

Incendios en edificios de gran altura

D. FRANCISCO NUÑEZ ASTRAY
 D.ª GLORIA CAMPOS MARTINEZ
 D. JULIAN A. LABRADOR
 SAN ROMUALDO
 D.ª MERCEDES SANZ SEPTIEN

Centro Tecnológico del Fuego, CETEF
 Instituto Tecnológico de Seguridad
 MAPFRE, ITSEMAP



En los 21 incendios más significativos en edificios de gran altura que tuvieron lugar entre los años 1970 y 1976 se produjeron unas pérdidas de más de 490 vidas humanas y más de 100 millones de dólares en daños materiales. Ejemplos de algunos de estos siniestros son los siguientes:

- Hotel TAI KON YAK, Seúl, Corea; edificio de 21 pisos, el 25 de diciembre de 1971, 163 muertos.
- Edificio BAPTIST, Atlanta, EE. UU.; edificio de 11 pisos, el 30 de noviembre de 1972, 10 muertos.

- Grandes Almacenes TAILO, Koamito, Japón; edificio de nueve pisos, el 29 de noviembre de 1973, 104 muertos.
- Edificio JOELMA, São Paulo, Brasil; edificio de 25 pisos, el 1 de febrero de 1974, 179 muertos.

Desgraciadamente, esta lista se ha visto incrementada en los años sucesivos, siendo el más reciente ejemplo el incendio que ocurrió el 31 de enero de 1987 en el Hotel Dupont Plaza, de Puerto Rico, un edificio de 22 plantas, en el que perdieron la vida 100 personas.

En un estudio realizado sobre los

417 incendios que tuvieron lugar en el período de 1971 a 1980, en edificios de gran altura en los que se desarrollaban actividades no industriales y que por su actividad se consideran de pública concurrencia, se han obtenido los siguientes datos, clasificando estos incendios por tipos de ocupación de los edificios:

Apartamentos	261 incendios	63 %
Oficinas	70 incendios	17 %
Hoteles	34 incendios	8 %
Hospitales	20 incendios	5 %
Otros	32 incendios	7 %

Como se aprecia en la tabla anterior, 70 de estos incendios se produ-

En síntesis, un edificio se define como de Gran Altura cuando cuenta con un mínimo determinado de plantas inaccesibles a las que, en caso de emergencia sólo se puede acceder con el empleo del equipo aéreo, ya sea a través de escaleras mecánicas sobre camiones, o por medio de helicópteros.



jeron en edificios de oficinas, 34 en hoteles y 20 en hospitales. De los 32 considerados como «Otros», 12 corresponden a Grandes Almacenes y cinco a Colegios.

En el último año en España hemos sufrido varias experiencias de este tipo, destacando el incendio de un edificio de oficinas, de 10 plantas en la Calle Princesa de Madrid, ocurrido el 31 de marzo de 1986 y en el que, por fortuna, no hubo víctimas, o el incendio del sótano del Ministerio de Economía, que fue rápidamente controlado por los bomberos, y por último, los más recientes han sido los incendios del Hospital Clínico Universitario de Valencia, ocurrido el 2 de agosto de 1986, en el que hubo que evacuar cerca de 300 enfermos, y el incendio del Hospital de la Seguridad Social Virgen de la Salud, de Toledo, en el que se evacuó a 587 enfermos y en el que hubo que lamentar la muerte de un bombero.

A todos estos edificios se les denomina Edificios de Gran Altura. En las diferentes reglamentaciones de los países europeos se definen los Edificios de Gran Altura como aquellos que superan un cierto número de metros de altura. Así, por ejemplo, en Alemania, un Edificio de Gran Altura es aquél que tiene más de 22 m. de alto. En Bélgica debe tener más de 25 m. En Portugal más de 28 m. En Francia, si es un edificio destinado a albergar viviendas, para que se considere de gran altura, debe tener más de 50 m. de alto, pero si su uso es otro, basta con que supere los 28 m. En España, la Nor-

ma Básica de la Edificación, Condiciones de Protección contra Incendios, NBE-CPI de 1982, diferencia los edificios en función de las actividades que en ellos se llevan a cabo, los clasifica en función de su altura y establece dos clases o grupos de edificios que se pueden considerar de gran altura: aquellos entre 28 y 50 m. de alto y los que superan los 50 m. en altura.

