

# Introducción a la ingeniería de seguridad contra incendios



JOSÉ MIGUEL LACOSTA BERNA  
*Experto superior en Seguridad*

## SUMARIO

*En este final de siglo, la seguridad contra incendios ha alcanzado un nivel tecnológico importante. A las etapas heroicas e iniciales de la protección añadida a los edificios ha sucedido la actual de estudiar la seguridad contra incendios de un edificio desde las fases más iniciales de su diseño.*

*De reciente creación, y todavía en desarrollo, la ingeniería de seguridad contra incendios, aplicable a cualquier situación en la que el incendio sea un riesgo potencial, se basa en el empleo de principios científicos y de ingeniería a los efectos del incendio con el fin de reducir las pérdidas de vidas y bienes y proporcionar una solución óptima en la aplicación de medidas preventivas y protectoras.*

**Palabras clave:** Seguridad contra incendios, ingeniería de seguridad contra incendios, gestión de la seguridad.

## INTRODUCCIÓN

Antes de entrar en el detalle de los terrenos en que desarrolla su actividad la ingeniería de seguridad contra incendios, así como de su influencia sobre el conjunto de la planificación, diseño y construcción de edificios, parece necesario intentar explicar cuál es el significado de la misma, y aunque todavía no disponemos de una definición comúnmente aceptada, la siguiente podría ser aceptable; *la ingeniería de seguridad contra incendios puede definirse como la aplicación de principios científicos y de ingeniería a los efectos de incendios, con el fin de reducir las pérdidas de vidas y bienes, cuantificando los riesgos y peligros involucrados y propor-*

*cionando una solución óptima en la aplicación de medidas preventivas y protectoras.*

El concepto de ingeniería de seguridad contra incendios puede aplicarse a cualquier situación en la que el incendio sea un riesgo potencial. Si bien este trabajo se refiere fundamentalmente a la construcción de edificios, principios similares son igualmente aplicables a los problemas asociados con instalaciones de gas o de combustibles líquidos u otras estructuras.

Los riesgos adicionales de instalaciones de gas o de combustibles líquidos son principalmente producidos por un desarrollo del fuego mucho más rápido y por la más alta velocidad de subida de las temperaturas asociadas. Esto ha sido reconocido teniendo en cuenta la respuesta de los materiales en los ensayos en unas condiciones de calentamiento diferente (curva de hidrocarburos) que la asociada con los fuegos celulósicos más convencionales. Los métodos de diseño empleados son, sin embargo, similares a aquellos cuyas situaciones están cubiertas por los fuegos «normales».

Cualquier estructura que no sea de un edificio puede presentar un riesgo de daño por el fuego, pero el hecho de que este riesgo sea bastante bajo hace pensar que una contingencia de este tipo puede normalmente ser ignorada.

Una de las mayores áreas de riesgo actual para el daño por fuego son las viviendas unifamiliares, de una o dos alturas, y que generalmente no requieren métodos de diseño sofisticado, ya que no es el colapso estructural el que puede causar el problema, sino la producción de humo y de gases tóxicos, con la resultante de la incapacidad de sus ocupantes para escapar.

Ciertamente en nuestro país y durante un largo período, con la posible excepción del período 1936-1939 (durante la Guerra Civil), ha habido muy pocos casos, si es que ha habido alguno, en que se hayan registrado muertes de ocupantes en un incendio producido directamente por el colapso de la estructura. Sin embargo, sí ha habido casos desafortunados de bomberos que han sido atrapados por el colapso de una estructura, después de completar la evacua-

ción de los ocupantes (Almacenes Arias, Madrid, 1987). Esta, relativamente baja, incidencia de muertes como consecuencia de colapsos no implica que la seguridad estructural no sea importante, sino que es más bien un testimonio de la solidez del diseño estructural y de la construcción durante ese período.

Ya se ha dicho que la causa general de las muertes es la asfixia, producida bien por los humos y gases (Fig. 1) o al resultar los ocupantes atrapados, e impedida su salida, y quedar entonces expuestos a los efectos del calor. Es, por consiguiente, extremadamente importante tener en cuenta todas las cuestiones que contribuyen a garantizar la seguridad de las vidas cuando un edificio es afectado por el fuego.

Dado lo novedoso del tema e importancia que está adquiriendo, hace ahora unos cinco años el Comité ISO/TC 92 Seguridad contra incendios decidió la creación de un nuevo Subcomité, el SC4, precisamente con el nombre de Ingeniería de seguridad contra incendios.

Los objetivos de este Subcomité son: desarrollar documentos que sir-



**Figura 1.** El siniestro del Hotel «Corona de Aragón», de Zaragoza, en julio de 1979, marcó un hito en la historia de la seguridad contra incendios en España. En 1981 aparecía la primera edición de la NBE-CPI.

van de guía para apoyar las disposiciones de seguridad contra incendios, inicialmente en la construcción, mediante la aplicación de los principios científicos establecidos referentes a:

- Desarrollo de los incendios y movimiento del humo.
- Propagación del incendio.
- Predicción de la respuesta de los sistemas de detección y extinción.
- Respuesta y movimiento de las personas.

Temas que, como pueden verse, suponen una reducción de los objetivos de la definición inicial en el tema de la construcción.

