la salida a la que conduzcan. Los pasillos con doble sentido de evacuación deben tener anchura uniforme. Los pasillos con sentido único no deben superar los 6 m de longitud.

4. Excepto en el caso indicado en el análisis de las condiciones de evacuación deben existir pasillos transversales cada 14 filas como máximo, cuya anchura debe ser al menos igual a la del pasillo longitudinal más ancho al que sirvan, incrementada en el 50 % de la anchura de los pasillos restantes.

5. El recorrido por pasillos hasta alguna salida de la sala no debe exceder de 45 m.

6. Las puertas de salida de salas con ocupación superior a 100 personas no deben tener mecanismo de cierre, salvo cuando éste sea del tipo antipánico.

No obstante, en salas que no superen las 500 personas de ocupación, la salida principal directa al espacio exterior puede tener un sistema de cierre por pomo o manillón de fácil manejo por cualquier persona, incluso bajo situaciones de escasa iluminación.

La pendiente de los pasillos longitudinales no debe ser superior al 12 %, y en éstos no deben existir peldaños. Para pendientes superiores deben utilizarse peldaños de acabado antideslizante, cuya huella sea de al menos 25 cm, y cuya tabica esté comprendida entre 10 y 20 cm. Cada peldaño debe contar con dos pilotos que permitan, en caso de oscurecimiento de la sala, su visibilidad circulando en ambas direcciones.

Los pasillos transversales no pueden tener pendiente alguna ni peldaños.

7. Salvo en el caso indicado anteriormente, las salidas de la sala se deben situar enfrentadas a todo pasillo longitudinal o transversal y su anchura debe ser al menos igual a la de éstos.

8. Los anfiteatros, palcos, etc., deben contar con protecciones en su extremo abierto, cuya altura debe ser al menos de 0,75 m delante de asientos o de 0,90 m frente a pasillos o escaleras, o bien lateralmente a los mismos.

#### EVACUACIÓN: REQUISITOS CONSTRUCTIVOS Y SEÑALIZACIÓN

El diseño general de los medios de evacuación de un edificio pretende garantizar que dicha evacuación pueda realizarse, en caso de emergencia, en un tiempo suficientemente corto. Para ello, es preciso que los medios de evacuación (puertas, pasillos, escaleras, rampas, etc.) puedan ser utilizados eficazmente por los ocupantes, bajo condiciones especiales de urgencia, densidad, simultaneidad, etc.

Asimismo, es necesario garantizar que los recorridos hasta las salidas estén protegidos frente a la acción del fuego, el humo y los gases de combustión, siempre que dichas salidas no estén suficientemente próximas.

Este apartado tiene por objeto indicar los requisitos funcionales y constructivos que permiten una evacuación eficaz y segura, así como la señalización que puede facilitar a los ocupantes la percepción e identificación de los medios destinados a dicho fin.

#### *Protección de vías de evacuación*

En una planta de piso debe poder alcanzarse una salida de la misma con un recorrido que no supere los 45 m. Además de por un paso a otro sector, dicha salida puede estar constituida por:

**Cuadro 3**  
**PROTECCIÓN DE LOS NÚCLEOS VERTICALES**  
**DE COMUNICACIÓN**

Uso del edificio	Rango de protección en plantas sobre rasante		
	A	B	C
Viviendas	para $12 < h \leq 18$ m ( $\leq$ baja + 9)	para $18 < h \leq 50$ m ( $\leq$ baja + 16)	para $h > 50$ m ( $\geq$ baja + 17)
	Escalera en recinto exclusivo. Puerta de acceso con cierre automático (no es necesario puerta resistente al fuego).	Escalera protegida. Caja de ascensores RF-120 con puertas en pisos PF-30.	Acceso a escalera y ascensores desde vestíbulos exclusivos diferentes RF-120 con puerta RF-30. (No es necesario para < 6 viviendas cuyas puertas sean RF-30 por escalera.)
Sanitario	$h \leq 8$ m ( $\leq$ baja + 2)	$8 < h \leq 15$ m ( $\leq$ baja + 4)	$h > 15$ m ( $\geq$ baja + 5)
Otros usos	$h < 10$ m ( $\leq$ baja + 3)	$8 < h \leq 28$ m ( $\leq$ baja + 9)	$h > 28$ m ( $\geq$ baja + 10)
	No se requiere ningún rango de protección.	Escalera protegida. Caja de ascensores RF-120 con puertas en pisos PF-30.	Acceso a escalera y ascensores desde vestíbulos exclusivos y diferentes RF-120 con puerta RF-30.
Cualquier uso	Rango de protección en plantas bajo rasante		
	Escalera protegida, cuando sirva a > 100 personas, a aparcamientos o a locales de especial riesgo.	Escalera protegida con diferente ámbito que escalera sobre rasante.  Las cajas de ascensores y el acceso a los mismos con el mismo tipo de protección que sobre el rasante.	

- Una escalera no protegida, en casos de escaso riesgo, en función de la altura y uso del edificio.
- Una escalera con un determinado grado de protección, creciente con el riesgo vinculado al binomio altura-uso.
- Un pasillo protegido que enlace con escalera protegida cuando, además de lo anterior, los 45 m de recorrido sean insuficientes para alcanzar esta última, debido a las dimensiones de la planta.

En la planta de salida del edificio también puede ser necesario disponer pasillos protegidos cuando los 45 m de recorrido sean insuficientes para alcanzar las salidas al exterior.