Esta diferenciación reglamentaria y normativa de los edificios por alturas está determinada por la diferente complejidad de acciones a tomar en cada uno de ellos en caso de emergencia. Se considera emergencia, no sólo la situación creada por un peligro cierto y objetivo, sino las situaciones derivadas de un riesgo, amenaza y otros peligros potenciales.

En síntesis, un edificio se define como de gran altura cuando cuenta con un mínimo determinado de plantas inaccesibles a las que, en caso de emergencia no se puede acceder con el empleo de equipo aéreo, ya sea a través de escaleras mecánicas sobre camiones, o por medio de helicópteros. En estos edificios la evaluación de la zona afectada, así como la lucha contra incendios se realiza por el interior de los mismos, al menos hasta la planta a la que se puede acceder con el equipo aéreo.

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Los efectos principales de un incendio en un Edificio de Gran Altura

son las pérdidas humanas y los daños materiales producidos. La magnitud de estos efectos dependerá del uso al que esté destinado el edificio y de los elementos de los que esté formado el mismo.

Estos elementos se pueden clasificar de la forma siguiente:

- a) Elementos capaces de iniciar y propagar el incendio.
- b) Elementos constructivos.

a) Elementos capaces de iniciar y propagar un incendio

Un incendio puede iniciarse y propagarse a través de los materiales de construcción y acabado que integran las superficies interiores (suelos, paredes, techos) del edificio, así como de los elementos del mobiliario presentes en el mismo.

El comportamiento frente al fuego de estos materiales se denomina *reacción al fuego* que se puede determinar mediante los *ensayos de fuego* que establecen la clasificación del elemento ensayado desde M-0, incombustible, a M-5, material muy fácilmente inflamable.

Todo edificio posee conductos de instalaciones, tanto en vertical a través de patinillos, como en horizontal sobre el falso techo. Existe, pues, un elevado peligro en caso de incendio en un Edificio de Gran Altura, ya que si estos espacios por los que existen conductos de instalaciones no están correctamente compartimentados y sellados, pueden propagar el incendio inicial por todo el edificio.

En el desarrollo de un incendio se producen grandes cantidades de humos y gases de combustión que se propagan fácilmente, originando falta de visibilidad, incremento de la temperatura y concentraciones no admisibles (toxicología), incluso en zonas alejadas del origen del incendio. Estos factores afectan a la seguridad de las personas, a la facilidad de extinción y a la seguridad de los bienes materiales.



b) Elementos constructivos

El comportamiento del conjunto de elementos constructivos constituye un factor importante a tener en cuenta en el desarrollo del incendio, ya que dichos elementos experimentan, con los incrementos de temperatura, una pérdida progresiva de rigidez y resistencia, lo que puede provocar el colapso de la estructura.

Según la función primaria que realicen los elementos estructurales se pueden agrupar en los siguientes tipos:

- **Portantes o estructurales:** aquéllos que forman parte de la estructura resistente del edificio (pilares, jácenas, vigas).
- **Separadores o de cerramiento:** los que separan o independizan (muros, tabiques, puertas, cubiertas).
- **Portantes-separadores:** aquellos que cumplen la doble función (muros de carga, forjados).

La capacidad de un elemento constructivo de resistir o contener un fuego es lo que se denomina *resistencia al fuego*, es decir, la aptitud del elemento para mantener, bajo la acción del fuego, las siguientes propiedades:

- Estabilidad estructural.
- Estanqueidad al paso de las llamas.
- Aislamiento térmico.
- No emisión de gases inflamables.

La Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-82, dependiendo de la altura del edificio, especifica la mínima resistencia al fuego que deben tener los elementos constructivos que forman parte del conjunto.

El comportamiento de estos elementos dependerá del material del que estén constituidos. Los materiales se comportan de formas diferentes, frente a los incrementos de temperatura:

- El **acero** se dilata, distorsiona y cede.
- El **hormigón** se contrae, fisura y agrieta.

Para Edificios de Gran Altura se suelen emplear elementos estructurales portantes de **acero**, ya que con este material se consigue gran flexibilidad, diafanidad, duración y puesta en obra sencilla. Frente a un incendio, el acero presenta un gran inconveniente, ya que a los 600° C pierde dos tercios de su resistencia mecánica y el límite elástico disminuye notablemente.

En el desarrollo de un incendio se producen grandes cantidades de *humos y gases* de combustión que se propagan fácilmente, originando falta de visibilidad, incremento de la temperatura y concentraciones no admisibles (toxicología), incluso en zonas alejadas del origen del incendio. Estos factores afectan a la seguridad de las personas, a la facilidad de extinción y a la seguridad de los bienes materiales.