## CUESTIONES RELACIONADAS CON EL DISEÑO

Dentro de la ingeniería de seguridad contra incendios pueden ser fácilmente identificados campos que se refieren tanto a la seguridad de las vidas como a la de los bienes. Estas áreas no son mutuamente excluyentes, ya que una acción que aumente la seguridad de las vidas puede aumentar también la de los bienes. Las áreas principales que pueden identificarse son las siguientes:

### a) Control de la ignición

Puede conseguirse:

- Controlando la inflamabilidad de los materiales en el interior del recinto.
- Por medio de un correcto mantenimiento del edificio y de sus acabados.
- Gestionando la seguridad contra incendios; por ejemplo, prohibiendo fumar o la presencia de llama abierta.

### b) Control de los medios de evacuación

Esto puede forzarse bien por la imposición de exigencias legales de disponer de adecuadas vías de evacuación o educando a los ocupantes.

### c) Detección

Se refiere a la instalación de métodos que permitan que el fuego sea detectado, preferiblemente, en la etapa más temprana posible.

*La ingeniería de seguridad contra incendios puede definirse como la aplicación de principios científicos y de ingeniería a los efectos de incendios, con el fin de reducir las pérdidas de vidas y bienes, cuantificando los riesgos y peligros involucrados y proporcionando una solución óptima en la aplicación de medidas preventivas y protectoras.*

### d) Control de la propagación del incendio

Aquí, el tema es la propagación del incendio, bien en el interior del mismo edificio o a las edificaciones adyacentes. Este control puede efectuarse:

- Por características propias, como la sectorización.
- Controlando las distancias entre edificios.
- Por medios mecánicos, empleando la ventilación, cortinas de humo o rociadores.

### e) Prevención del colapso estructural

Se refiere a la exigencia de estabilidad e integridad de la estructura en su totalidad o parcialmente durante el incendio.

Cualquiera de éstos pueden considerarse con mayor profundidad.

### Control de la ignición

Esto puede considerarse desde tres aspectos: los dos primeros se refieren a la propagación de la llama, y el tercero, a la gestión y al mantenimiento del edificio. La ignición puede producirse por medio de una gran va-

riedad de mecanismos. Generalmente, éstas son accidentales; por ejemplo: colillas encendidas, fallos eléctricos o sobrecalentamientos de elementos mecánicos o eléctricos. Sin embargo, tampoco pueden despreciarse las acciones deliberadas o el Arson.

### Control de la inflamabilidad

Ha habido demasiado casos en los que el fuego se ha desarrollado rápidamente debido a la inapropiada naturaleza de los revestimientos de un edificio, de modo que cualquier material empleado en acabados sobre cualquier parte del mismo debería presentar una inflamabilidad y una propagación de la llama limitadas. Esto, en general, se controla por la exigencia de ensayos de reacción al fuego por medio de cualquier norma nacional o internacional adecuada, por ejemplo, en nuestro país, la norma UNE 23-727 y las que se derivan de ella.

Es también esencial asegurar que los materiales empleados en el interior de un edificio reducirán cualquier riesgo. Es claramente impracticable, casi podríamos calificarlo como de «misión imposible», insistir en que los contenidos no deben contribuir a aumentar la carga térmica de un edificio, pero, al menos, será necesario asegurarse de que esos contenidos producen el mínimo riesgo posible. Esto quiere decir que los recubrimientos de superficie no deberían arder con facilidad y que algunas espumas empleadas en mobiliario que producen grandes cantidades de humo cuando arden no deberían ser permitidas, o, como sucedió en tales espumas tendrían que controlarse por medio de legislación y normativa.

### Control de la propagación del fuego

Una forma clásica de controlar el incendio es empleando elementos compartimentadores verticales y horizontales. Esta compartimentación, sin embargo, sólo es satisfactoria si no hay pasos para el humo o las llamas a través de la periferia de la sectorización. El incendio puede propagarse por el interior de un edificio más allá de su punto de origen si las barreras previstas son incapaces de contenerlo debido a unos cierres insatisfactorios en el recinto en el que se ha originado.

Puede producirse un problema adicional, a pesar de que el sellado de las barreras sea satisfactorio cuando se ha terminado la construcción pro-

piamente dicha del edificio. La instalación de los diferentes servicios del edificio puede o bien destruir ese sellado o, si se reponen, no alcanzar los niveles necesarios (Fig. 2). Esta situación puede presentarse también cuando las modificaciones posteriores son hechas bien forzadas por cambios en el uso del edificio o por reparaciones, o por cambio de los servicios existentes.

Tales problemas pueden reducirse asegurando que se realiza una política de gestión de la seguridad completamente efectiva.

### *Gestión de la seguridad contra incendios*

Cuando los niveles de ocupación de un edificio son simples es relativamente fácil establecer procedimientos para asegurar que, en caso de incendio, todo el personal del mismo tiene conocimiento del procedimiento correcto y que hay suficiente gente para actuar como responsable y dirigir la brigada de fuego en el momento que se necesite.

Cuando los niveles de ocupación son elevados o donde la ocupación cambia frecuentemente y hay gran población transeúnte, como en los grandes almacenes, hay mayor dificultad, y por eso es esencial que el propio personal que trabaja en el edificio establezca una estrategia de gestión de seguridad contra incendios y asegure que hay un grupo de personas responsables encargadas en todo momento de tomar el control completo en el caso de un incendio. Esta función debe ser realizada por el personal encargado de la seguridad normal, del día a día, para lo cual debe estar completa y adecuadamente entrenado.