La necesidad de proteger las escaleras previstas como salida y el conjunto de los núcleos de comunicación vertical de los edificios, así como los diferentes rangos o grados de protección, pueden resumirse según el cuadro 3.

Las medidas constructivas básicas que confieren a las vías de evacuación (pasillos y escaleras) carácter de protegidas son las siguientes:

1. Deben quedar separadas de cualquier otro espacio interior al edificio, mediante elementos constructivos RF-120 y puertas RF-60 cuando sean simples, o RF-30 cuando el acceso se realice mediante dispositivo de doble puerta.
2. Su espacio interno debe estar previsto para uso exclusivo como vía de circulación. Debe carecer de tendido de instalaciones (que no sean las eléctricas propias del recinto y las de seguridad), de registros a patios, conductos o galerías de instalaciones o servicios, de elementos para almacenamiento o archivo, etc.
3. Los materiales de revestimientos de suelos y paredes no deben superar la clasificación M1, ni los de suelos la clasificación M2.
4. Deben estar protegidos frente a los humos y gases, siempre que no estén permanentemente abiertos al exterior, al menos en el 50 % de la superficie de uno de sus lados.

Dicha protección, en el caso de escaleras, puede conseguirse mediante:

- a) Ventilación natural por barrido, mediante un hueco cenital y una entrada de aire inferior, ambos fácilmente practicables.
- b) Sobrepresión relativa del recinto de escalera respecto a los recintos colindantes, conseguida mediante aportación mecánica de aire al primero

(20-80 Pa de sobrepresión) o por ventilación mecánica en los segundos, de tal forma que se extraiga un 130-150 % del aire impulsado, con el fin de asegurar su depresión respecto a la escalera. Nunca debe existir extracción mecánica de aire del recinto de escalera.

c) Acceso mediante pasillo o vestíbulo abierto al exterior.

La protección de pasillos frente a los humos puede realizarse con procedimientos similares. Cuando enlacen con escalera protegida, debe garantizarse la sobrepresión de ésta (+80 Pa) respecto al pasillo.

### *Requisitos funcionales de los medios de evacuación*

Las características funcionales de los medios de evacuación deben ser las adecuadas para la utilización de los mismos en situaciones de emergencia y gran acumulación de personas. Los requisitos funcionales básicos son los que se indican a continuación.

### *Puertas*

Las puertas previstas como salida o las que deban atravesarse en la circulación de pasillos deben ser batientes sobre un eje vertical situado en un lado de las hojas y practicables mediante accionamiento de un mecanismo sencillo, que no precise de llaves, dispositivos especiales o conocimiento previo.

Las puertas automáticas, en caso de fallo en el suministro de energía, deben permitir su maniobra en las anteriores condiciones e indicarlo mediante rótulos o señales claramente visibles sobre sus hojas.

No obstante, la creciente incompatibilidad entre requisitos de evacuación y necesidades de seguridad ante intrusión, robo, etc., conduce a que puedan admitirse, en determinados casos, puertas con cierre de seguridad, si éste puede quedar liberado mediante activación de un sistema de detección o de extinción automática que proteja las zonas ocupadas. La liberación puede realizarse con un retardo limitado (15 segundos) respecto a la aplicación de una fuerza sobre el mecanismo de cierre y sólo debe ser rearmable por procedimientos manuales.

Los sistemas de apertura antipánico son totalmente incompatibles con cualquier sistema de control físico de dicha apertura en el sentido de la evacuación. Con dichos sistemas, el elemento que acciona la libe-



ración debe cubrir la mitad de la anchura de cada hoja, y una altura comprendida entre 0,75 y 1,15 m, actuando mediante una fuerza horizontal de 70 N como máximo.

Las puertas interiores previstas para la evacuación de más de 100 deben abrirse en el sentido de la evacuación, y, cuando lo hagan hacia una vía de evacuación conducida (pasillo, escalera), su giro no debe reducir la anchura exigible a esta última. La anchura mínima que debe tener una puerta situada en un recorrido de evacuación es de 0,80 m. Cada hoja no debe ser superior a 1,20 m ni inferior a 0,60 m. En puertas de dos hojas, la apertura de cada una de ellas debe poder realizarse independientemente de la otra, y no deben existir mecanismos de apertura operables desde el canto de las hojas.

El suelo debe mantener un mismo nivel a ambos lados de cualquier puerta y en una distancia de la misma al menos igual a la anchura de la hoja. La altura libre de las puertas debe ser de al menos 2,03 m.

Cuando entre dos sectores se prevea la evacuación de uno hacia otro en ambos sentidos, no debe resolverse mediante puertas con doble sentido de giro, sino mediante puertas con sentido único y señalización que indique la condición de «SALIDA» o de «SIN SALIDA» por el lado oportuno.

Las puertas que tiene asignada una función de compartimentación (acceso a escalera o pasillo protegida, paso a otro sector, etc.) deben disponer de un mecanismo automático que garantice su posición cerrada cuando no estén siendo empleadas.

No obstante, en determinadas circunstancias y siempre que el grado de riesgo lo permita y la función específica de la puerta lo aconseje, pueden disponer de un sistema que las mantenga abiertas mediante una retención mecánica o electromagnética que quede liberada:

a) Mediante un sistema de detección que proteja a todo el edificio, especialmente diseñado para detectar toda propagación térmica o de humos que pueda afectar a las vías de evacuación.

b) Mediante actuación de un sistema automático de extinción que aporte las mismas garantías anteriores.