Según las estadísticas recogidas, aproximadamente el 75 por 100 de las muertes en incendios se produ-

jeron a causa del humo y gases de combustión.

Es necesario, pues, considerar el comportamiento, movimiento y distribución de los *humos y gases* de combustión en el interior de un Edificio de Gran Altura.

En los Edificios de Gran Altura se debe tener en cuenta la dificultad de acceso por parte de los Servicios de Extinción, así como la *imposibilidad* de proceder a una evacuación total. Por ello, es necesario diseñar el edificio con unos criterios de sectorización, tanto vertical como horizontal, y de protección de los elementos estructurales, que hagan posible la sofocación del incendio y la evacuación parcial de los ocupantes o sectores independientes de incendio vecinos.

EVACUACION

Para conseguir una evacuación parcial del edificio, se deben proporcionar los medios necesarios para que los ocupantes puedan desplazarse a un *lugar suficientemente seguro*, en un *tiempo adecuado* en función del riesgo previsible.

Para que la evacuación se realice de forma segura, se deben proteger los medios de evacuación frente a la acción del fuego, humo y gases de combustión, señalizándose tanto las salidas como los recorridos hasta ellas e iluminándose adecuadamente.

El edificio debe ser sectorizado con el fin de efectuar la evacuación a compartimentos vecinos. Los *sectores* protegidos con rociadores automáticos pueden abarcar hasta 5.000 m². Estos sectores deberán contar con dos salidas alternativas, para poder evacuar en el caso de que alguna salida o el recorrido hasta alguna de ellas quede inutilizado por el incendio.

Las salidas de los sectores independientes deben cumplir las siguientes condiciones:

- El recorrido para acceder a una salida será como máximo de 45 metros.
- Los tramos de recorridos por pasillos con sentido único de evacuación no superarán los 15 metros.

La capacidad de los medios de evacuación (pasillos, rampas, escaleras, huecos, puertas y otros) quedará determinada en todo momen-

to por la ocupación de las zonas o sectores afectados.

Las medidas constructivas básicas que deben cumplir las vías de evacuación en los Edificios de Gran Altura, son las siguientes:

- Estos medios deben estar separados mediante elementos constructivos, con una resistencia al fuego de 120 minutos y puertas RF-60 como mínimo.
- En los espacios interiores destinados a vías de evacuación, no deberán existir tendidos de instalaciones (que no sean las eléctricas propias del recinto y las de seguridad), registros o patinillos, conductos o galerías de instalaciones o servicios, almacenamientos, etc.
- Los elementos de revestimiento de techos y paredes no deben superar la clasificación M-1, ni los de suelos la clasificación M-2.
- Las escaleras y las cajas de ascensores estarán protegidas (RF-120) y con accesos a ambas desde vestíbulos exclusivos y diferentes, con una resistencia al fuego de 120 minutos y con puertas RF-30 como mínimo.
- Los medios de evacuación se protegerán frente a los humos y gases de combustión. En el caso de escaleras esto se consigue mediante:
 - a) *Ventilación natural*, a través de un hueco cenital y una entrada de aire inferior.
 - b) *Sobrepresión* conseguida mediante una aportación mecánica de aire al recinto de la escalera (20-80 Pa) o por ventilación mecánica en los recintos colindantes, de tal forma que se extraiga un 130-150 por 100 del aire impulsado, a fin de conseguir su *depresión* con respecto a la escalera.
- La *señalización* es un complemento fundamental para la correcta y eficaz utilización de los medios de evacuación, y de extinción, por lo que el edificio debe estar convenientemente dotado de elementos de señalización colocados correctamente.

INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

a) *Medios manuales de lucha contra incendios*

Pueden utilizarse:

- *Equipos de baja efectividad (extintores portátiles)*
Son útiles cuando existe ocupación permanente.
Seguirán las especificaciones de la Instrucción Técnica de Protección contra Incendios I.T. 07.02. «Extintores Portátiles».
Aunque exista detección automática y se cumplan las condiciones expresadas en el Apartado 5.2. de la citada Instrucción Técnica, el tiempo de respuesta puede ser excesivo para considerar aceptable la protección con extintores, especialmente dado el alto peligro que puede ocasionar la programación del fuego.
- *Equipos de efectividad media (BIE de 25 mm., extintores de alta eficacia)*
Son útiles cuando existe ocupación permanente o detección automática con tiempo de respuesta reducido por parte del equipo de primera intervención.
- *Equipos de efectividad alta (mangueras de 45 mm. o superiores)*

Estos equipos son adecuados para su uso por los equipos profesionales de extinción que puedan tener acceso al interior del edificio. Los equipos requeridos son principalmente abastecimientos de agua, como columna seca o húmeda.