Es también esencial que existan registros completos de que los sistemas de detección, control y lucha contra incendios tienen un mantenimiento correcto y que se haga una comprobación completa en cada incidente para asegurarse que no se realiza ninguna acción que pueda inutilizar cualquier parte de esos sistemas. Es esencial que cuando en el diseño de edificios se adopten medidas de seguridad contra incendios, ésta se ejecuten a fin de alcanzar los niveles de seguridad previstos y que las exigencias financieras no comprometerán la seguridad contra incendios.

### **Medios de evacuación**

Generalmente hay exigencias legales para la provisión de vías de eva-



**Figura 2. La sectorización sólo puede garantizarse si cualquier paso a través de un elemento constructivo no reduce la resistencia al fuego de éste.**

cuación hasta en los edificios más simples. Tales exigencias están basadas en el concepto de la máxima longitud de las vías de evacuación hasta una salida, que puede ser una puerta cortafuegos exterior o una escalera de incendios protegida. Las distancias máximas están basadas en el tipo de ocupación y son también dependientes de las formas de evacuación, es decir, o bien a lo largo de un pasillo a través de un sector de incendios.

*Las vías de salida están dimensionadas para producir una evacuación completa desde un sector de incendio o a una área protegida o al exterior del edificio en unos dos minutos y medio, con una velocidad básica de unas 150 personas por minuto y por metro de anchura de vía de evacuación. Lo indicado vale para personas capacitadas, pero debe modificarse cuando sea probable que haya personas discapacitadas entre los ocupantes de los edificios.*

También habrá exigencias del número total de salidas de evacuación y las dimensiones de esas vías, que normalmente son función del tipo de edificio, del número de personas que se esperan en el interior del edificio en cualquier momento y de la movilidad potencial de tales personas (Fig. 3).

Las vías de evacuación están dimensionadas para producir una evacuación completa desde un sector de incendio o a un área protegida o al exterior del edificio en unos dos minutos y medio, con una velocidad básica de circulación de unas 150 personas por minuto y un metro de anchura de vía de evacuación. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las escaleras se construyen en anchuras discretas y que doblando la anchura de la escalera no doblaremos la capacidad, ya que una persona individual necesita un espacio finito, por lo que las anchuras mínimas también necesitan especificarse. Lo indicado hasta ahora vale para personas capacitadas, pero debe ser modificado cuando sea probable que haya personas discapacitadas entre los ocupantes de los edificios.

Todas las vías de salida deben estar recubiertas con materiales no inflamables y no tóxicos. Destacar que las puertas cortafuegos que abran a una vía de salida pueden tener unas exigencias de características de resistencia al fuego más baja que las de la estructura en la que se integran (Fig. 4), ya que sólo necesitan ser efectivas en las etapas muy tempranas del fuego, donde las mayores exigencias se refieren a la eva-



Figura 3. Con la entrada en vigor de la NBE-CPI, las escaleras de emergencia entraron a formar parte habitual del panorama urbano.



Figura 4. Las exigencias de resistencia al fuego para las puertas de paso entre dos sectores de incendio son inferiores a las que piden al elemento separador. (Cortesía de AFITI-LICOF.)

ción antes que a la estabilidad estructural. Por otro lado, las puertas cortafuego dejadas abiertas carecen de efectividad.

Es lamentable que haya habido muchos casos donde, aunque existía el número requerido de vías de salida, éstas habían sido dejadas cerradas o con obstáculos, de manera que las puertas cortafuego al final de las vías de salida resultaron inoperantes debido a no poder ser empleadas para su finalidad.

Es igualmente importante que los ocupantes de un edificio sean educados para responder ante los peligros de cualquier incendio. En situaciones domésticas, donde los ocupantes están en una situación familiar, la respuesta puede ser más rápida que si están en una situación desconocida. Hay todavía mucho que aprender en lo que se refiere al comportamiento humano en los incendios. Cualquier sistema de aviso, de alarma, debe ser, utilizando una frase coloquial, empleado amistosamente. Todavía no ha sido determinado satisfactoriamente si las campañas o sire-

*Es también esencial asegurar que los materiales empleados en el interior de un edificio reducirán cualquier riesgo. Es claramente impracticable, casi podríamos calificarlo como de «misión imposible», insistir en que los contenidos no deben contribuir a aumentar la carga térmica de un edificio, pero, al menos, habrá que asegurarse de que esos contenidos producen el mínimo riesgo posible.*

nas de alarma deben ser complementadas con unas instrucciones verbales o indicaciones gráficas como la mejor solución, de éxito. En cualquier caso es esencial que todas las vías de salida estén completamente iluminadas con equipos autónomos de emergencia y que todas las señales estén también provistas de suministros de energía de emergencia (Fig. 5).

El número de historias, muchas, que uno sospecha son apócrifas, en las que la gente ha ignorado completamente los avisos para seguir haciendo cualquier cosa que estuvieran realizando antes de la alarma son legión; por ejemplo, el usuario del restaurante, que insistía en continuar comiendo la comida que había pagado, a pesar de la gran cantidad de humo que iba sumergiendo al individuo en cuestión. La evidencia sugiere que los individuos seguirán comportándose, tanto como sea posible, como si el fuego no existiera o no hubiera alarma.