En cualquier caso, el mecanismo de retención debe poder ser liberado manualmente y no debe admitir su rearme mientras persistan las causas que originaron su liberación automática.

Las puertas de tambor deben admitir el abatimiento de dos de sus hojas sobre las restantes, de forma que la anchura libre de paso resultante sea de 45 cm como mínimo a cada lado, y deben disponer de un me-

canismo que restrinja la libertad de giro de la puerta hasta un máximo de 10 vueltas por minuto.

Independientemente de lo anterior, es aconsejable instalar una puerta pivotante ordinaria en la inmediata proximidad de otra de tambor y no computar para estas últimas más de 50 % de su anchura de paso.

## Escaleras

Cada uno de los tramos de las escaleras previstas para la evacuación no debe disponer de menos de 3 ni más de 16 peldaños. Las mesetas intermedias no deben ser partidas y su longitud debe ser al menos igual a la anchura de la escalera.

**Cuadro 4**  
**DIMENSIONES DE LOS PELDAÑOS**

<b>Tipos de escalera</b>	<b>Tabica (máx.)</b>	<b>Huella (mín.)</b>
Escaleras de uso común en viviendas.		
— Uso no intensivo en caso de evacuación (menos de 250 personas)	19	24,5
— Uso intensivo	19	26
Escaleras en edificios de otro uso, para evacuación de público	18	28
Escaleras de uso privado o restringido	22	24

La anchura no debe ser inferior a 0,90 m cuando esté prevista para menos de 50 personas por planta, a 1,00 m cuando no sirva a más de 9 plantas (28 m de cota salvada) o a 1,40 m cuando sirva a más de 9 plantas.

Deben disponer de pasamanos de una altura comprendida entre 0,80 y 1,05 m en el borde libre cuando la anchura no supere 1,20 m, y en ambos lados para anchuras superiores. Asimismo, para anchuras superiores a 2,40 m, debe optarse por disponer de pasamanos intermedio o, en caso contrario, por computar únicamente dicha dimensión en el cálculo de la evacuación.

Las medidas aconsejables para los peldaños son las indicadas en el cuadro 4.

Para que las escaleras curvas puedan ser consideradas como medios de evacuación aceptables, la dimensión menor de la huella de sus peldaños debe ser superior a 25 cm y el radio interior debe ser al menos el doble de la anchura de la escalera.

Las escaleras de caracol sólo deben contemplarse como medio de evacuación de un número muy reducido de personas (5-7) y siempre que dichos ocupantes estén habituados a su uso. La tabica no debe superar los 24 cm, y la huella, medida a 30 cm del borde interior, debe ser de 19 cm como mínimo.

### Pasillos

Los pasillos deben tener una anchura de al menos 1,00 m y encontrarse libres de obstáculos, salvo estrechamientos locales, fácilmente visibles y que no reduzcan dicha anchura en más de 0,10 m.

No deben tener peldaños consecutivos en número inferior a tres en tales casos deben salvar los desniveles necesarios mediante rampas.

### Rampas

La pendiente de las rampas no debe superar el 10 %, cuando constituya un medio de evacuación para zonas destinadas a uso sanitario asistencial o de alojamiento (vivienda, hotel, residencia, etc.). En los demás usos, la pendiente puede alcanzar el 12 %.

El acceso a una rampa desde un pasillo o puerta que incida lateralmente en la misma requiere la existencia de una plataforma horizontal que abarque toda la anchura de la rampa y una longitud igual a la anchura del pasillo o puerta, incrementada en 30 cm a cada lado de la misma.

## *Señalización de evacuación*

### Criterios de señalización

La señalización es un complemento fundamental para la correcta y eficaz utilización de los medios de evacuación. Además, las señales de evacuación son los elementos cuya relación coste-seguridad aportada resulta

más rentable, lo cual hace que, en casos de duda en su aplicación, se deba optar siempre por el criterio positivo que, a su vez, debe imponerse sobre todo condicionamiento a criterios estéticos, etc.

En general, debe señalizarse toda zona, establecimiento o edificio cuyos usuarios no estén, en su gran mayoría, perfectamente familiarizados con los medios de evacuación y con su utilización. Por ello, sólo pueden excluirse los edificios de vivienda, los centros docentes y los centros de trabajo no abiertos al público.

La señalización de evacuación comprende un conjunto de señales destinadas a identificar:

- 1) Las salidas de zonas, recintos, plantas, establecimientos o edificios, siempre que éstas no sean fácilmente visibles e identificables por su carácter, inmediatez o dimensión, desde todo punto de ocupación al que deban servir.

- 2) Los recorridos que hay que seguir desde cada punto de ocupación hasta la salida o salidas previstas en el diseño general de los medios de evacuación, siempre que desde dicho punto no se perciban directamente las salidas o las señales identificativas de las mismas.

- 3) El carácter de la salida señalizada habitual en el uso normal del edificio o prevista para su uso exclusivo en caso de emergencia.

- 4) Todo medio de circulación (puerta, escalera, pasillo, etc.) que no deba emplearse en la evacuación, siempre que dicha utilización por parte de los ocupantes sea probable, a la vista de su grado de familiaridad con el edificio, así como de las características del elemento en cuestión.