No se contempla el uso de equipos exteriores de alta efectividad, que sólo son aplicables a las plantas inferiores de estos edificios.

En general, el uso de los medios manuales se ve dificultado por el prolongado tiempo de respuesta —si no existe ocupación permanente— y las dificultades de orientación, movimiento y accesibilidad al fuego en este tipo de edificios.

b) *Detección automática*

Aunque en bastantes ocasiones —y de una forma muy extendida, especialmente en Europa— se contempla

El uso de rociadores automáticos es, indudablemente, el método más efectivo de control del fuego, en cualquier parte que éste se origine, antes de que se produzca una cantidad importante de humo. La presurización es uno de los métodos auxiliares eficaces en la protección contra incendios de Edificios de Gran Altura.

El comportamiento de las personas durante el incendio parece ser, en primer lugar, un problema de asimilación y evaluación de la información necesaria para, tras un análisis lógico y racional, tomar una decisión. Esta información se ve obstaculizada por la propia dinámica del incendio.

la detección como un arma para la lucha manual contra incendios. Sin embargo, como se comentaba en el párrafo anterior, el uso de los medios manuales se enfrenta con grandes dificultades en este tipo de edificios.

Por el contrario, la detección automática de incendios puede ser básica para el control de los humos y del propio fuego, constituyéndose en el sistema de comando de la presurización selectiva y de la evacuación de humos. La detección automática es también efectiva, como en cualquiera de los usos, para el comando de los sistemas automáticos de extinción, tanto parciales como totales.

c) *Sistemas de rociadores automáticos*

El uso de rociadores automáticos es, indudablemente, el método más



efectivo de control del fuego. Dado que los rociadores controlan o extinguen el fuego, en cualquier parte que éste se origine, antes de que se produzca una cantidad importante de humo, puede decirse que constituye un sistema eficaz de control, tanto para el fuego como para el humo.

Los rociadores automáticos son también, debido a su control del fuego, el medio más eficaz de compartimentación frente a un incendio, si bien unos medios correctos de compartimentación por elementos físicos o por presurización pueden ser vitales de cara a la evacuación parcial o total. Sin embargo, no es usual una compartimentación por cualquiera de estos medios capaz de hacer frente a la propagación del fuego por el exterior del edificio, lo que puede originar cuantiosos daños materiales, e incluso el colapso del edificio.

d) *Presurización*

La presurización es uno de los métodos auxiliares más eficaces en la protección contra incendios de Edificios de Gran Altura. Su acción puede abarcar tanto la protección de medios de evacuación, como el control del humo y del fuego.

- La principal aplicación es la protección de escaleras y otros medios de evacuación. Dicha protección se obtiene mediante una adecuada conjunción de los elementos físicos de compartimentación y de las instalaciones de impulsión y, en su caso, de extracción de aire. Este tipo de utilización no exige una construcción ni unas instalaciones complicadas. La sobreposición puede ser permanente o comandada tanto por pulsadores manuales —en las zonas y

períodos de ocupación— como por detección automática.

- Otra aplicación de este método es el control del humo y del fuego. Esto se consigue mediante la presurización de los sectores de incendio colindantes con el que contiene inicialmente al fuego, y la depresión simultánea de éste. Esta aplicación exige una adecuada compartimentación combinada con un sistema de detección, de forma que los elementos funcionales del sistema (ventiladores, extractores y compuertas) estén perfectamente coordinados, así como unos conductos de impulsión y extracción. Este uso es más caro y complicado que el anterior, pero también más completo, ya que a la vez que reduce los daños materiales, facilita las labores de los equipos profesionales de lucha contra incendios.

Ahora bien, la presurización, en ninguna de sus dos aplicaciones, puede sustituir a los sistemas automáticos de lucha contra incendios, aunque minimiza tanto los daños materiales como las pérdidas de vidas humanas.