El proceso educativo debería también extenderse a los propietarios e inquilinos de cualquier edificio com-



Figura 5. Una adecuada señalización asegura que la evacuación se realizará de forma correcta. (Cortesía de Odel-lux.)

plejo. Este proceso debe formar parte de cualquier política de gestión de la seguridad contra incendios que se siga. Para edificios en los que la ocupación esté controlada, parte del proceso puede adoptar la forma de procedimientos en caso de incendio. Sin

embargo, esto debe tratarse con cuidado, ya que la experiencia del autor es que cuanto más gente conoce las instrucciones que han sido establecidas más fácil es que las instrucciones sean burladas y perdida su eficacia. El autor ha detectado incluso perso-

nas en dirección contraria al flujo de evacuación para recoger cosas de las oficinas, y cuando se les ha preguntado han respondido, con desparpajo, que lo hacen «porque sólo es un entrenamiento».

### Detección y control de incendios

Para garantizar la seguridad de las personas durante la evacuación hay que disponer de medios para la detección y control del incendio. Controlar el incendio es necesario tanto para reducir la producción de humo, que permita una evacuación más eficiente, como para mantener bajas las temperaturas en el recinto y reducir los daños posteriores.

#### Detección de incendios

Los sistemas instalados para la detección de incendios pueden ser manuales, automáticos o una combinación de ambos:

a) *Sistemas manuales*. Los sistemas manuales, como el pulsador con la tapa de vidrio tradicional que, cuando se rompe, dispara automáticamente el sistema de alarma de in-



Figura 6. Las falsas alarmas han sido uno de los inconvenientes históricos de la detección automática. Actualmente están disponibles soluciones técnicas. (Cortesía de Carberus.)

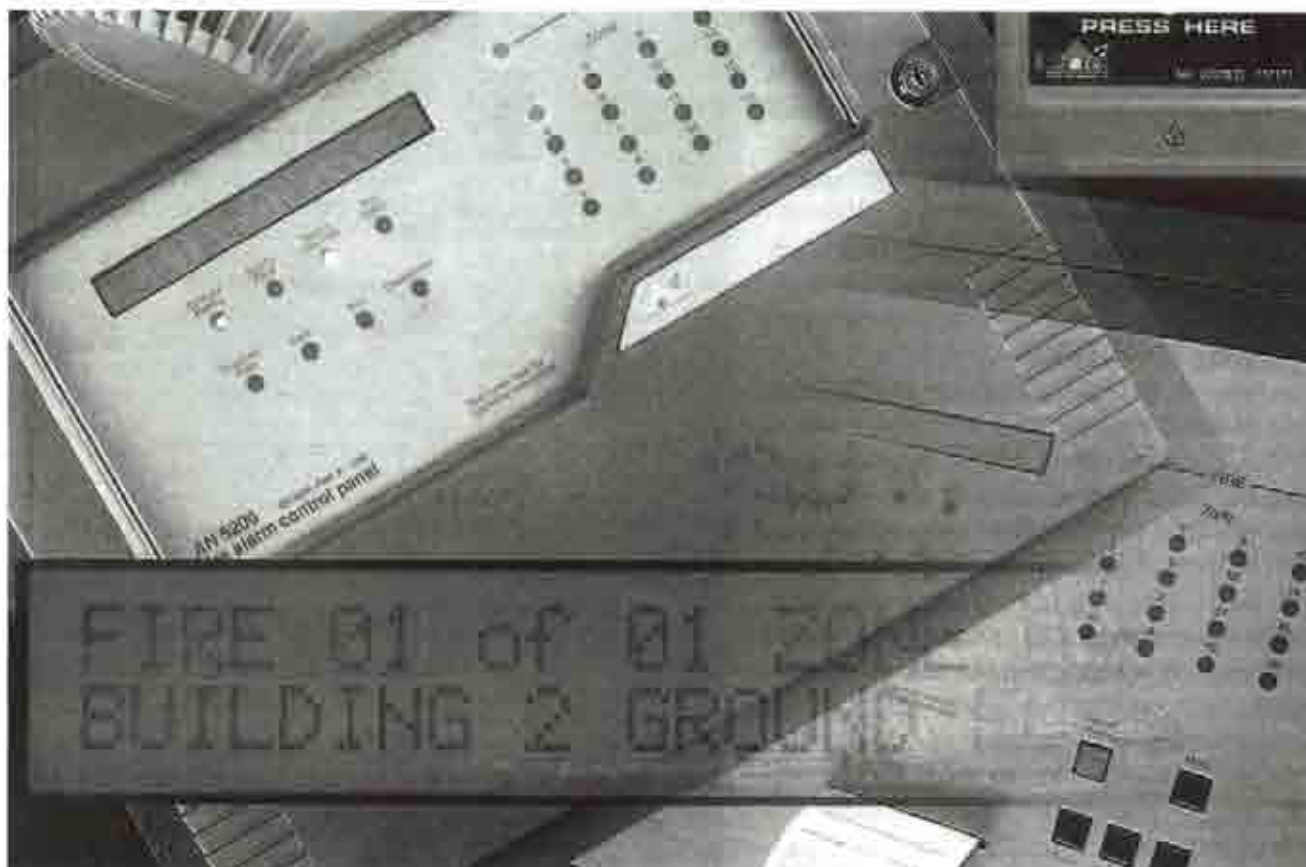


Figura 7. Los sistemas de detección de incendios deben permitir la localización inequívoca del lugar donde se ha producido la alarma. (Cortesía de International Fire and Security Products News.)