#### Contenido y colocación de señales

La norma UNE 23-033-81 (ISO 6309.2) define una serie de señales de evacuación de contenido simbólico (pictogramas) cuyo grado de comprensión y eficacia se ha revelado como estadísticamente insuficiente. Por ello, los criterios reglamentarios actuales tienden a implantar señales de contenido literal complementadas en la señalización de recorridos con un símbolo direccional. El cuadro 5 refleja las señales que pueden utilizarse en cada caso.

Las señales deben situarse de forma que ordenen y distribuyan la evacuación de los ocupantes hacia las diferentes salidas, de forma coherente con las hipótesis manejadas en el diseño y cálculo de éstas: máximos recorridos, recorridos alternativos, asignación de personas a cada salida, etc.

**Cuadro 5**  
**DIMENSIONES DE LOS PELDAÑOS**

Señal	Utilización	Dimensiones en mm			Distancia máxima de observación (2)
		De la señal	De las letras Altura   Grueso		
<b>SALIDA</b>	En salidas de uso habitual	297 × 105 594 × 210	60 120	11 22	15 30
<b>SALIDA DE EMERGENCIA</b>	En salidas de uso exclusivo en caso de emergencia	297 × 148 594 × 297	40 80	7 14	15 30
<b>SALIDA</b> →	En recorridos previstos hasta alguna salida de uso habitual (3)	402 × 105 804 × 210	60 120	11 22	15 30
<b>SALIDA DE EMERGENCIA</b> →	En recorridos previstos hasta alguna salida de uso exclusivo en caso de emergencia (3)	402 × 148 804 × 297	40 80	7 14	15 30
<b>SIN SALIDA</b>	En medios de circulación que no deban utilizarse para la evacuación	297 × 148	40	7	(4)

(1) Las letras y el símbolo (flecha) deben ser de color blanco y el fondo de color verde, conforme a UNE 1.115.

(2) Se debe considerar que una señal sólo es válida para ser percibida con un ángulo visual respecto a su plano, inferior a 45°.

(3) La posición de la flecha, según se encuentre a la derecha o la izquierda del rótulo, será tal que no indique hacia éste.

(4) Sólo deben ser percibidas en su inmediata proximidad.

Las señales identificativas de salidas se deben colocar preferentemente sobre el dintel de las mismas, a una altura que garantice su percepción y nunca a menos de 1,90 m, excepto las señales indicativas de puertas «SIN SALIDA», que deben colocarse sobre la hoja.

En todo caso, se debe prever que los elementos de decoración, mobiliario, equipamiento y acondicionamiento interior, etc., así como cualquier otro sistema de señalización, rótulos informativos, etc., no dificulten la percepción de las señales de evacuación.

## MOVIMIENTO Y CONTROL DE HUMOS

Tanto el movimiento del humo como el de los gases de combustión dependen de una serie de condicionantes. Éstos son, por una parte, los elementos constructivos de separación y de compartimentación y, por otra, los fenómenos propios del fuego, tales como los incrementos de temperatura y las diferencias de presión.

Dentro de un edificio, el mayor peligro es la fácil propagación del humo por todo el espacio no compartimentado adecuadamente y, por tanto, por aquellos medios o vías verticales de evacuación que deberían estar en condiciones de permitir la libre circulación de los ocupantes de dicho edificio.

La producción de humos en un incendio varía en función de la cantidad y tipo de elementos combustibles que existan en el interior del edificio afectado. Según sea el volumen de humos, éstos podrán llegar a disminuir la visibilidad; lo que puede producir problemas graves en cuanto a la evolución y extinción del incendio. El humo puede ser más o menos denso, pero, en cualquier caso, contendrá partículas tóxicas que pueden perjudicar a las personas.

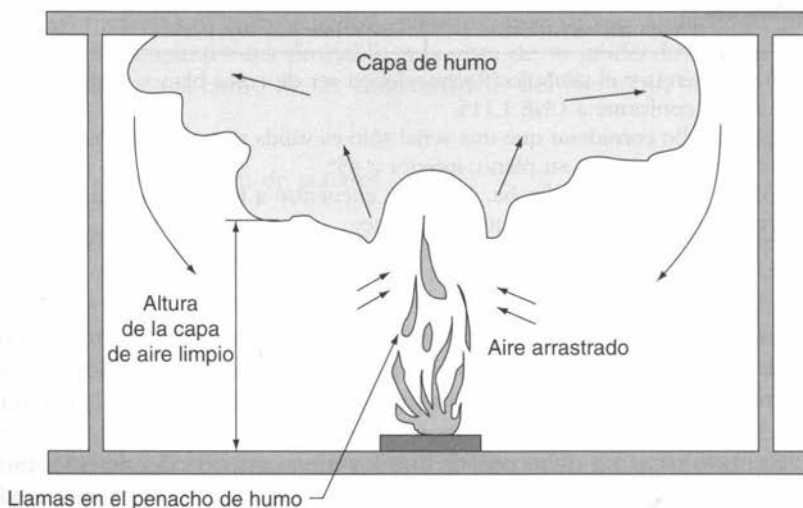


Figura 17.

El volumen de humo y gases de combustión producido por el incendio es aproximadamente igual al volumen del aire arrastrado por el chorro ascendente de los productos de combustión y éste, a su vez, es función de la dimensión del fuego, el calor desprendido y la altura de la capa de aire limpio (figura 17).