cendio, puedan ser relativamente simples. Sin embargo, requieren una respuesta humana que se dé cuenta de la existencia del fuego y perciba y determine su importancia. Por consiguiente, dichos sistemas sólo pueden ser de uso limitado, especialmente en situaciones en las que no pueda garantizarse la presencia de personas.

b) *Sistemas automáticos.* Éstos se basan en la existencia de excesivas cantidades de calor o humo, vigilados por un detector, que activa directamente el sistema de extinción de incendios, como es la cabeza fusible de un rociador, o activan indirectamente cualquier sistema de control de incendios y evacuación. Los desarrollos recientes en sistemas automáticos incluyen el empleo de rayos láser de baja potencia o sensores IR para controlar la existencia de humo.

Muchos sistemas automáticos se basan en una combinación de detectores de calor y humo, ya que la ubicación de cada uno de los tipos puede ser muy sensible a las condiciones ambiente normales y al uso del edificio en el que están situados. Las cocinas y las zonas en las que se permite el humo son especialmente problemáticas (Fig. 6), aunque el nivel de pro-

*Toda gran construcción debe ser dividida en sectores: verticales, horizontales o con una combinación de ambos. Las reglas que rigen la sectorización, por lo general, son poco claras sobre las razones por las que se han seleccionado los valores que limitan las dimensiones del compartimiento. Es probable que la mayoría de los criterios estén basados históricamente en la experiencia pasada, que puede no ser válida en adelante, con los métodos perfeccionados de extinción de incendios.*

blemas asociados anteriormente con dichas áreas han sido muy reducidos con la llegada del control por ordenador y de diferentes algoritmos de control; por ejemplo, la lógica fuzzy.

En todos los casos, además de los edificios de baja ocupación, los dispositivos de detección deben estar conectados a un sistema que indique el origen del fuego o el lugar en el que sonó la alarma (Fig. 7) con el fin de iniciar el control del incendio mediante el cierre de las puertas cortafuegos para aislar compartimientos, la extensión de las cortinas contra el humo o la conexión de los sistemas de ventilación automáticos, y para iniciar los procedimientos de evacuación junto con el registro automático de la detección del incendio en el cuartel de bomberos local.

#### Control del humo

Es absolutamente esencial que durante la evacuación cualquier acumulación de humos sea tal que se garantice una clara visibilidad a los evacuados y que no se permita descender el nivel inferior del humo a menos de 2,5-3 metros por encima del nivel

del suelo durante, al menos, los primeros quince minutos del incendio. También puede ser necesario mantener la temperatura del humo por debajo de un determinado valor crítico.

La exigencia del control del humo se debe, en parte, a los problemas causados por los componentes tóxicos del humo, así como al efecto de desorientación total producido por la pérdida de visibilidad. En general, será necesaria la ventilación forzada de un incendio para controlar la generación de humo, y en los estadios precoces se pueden usar cortinas contra el humo para contenerlo.

Sólo en algunos casos, en los que la ventilación natural del fuego se produce en etapas muy tempranas del incendio, notablemente en construcciones de una sola planta, en las que el material del tejado no tiene exigencia específica de resistencia al fuego, o que está diseñado para que falle y así se desplome al comienzo del incendio, no es necesario tener en consideración el control del humo.

Sin embargo, en los almacenes, en los que el contenido puede ser tal que se pueda emitir humo tóxico en los primeros estadios del incendio, di-

cho humo necesita ser contenido en zonas específicas antes de que el techo se autoventile. Dicha contención es necesaria solamente durante un período suficiente para garantizar plena visibilidad durante la evacuación. Este período es probable que sea muy corto, debido al relativamente bajo nivel de ocupación humana y a la existencia de accesos directos que están disponibles, generalmente salidas de incendios. El control del humo se debe emplear cuando los volúmenes de los sectores son grandes o hay vías de salida largas.

Los problemas se convierten en mucho más graves en los grandes edificios de plantas abiertas, centros comerciales notablemente grandes o estructuras tipo patio abierto. Los niveles de producción de humos y la cantidad de ventilación requerida deben calcularse. En dichos edificios, la instalación de un sistema automático de ventilación del humo, que se dispara cuando se detecta el fuego, es condición imprescindible. Cualquiera de esos sistemas de ventilación debe ser automático y puede estar ligado bien a la ventilación natural o a la ventilación forzada. En ambos ca-

sos debe tenerse en cuenta el efecto de los puntos de acceso necesarios para el Cuerpo de Bomberos, así como la posibilidad de que parte del revestimiento se desprenda. En el caso de un sistema de ventilación por corriente forzada debe existir un suministro alternativo y fiable de energía.

### *Sistemas de extinción*

En las áreas sensibles se instalarán dispositivos de extinción automáticos disparados bien manualmente o por el sistema de detección de incendios. Dichos dispositivos automáticos variarán dependiendo del tipo de incendio que se espere, pero, generalmente, operan sofocando el fuego y privándole de aportes de oxígeno. Los rociadores actúan muy eficazmente, disminuyendo la temperatura de los materiales que se queman. Cualquier sistema de extinción instalado como parte de la infraestructura de un edificio será complementado con la instalación de extintores portátiles adecuados al tipo de riesgo y de bocas de incendios equipadas para la extinción localizada.



**Figura 8.** Los rociadores automáticos, empleados desde fechas tan tempranas como 1870, proporcionan una protección efectiva para la vida humana.



Es probable que un gran número de edificios también tengan sistemas de rociadores de agua instalados por indicación de las compañías de seguros para reducir los daños a la propiedad o para reducir las primas de los seguros. Los sistemas de rociadores son accionados automáticamente mediante la fusión de un elemento fusible o por la rotura de una ampolla de vidrio en la cabeza del rociador. Un inconveniente de los rociadores es que se pueden producir daños importantes en otros pisos distintos de aquel en el que se produjo el incendio, debido a la filtración del agua a través de la estructura.

Un sistema de rociadores también tiene la ventaja de que las cantidades de humo disminuyen en gran medida (Fig. 8), aumentando las oportunidades de evacuación. En ensayos realizados, las temperaturas máximas a nivel del techo con rociadores fueron de 190 °C en comparación con 940 °C sin rociadores, el volumen de humo y gases producidos en los primeros siete minutos, con rociadores, fue de 1.500 m<sup>3</sup>, y sin ellos, de unos 10.000-20.000 m<sup>3</sup>, con sólo, aproximadamente, el 10 por ciento de la carga de fuego consumida con los rociadores operativos, en comparación con la efectuada sin ellos, ya que la magnitud del incendio habría sido reducida. También se estimó que con rociadores habría habido disponible un minuto más para la evacuación, y que el incendio habría estado bajo control total en veintidós minutos.

Puede haber problemas inherentes causados por la interacción entre los sistemas de ventilación y los sistemas de rociadores. Los problemas identificados están causados por el efecto de enfriamiento del agua en el penacho de humo, con lo que destruyen su empuje ascendente. El problema causado por la interacción entre la evacuación del humo y los rociadores es que el penacho de humo no se eleva y, por ello, provoca una pérdida de visibilidad durante la evacuación, o que la velocidad de ascenso debida a los ventiladores hace que las gotitas de agua que descienden de las cabezas de los rociadores pierdan efecto. Cuando están colocados ambos sistemas en las zonas de almacenaje, los rociadores deben actuar antes que los ventiladores, pero en otras zonas, en las que la evacuación es importante, pueden funcionar a la vez.

Al menos que el incendio sea pequeño o que pueda ser contenido dentro de una zona localizada por los sistemas propios de extinción de incendios, por lo general sólo con la rápida llegada del Cuerpo de Bomberos

*Es absolutamente esencial que durante la evacuación cualquier acumulación de humos sea tal que garantice una clara visibilidad a los evacuados y que no se permita descender al nivel inferior del humo a menos de 2,5-3 metros del suelo durante, al menos, los primeros quince minutos del incendio. También puede ser necesario mantener la temperatura del humo por debajo de un valor crítico.*

al escenario del incendio se puede efectuar la comprobación de la evacuación completa y tanto el control del incendio dentro del edificio como evitar la propagación del mismo a los edificios adyacentes. Para comprobar la evacuación y extinguir el incendio, se debe disponer de accesos protegidos que contengan escaleras o ascensores. Ya es, por lo general, una exigencia reglamentaria disponer de acceso adecuado para la extinción de incendios.

### Sectorización

Toda gran construcción necesita ser dividida en sectores: verticales, horizontales o en una combinación de ambos. Esta exigencia tiene como finalidad limitar la propagación del fuego a todo el edificio, y también puede estar impuesta para permitir la evacuación por fases de un edificio de muchos pisos, por la cual sólo son evacuados inicialmente los pisos contenidos dentro del compartimento afectado por el fuego, y los pisos restantes, encima o debajo de la zona afectada por el incendio, son evacuados posteriormente. Las reglas que rigen la sectorización, por lo general, son poco claras sobre las razones por las que se han seleccionado los valores, expresados como área o volumen máximo del piso, que limitan

las dimensiones del compartimento. Es probable que la mayoría de los criterios estén basados históricamente en la larga experiencia pasada, que puede no ser válida en adelante, con los métodos perfeccionados de extinción de incendios.

### Propagación del incendio entre edificios

También debe haber restricciones sobre la propagación del fuego a través de los medianiles de un edificio a otro. Se pueden exigir determinadas características de resistencia al fuego a los cerramientos laterales de los edificios, así como pedir que haya unas determinadas distancias entre los elementos de apertura al exterior (ventanas y balcones) y establecer el empleo de materiales clasificados en los revestimientos.

### Colapso estructural

Resulta obvio que no debe producirse un desplome total de la estructura durante la fase de evacuación ni, preferentemente, durante la fase de extinción (Fig. 9). Siempre que los ocupantes tengan la suficiente movilidad e información sobre la situación, la evacuación debe ser relativamente rápida, ya que las vías de evacuación a escaleras protegidas o directamente al exterior del edificio están diseñadas para permitir la evacuación completa del comportamiento de fuego en unos dos minutos y medio. La extinción puede durar un tiempo importante y, por ello, debería transcurrir un periodo suficientemente largo antes de que la estructura muestre signos de derrumbamiento.