Tanto la dimensión del fuego, como la distancia entre el piso y la capa inferior de humo y gases calientes, varían constantemente y, por tanto, es prácticamente imposible determinar o predecir la producción de humo en un incendio. Por ello, es necesario estudiar el movimiento del humo y de los gases de combustión con el fin de poder controlarlo.

En la tabla 6 se expresan algunos valores de masa de humo, así como el volumen de humo generado por el mismo. Se observa cómo el humo a 500 °C ocupa un volumen tres veces mayor al que ocuparía esa misma cantidad de masa en temperatura ambiente.

Cuando se trata de zonas protegidas por rociadores automáticos, el tamaño del fuego estará limitado, por lo que se puede hacer una estimación de la producción de humo ocasionada por un incendio en esa zona.

Tabla 6

Masa de humo kg/s	Volumen de humo (m <sup>3</sup> /s)	
	20 °C	500 °C
1	0,8	2,2
2	1,6	4,4
3	2,5	6,5
4	3,3	8,7
5	4,1	10,9
10	8,2	21,8
20	16,4	43,7
30	24,6	65,4
40	32,8	87,4
50	41,0	109,2
70	57,4	152,9
90	73,8	196,6
100	81,9	218,5
200	163,9	436,9

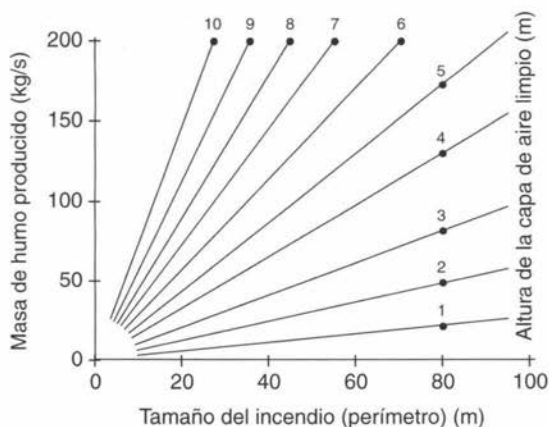


Figura 18. Producción de humo según el tamaño del incendio y altura de la capa limpia.

Para un incendio de estas características (aproximadamente  $3 \text{ m}^2$ ) y una longitud de capa de aire limpio de 2 metros se obtienen  $6 \text{ kg/s}$  de humo que ocupan un volumen de  $13 \text{ m}^3$  a  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $5 \text{ m}^3$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

El volumen de los gases en el interior de un recinto aumenta en un factor de tres o más y, aproximadamente, los dos tercios del mismo son los que saldrán a otros recintos vecinos. De esta forma, un incendio de pequeñas dimensiones puede llegar a producir una cantidad de humo considerable que se propaga a través de puertas, patinillos de servicios, ventanas, falsos techos y cualquier otro hueco existente, a no ser que se tomen las medidas necesarias para que esto no ocurra.

### Movimiento del humo

El humo sigue normalmente la circulación del aire, pero, durante un incendio, la propagación se ve afectada por los siguientes factores:

- Altas temperaturas.
- Efecto chimenea.
- Condiciones ambientales de aire y temperatura.
- Sistemas de acondicionamiento de aire.



Las *altas temperaturas* producidas en un incendio originan la expansión de los gases, llegando a ocupar tres veces el volumen inicial y obligando a que el humo salga del recinto. A medida que la temperatura se incrementa, los gases producidos irán ocupando un mayor volumen, efectuándose la propagación de éstos a otras zonas vecinas, donde los gases calientes se enfriarán contrayéndose a su volumen original. Sin embargo, aunque los gases desplazados acaban por enfriarse a la temperatura ambiente, el efecto de la expansión, mientras duran las condiciones de incendio, se traduce en un aumento del volumen de humo desplazado.

La forma geométrica del edificio y la disposición de los espacios tiene gran influencia sobre el movimiento del humo. En los edificios considerados de gran altura, el efecto principal que origina la propagación del humo es el *efecto chimenea*.

El *efecto chimenea* es el que produce el movimiento vertical del aire originado por las diferencias entre la temperatura interior y exterior del edificio. De esta forma, en un edificio de desarrollo vertical se produce una corriente ascendente desde la planta baja a la última.

Si existe únicamente un edificio con una temperatura interior,  $T_i$ , exterior,  $T_e$ , y con dos aberturas, una en la planta inferior y otra en la superior, se producen distintas corrientes de aire, debido a la diferencia de peso entre la columna de aire en el interior y en el exterior. Cuando la temperatura interior es mayor que la exterior se produce un movimiento vertical, debido a que la presión exterior en la abertura inferior es mayor, por lo que se originará una entrada de aire por la misma, que da lugar al movimiento ascendente (figura 19).

$$T_i > T_e$$

$$T_i < T_e$$

Si las temperaturas exterior e interior son iguales, no se produce movimiento natural del aire.

El plano de presión neutra es aquel en el que no existen diferencias de presión y, por tanto, en caso de existir una abertura a ese nivel, el aire ni entraría ni saldría del edificio. El aire entra en el edificio por las zonas situadas bajo el plano de presión neutra y sale por las zonas que están por encima de éste (siempre que la temperatura interior es mayor que la exterior,  $T_i > T_e$ ).