En España existe una normativa que exige proporcionar un acceso seguro al edificio para permitir al Cuerpo de Bomberos llevar a cabo la extinción (Fig. 10). El desplome de la estructura después de un periodo dado, definido convencionalmente como resistencia al fuego de la estructura, se puede evitar diseñando la estructura de forma que, aunque debilitada y deformable, aún sea capaz de sostener un nivel razonable de carga aplicada durante todo el periodo (planteamiento pasivo), o se pueden diseñar medidas para garantizar que el fuego esté contenido, o que las temperaturas no alcancen un nivel que produzca peligro mecánico a la estructura (planteamiento activo).

En realidad, una estructura está diseñada para tener operativos ambos planteamientos, aunque, tradicional-

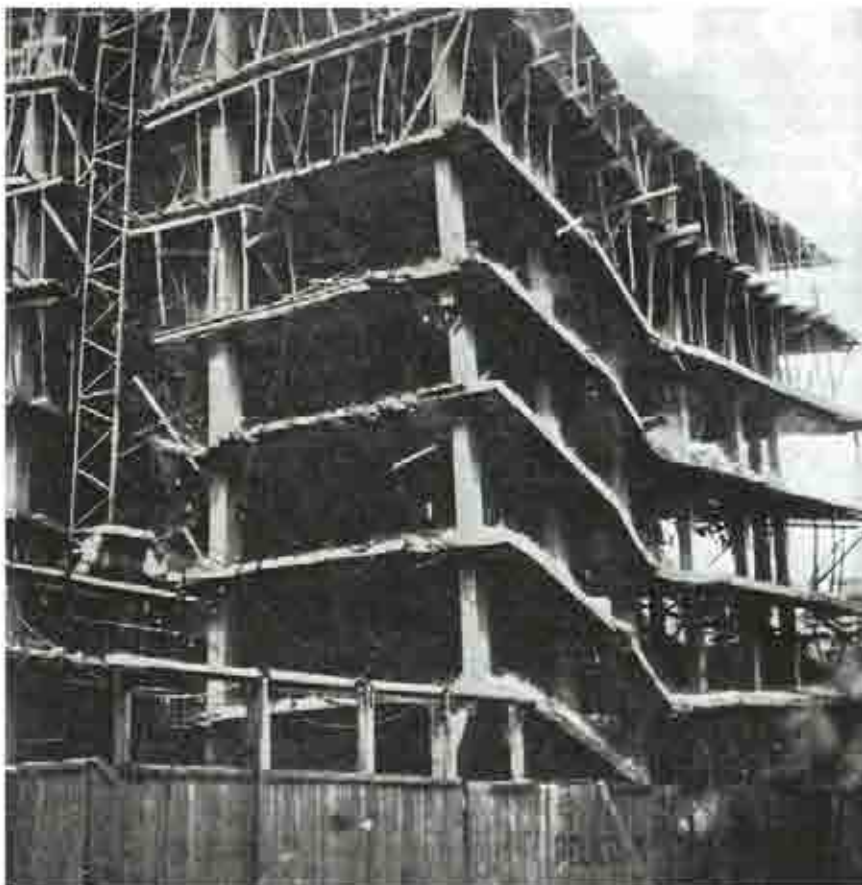


Figura 9. El colapso estructural es un hecho muy poco frecuente; en el caso de un incendio, el edificio debe aguantar no sólo el tiempo de evacuación, sino también el de extinción. (Procedencia: *Resistencia al fuego y fiabilidad de las estructuras* Schaedtl y Escolá. Barcelona, 1982.)

mente, habían sido considerados por separado. Sólo recientemente se ha reconocido que los dos sistemas son interdependientes y que uno de ellos se puede usar para reducir o modificar las necesidades del otro. A esta interacción se hace referencia frecuentemente como al «equilibrio».

Muchas de las medidas para detectar, controlar o contener el incendio dentro de un edificio vienen impuestas por legislaciones a nivel nacional, local u otros organismos reglamentadores. En determinados casos, las compañías de seguros del edificio pueden imponer restricciones adicionales.

#### LEGISLACIÓN DE CONTROL

Éste se ha realizado durante un largo periodo de tiempo, con la finalidad de proteger al público y establecer un marco para garantizar que si se produce un incendio desastroso, la probabilidad de repetición de dicho incendio sea baja. Dicho control reglamentario puede ser impuesto a través de normas nacionales, internacionales o mediante la legislación. El control legislativo, generalmente, toma la forma de reglamentos sobre edificación nacionales o locales, como nuestra NBE-CPI, ya en su cuarta edición, o exigencias legales específicas. También las compañías de seguros pueden imponer cierto grado de control.



Figura 10. La NBE-CPI/96, en su Apéndice 2, se refiere a la accesibilidad de los bomberos a los edificios.

Asimismo se ha hecho aparente que no sólo son los edificios completamente terminados o en servicio los que requieren que se les tenga en cuenta, sino que existe una creciente necesidad de considerar los casos de los edificios en construcción o en reparación.

### PRECAUCIONES CONTRA INCENDIOS DURANTE LA CONSTRUCCION Y EL MANTENIMIENTO

La situación durante la construcción e incluso el mantenimiento o la rehabilitación puede ser más grave que para edificios terminados y en funcionamiento, ya que puede existir una cantidad sustancial de materiales, con frecuencia altamente combustibles, almacenados en la obra; que algunos procesos de obra implican la aplicación de calor, frecuentemente con llama abierta; que los sistemas de protección contra incendios, activos o pasivos, pueden no estar terminados u operativos; que las características de ventilación de cualquier compartimiento serán diferentes, debido a que los revestimientos o paredes no estén en su lugar; que la compartimentación o los cortafuegos pueden no estar acabados, y que el acceso a determinadas zonas puede estar dificultado por el proceso de construcción mismo.