La posición del plano de presión neutra en un edificio sin ningún tipo de barreras horizontales y con dos aberturas, una inferior (con una su-

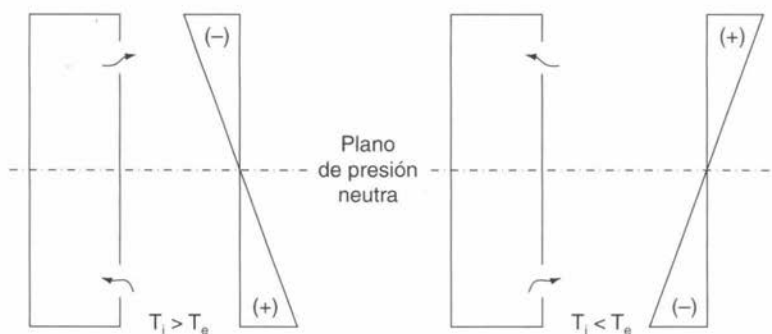


Figura 19. Efecto chimenea.

perficie  $A_1$  y a una distancia  $h_1$  del plano neutro) y otra superior ( $A_2$ ,  $h_2$ ), se puede determinar a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{A_2^2 T_e}{A_1^2 T_i}$$

En un edificio siempre existirá algún tipo de barreras horizontales que impedirán el libre movimiento tal y como se ha representado en la figura anterior. La mayor parte del aire fluye hacia los huecos verticales (escaleras, ascensores, huecos entre forjados...) y parte se filtrará piso a piso a través de los forjados. Este movimiento estará ocasionado por diferencias de presión entre pisos contiguos (figura 20).

Las *condiciones ambientales* de aire y temperatura también influirán sobre el movimiento de humos dentro de un edificio, ya que éstas afectan al movimiento natural del aire en el mismo.

Al incidir un viento de cierta importancia sobre la fachada de un edificio, el plano de presión neutra se verá influenciado y modificado. La acción del viento originará un efecto aspirante en el hueco vertical debido a la presión negativa creada en la cubierta. El plano de presión neutra estará situado más cerca de dicha cubierta en la zona más afectada por el viento y, por el contrario, más alejada de la cara opuesta. De esta forma, se puede observar cómo las presiones positivas del viento elevan el plano de presión neutra, mientras que las negativas lo hacen descender (figura 21).

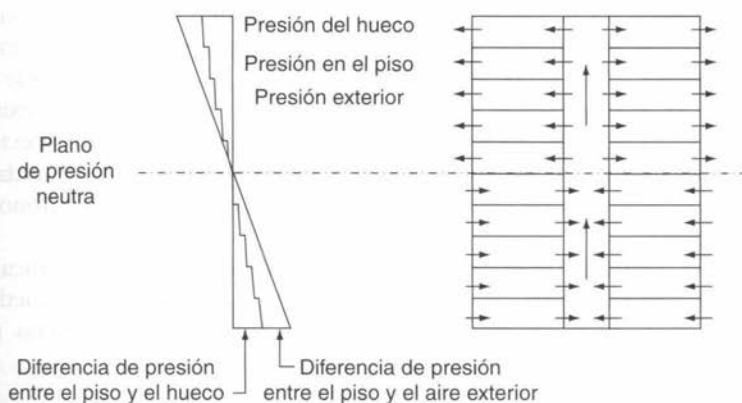


Figura 20. Efecto chimenea en edificios.

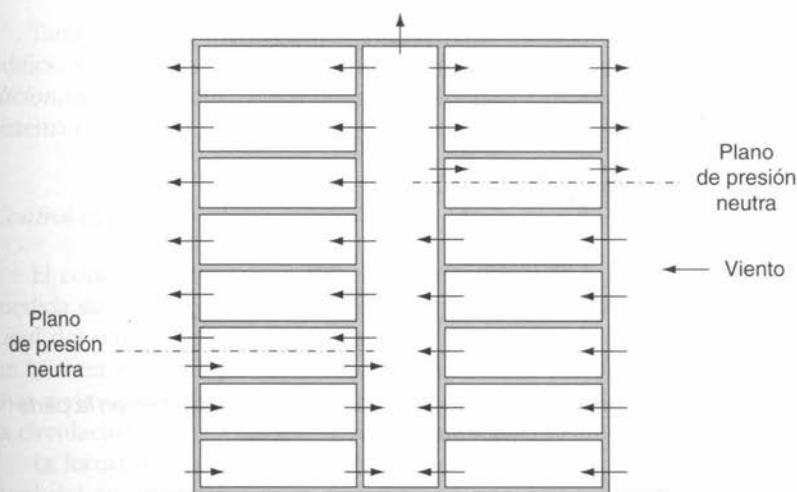


Figura 21. Efectos del viento sobre la situación del plano de presión neutra.

Tanto el efecto chimenea como el creado por las elevadas temperaturas originadas en un incendio y las condiciones ambientales, hacen que exista una circulación neutral del aire que afectará al movimiento del humo en caso de incendio.

Las aberturas de ventilación influirán notablemente en la situación del plano de presión neutra. Cuando existe un hueco vertical ventilado en su parte superior, el plano de presión neutra estará más cerca de la parte alta del edificio. Al desplazarse el plano de presión neutra hacia arriba, existirá un mayor número de pisos que estarán en sobrepresión con respecto al hueco de ventilación. De esta forma, aumentará el número de entradas al hueco y disminuirán las aberturas que actúan como salidas del mismo (figura 22).