Estos problemas han sido puestos de manifiesto cuando se consideran los graves daños al Pabellón del Descubrimiento de la Expo 1992 de Sevilla, que estaba en construcción en el momento de su incendio.

Los problemas subrayados anteriormente en construcciones nuevas se hacen incluso más importantes durante la reconstrucción, reparación o renovación de edificios que pueden tener gran valor histórico (Fig. 11), como los incendios del Gran Teatro del Liceo, Barcelona 1994, o el Teatro de La Fenice, Venecia, 1996.

Los incendios en edificios en construcción o reparación son claramente onerosos para las compañías de seguros, si realmente los edificios de que se trata están asegurados y, como consecuencia, ello ha dado lugar a sustanciales aumentos en las primas de seguros.

Para terminar, puede resultar útil proporcionar un breve resumen.

### RESUMEN

El resumen atribuye las consideraciones de la técnica de seguridad contra incendios bajo los dos encabezamientos de disposiciones activas y pasivas.

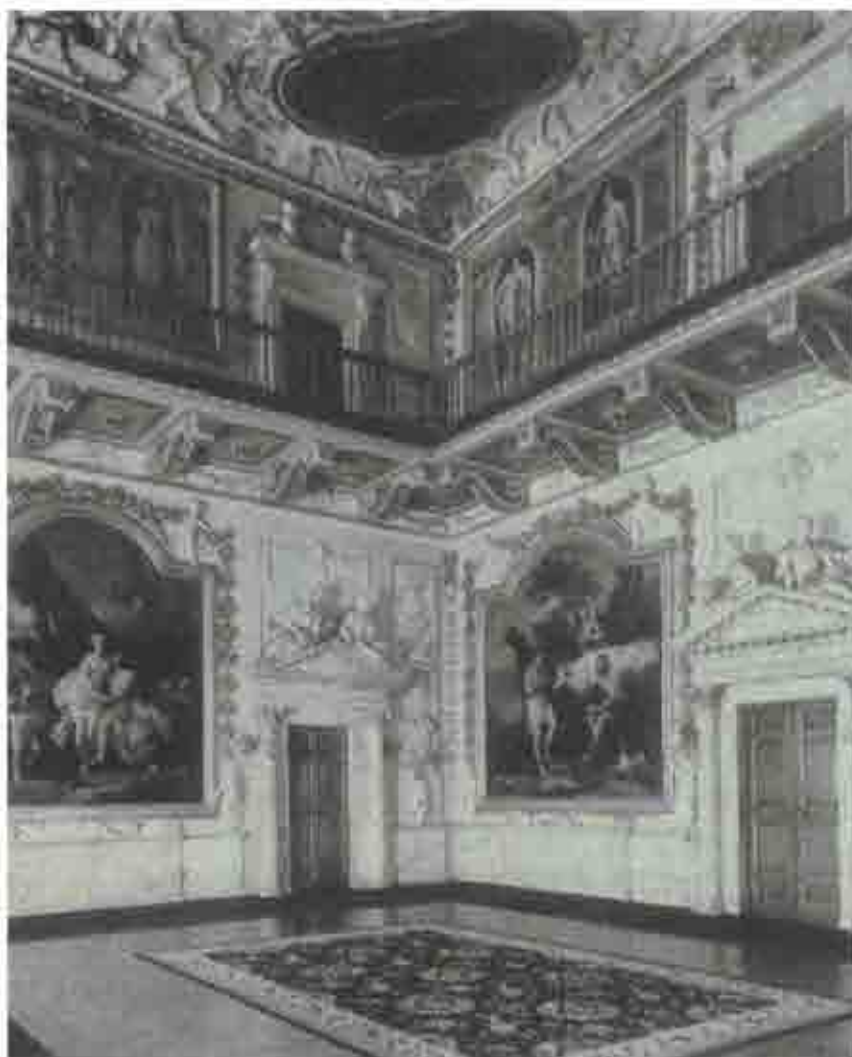


Figura 11. Los edificios o lugares históricos son lugares singulares donde suele ser difícil aplicar las medidas convencionales de seguridad contra incendios.

*La situación durante la construcción e incluso la rehabilitación puede ser más grave que para edificios terminados y en funcionamiento, ya que puede existir una cantidad sustancial de materiales altamente combustibles, almacenados en la obra; con trabajos que implican la aplicación de calor, frecuentemente con llama abierta; con los sistemas de protección contra incendios, activos o pasivos, que pueden no estar operativos; y que la sectorización o los cortafuegos pueden no estar acabados.*

### Medidas activas

- Disponer de sistemas de alarma.
- Disponer de sistemas de control del humo.
- Disponer de sistemas incorporados de extinción o control de incendios.
- Controlar el contenido peligroso.
- Disponer de acceso a los bomberos externos.
- Disponer de un sistema de gestión de la seguridad contra incendios.

### Medidas pasivas

- Compartimentación adecuada.
- Controlar la inflamabilidad de los revestimientos del edificio.
- Disponer de vías de evacuación definidas.
- Disponer de un edificio de características adecuadas.