Por el contrario, si se ventilara la parte inferior del hueco vertical, el plano de presión neutra descendería, con lo que todo el edificio quedaría prácticamente invadido por el humo ya que en este caso habría más plantas en depresión con respecto al hueco.

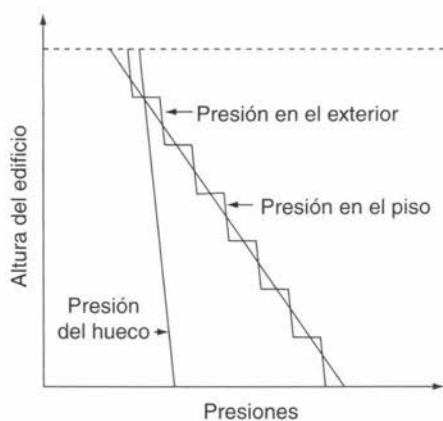


Figura 22. Diferencia de presión en un edificio con ventilación en la parte superior de un hueco vertical.

Si en el edificio existiera una torre de humos que ventilara la zona afectada por el incendio, se conseguiría que todos los pisos estuvieran en sobrepresión con respecto al conducto de humos. De esta forma, la zona del incendio quedaría en depresión respecto al resto del edificio, evitando así la circulación del humo y de los gases por dicho edificio, excepto por los conductos que han sido diseñados para tal fin (figura 23).

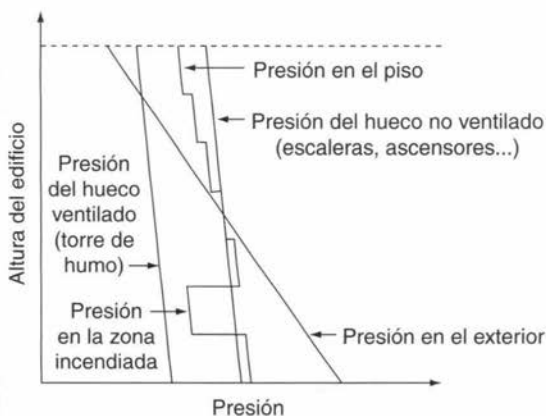


Figura 23. Diferencias de presión en un edificio con ventilación en la zona incendiada.

También existirá influencia en el movimiento de humos cuando en el edificio haya un movimiento forzado producido por los *sistemas de acondicionamiento* de aire. Éstos pueden o no estar diseñados como parte del sistema de control de humos en caso de incendio.

### Control de humos

El control de humos, en caso de incendio, puede ser utilizado como medida de protección de personas y de bienes materiales. La causa principal del número de pérdidas humanas no es sólo la invasión del humo en la zona afectada por el incendio, sino el que pueda afectar a los medios y vías de evacuación que necesitan estar en condiciones de permitir la circulación de los ocupantes hasta un lugar suficientemente seguro.

La forma de los edificios tiene gran influencia sobre el movimiento natural del aire, ya que éste se produce debido a las diferentes presiones creadas en el edificio.

- En un edificio subterráneo o sin ventanas, la circulación del aire dependerá, en gran medida, de la geometría del local.
- En un edificio industrial con una sola planta y de gran superficie, la circulación del aire se producirá principalmente por la ventilación natural y por las barreras físicas, tanto horizontales como ver-

tales, características que condicionarán el movimiento del humo en caso de incendio.

- En los edificios de poca altura y con un grado alto de compartimentación, los factores que más influirán para el control del humo son la ventilación natural y las barreras físicas.

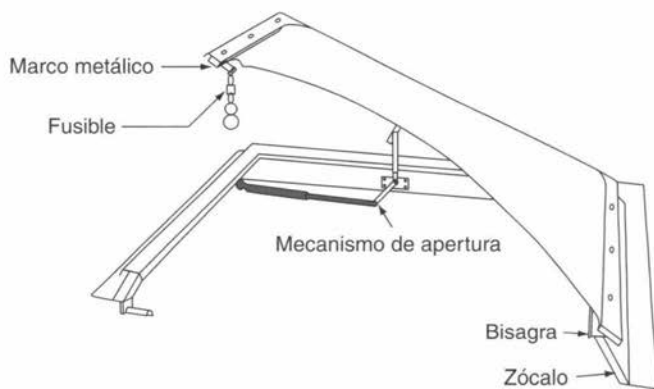


Figura 24. Claraboyas.

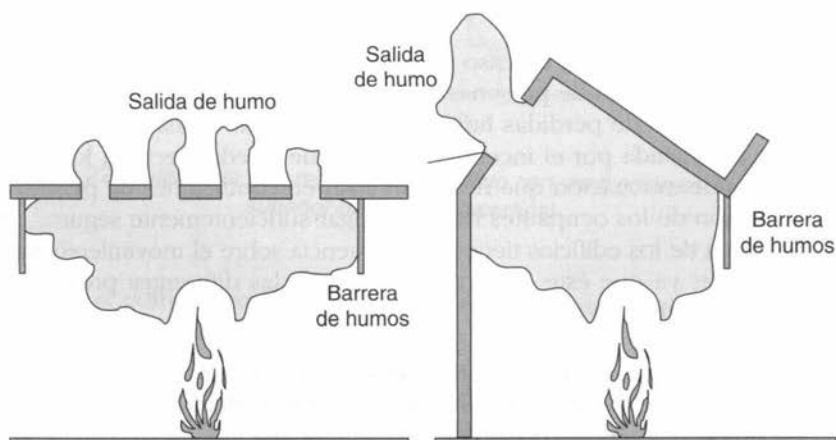


Figura 25. Eliminación de humos en edificios de una única planta.

- En edificios considerados como de gran altura los factores principales que condicionarán el movimiento del aire son el efecto chimenea y los equipos de manipulación del aire.

En edificios de tipo industrial de grandes superficies es recomendable la ventilación en cubierta a través de lucernarios, exutorios, clara-boyas, etc., que, combinados con barreras horizontales o verticales, llegarán a crear recorridos de humo para su control o eliminación (figuras 24 y 25).

En edificios de poca altura el método que permite la eliminación del humo es la ventilación natural producida por ventanas y huecos que, junto con las presiones creadas en un incendio, son elementos suficientes para eliminar el humo existente en el edificio.

La eliminación y control del humo tanto en el caso de edificios subterráneos como de gran altura se deberá efectuar a través del movimiento forzado de aire, actuando sobre las diferencias de presión para llegar a conseguir la eliminación del humo a través de la extracción, dilución y confinamiento (tabla 7).

### Extracción

La extracción del aire se consigue creando un gradiente de presión negativo en sentido ascendente a lo largo de un conducto vertical de salida, mediante ciclones o ventiladores cuyo arranque puede ser automático, combinado con la detección o alarma de incendios, o manual.

Los conductos para la eliminación del humo pueden ser específicos para este fin, denominados pozos o torres de humo, aunque, en ocasiones, puedan utilizarse canalizaciones de aire ya instaladas en el edificio. Este último procedimiento no es recomendable a no ser como complemento de otras instalaciones.

Las *torres* o *pozos de humo* son conductos especialmente diseñados para la eliminación del humo y gases de combustión producidos por un incendio.

Dichos conductos verticales recorren el edificio y al nivel de cada planta se dispone de trampillas que permitirán la circulación de los humos y gases para su extracción. Las trampillas serán de apertura automática y se conectarán simultáneamente con el arranque de los medios mecánicos de extracción de la torre de humo.

**Tabla 7**  
**COMPORTAMIENTO, MOVIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS HUMOS Y GASES**  
**DE LA COMBUSTIÓN EN CASO DE INCENDIO**

Ventilación		Tipología de los edificios		Subterráneos	Industriales	Convencionales (pocas plantas)	De gran altura
Movimiento natural	Barreras horizontales y verticales			*	**	**	
	Efecto chimenea					**	
	Ventilación directa			*	**		
Movimiento forzado	Extracción		*			**	
	Dilución		***	***	***		
	Confinamiento	Barreras físicas			**	**	
		Presurización				**	

\* Método exclusivo.

\*\* Método útil en combinación con otro.

\*\*\* Método utilizado cuando no queda otra posibilidad.



Esta forma de eliminación del humo mediante extracción es la más recomendada para el caso de edificios subterráneos y con escasa ventilación. Para los edificios altos se recomienda el método de extracción combinado con otros, como el de presurización.

### Dilución

La dilución del aire contaminado con aire limpio no es un método para producir un movimiento forzado del aire, sino una manipulación del mismo.

Este método permitirá reducir la concentración de humos y gases, de modo que se alcance una dilución tal que sea tolerable para las personas y no se pierda la visibilidad.

En general, el humo producido en un incendio, denso y sin diluir, puede alcanzar una densidad óptica por metro de valor 10 y, en ocasiones, mayor. Esto implica que la visibilidad es casi nula (10 cm aproximadamente).

Para un medio de evacuación la densidad aceptable es de 5 metros como mínimo, lo que representa una densidad óptica por metro máxima de 0,2. Para alcanzar este nivel será preciso diluir el humo 50 veces.

### Confinamiento

El tercer método para forzar el movimiento del humo consiste en confinarlo dentro de recintos o zonas donde su presencia no sea perjudicial. Por ello, la mejor situación y a la que deberá tenderse, es la de retener el aire contaminado por el incendio en el recinto donde éste ha tenido lugar.

Para conseguir que el humo y los gases de combustión queden en la zona afectada se emplean dos procedimientos:

- Barreras físicas.
- Presurización.

Las *barreras físicas* son obstáculos materiales al paso del aire que hacen que se concentre o circule el humo según los pasos o secciones destinadas a ello. Las barreras no constituyen por sí mismas un método de control de humo, pero, junto con el método de *presurización*, consiguen una gran eficacia.

El método de *presurización* consiste en establecer un diferencial de presión positivo entre la atmósfera del espacio que se desea proteger de humos y el resto.

Este sistema exige un adecuado diseño de barreras físicas y de compartimentación de los sectores de incendio. Se consigue gran mejora del método de control de humos si, además, se combina con un sistema de extracción.

La forma más eficaz para controlar el humo en medios y vías de evacuación es la presurización de la zona, contando con los sistemas de extracción de humos y compartimentación adecuados.

Aunque el diseño de un sistema concreto de control de humos representa una situación única para cada edificio, debe destacarse, de forma particular, la protección de escaleras y aquellos huecos verticales que pueden producir una propagación de los humos debido al efecto chimenea.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Fundación MAPFRE Estudios, *Instrucciones Técnicas de Seguridad Integral. Protección contra Incendios*, Editorial MAPFRE.
- Manual de Protección contra Incendios*, Editorial MAPFRE, 1994.
- National Fire Protection Association (NFPA), National Fire Codes.