COMPORTAMIENTO HUMANO

Durante los últimos treinta años se han realizado investigaciones para estudiar el comportamiento humano durante los incendios. Se han obtenido las siguientes conclusiones:

- a) El comportamiento de las personas durante el incendio parece ser, en primer lugar, un problema de asimilación y evaluación de la información necesaria para, tras un análisis lógico y racional, tomar una decisión. Esta información se ve obstaculizada por la propia dinámica del incendio, que implica cambios continuos de las condiciones del entorno, debidos a las variaciones en la producción de humos y emisión de calor dentro de las dependencias del edificio incendiado.
- b) El comportamiento de los ocupantes de un edificio sometido a los efectos de un accidente de características catastróficas es de colaboración y ayuda, más

Se ha llegado a la conclusión de que en el momento presente existen limitaciones tecnológicas que conducen a la impracticabilidad, y a veces imposibilidad, de algunas de las acciones llevadas a cabo para salvar vidas humanas y evitar daños materiales.

que competitivo, lo que demuestra que el comportamiento conocido como «pánico» no es en realidad el más generalizado.

- c) En algunos casos, jóvenes, entre diecinueve y veintiún años, saltaron por las ventanas de las fachadas confiando en su forma física.
- d) Se ha demostrado la utilidad de contar con recintos de incendio convenientemente sectorizados, capaces de albergar a aquellas personas que, por cualquier causa, no puedan evacuar con seguridad la zona. Conviene que estos sectores se sitúen en zonas comunicadas con el exterior y con posibilidad de obtener aire fresco.
- e) Son necesarias unas adecuadas y visibles señalizaciones de los medios de evacuación incluso en las condiciones más desfavorables.
- f) Si los ocupantes conocen previamente los medios de evacuación existentes, los utilizarán a pesar de que estén invadidos por los humos y gases.

PREDICCIÓN DEL PELIGRO Y RIESGO DE INCENDIO

La ciencia del fuego necesita evolucionar al mismo nivel que en los últimos treinta años han ido adquiriendo la ingeniería civil y la aeronáutica. En la última década se han obtenido suficientes datos científicos y estadísticos sobre el fuego y sus consecuencias para, con la ayuda de los ordenadores y el diseño de

modelos, llegar a predecir el curso de un incendio en un edificio dado.

En este sentido, a finales del año 1986 el National Bureau of Standards de Estados Unidos ha desarrollado un método cuantitativo de evaluación del peligro de incendio, que permite la estimación del desarrollo de un incendio específico en una habitación de un edificio en particular y con un contenido y unos ocupantes definidos. El análisis del riesgo, de forma sencilla, se lleva a través de los siguientes pasos:

- a) Definición del contexto, que incluye el producto en sí, y dónde, cuándo y por quién es utilizado.
- b) Identificación de las zonas donde se encuentran los focos de incendio.
- c) Cálculo del riesgo, determinando la extensión del incendio y el movimiento y acumulación de productos de combustión en las distintas áreas del edificio especificado.
- d) Evaluación de las consecuencias, con cálculo de las pérdidas humanas y materiales, teniendo en cuenta los diferentes comportamientos de las personas que puedan habitar el edificio incendiado.

El resultado de estos cálculos puede indicar qué ocupantes se verán afectados, incapacitados o muertos, por efecto de la temperatura, la radiación, el oscurecimiento y la inhalación de humos y gases. La próxima versión del método, que se está desarrollando en la actualidad, analizará el peligro de incendio en un edificio de varias habitaciones.

Para completar los modelos analíticos son muy importantes los expe-

rimientos a escala real e intermedia y los estudios de la fiabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos normalizados, siendo de gran utilidad relacionar los datos experimentales con los resultados de la utilización de modelos. En este sentido, es de destacar la comisión W14 del Comité Internacional de la Construcción, a la que pertenecen los más destacados investigadores del fuego de todo el mundo.

CONCLUSION

Después de este somero análisis de los factores de riesgo de los Edificios de Gran Altura, edificios que se encuentran ocupados en su gran mayoría por actividades no industriales, es decir, por actividades en las que las personas son su parte fundamental, se ha llegado a la conclusión de que en el momento presente existen limitaciones tecnológicas que conducen a la impracticabilidad, y a veces imposibilidad, de algunas de las acciones llevadas a cabo para salvar vidas humanas y evitar daños materiales.

Sin embargo, la evolución tecnológica es tan rápida que estudios de prospectiva establecen que en el primer cuarto de siglo próximo, se podrá contar con sistemas expertos que determinarán las condiciones de diseño para hacer estos edificios más seguros, permitiendo que el diseñador use su imaginación y creatividad sin menoscabo de limitaciones estéticas y económicas que puedan ser un obstáculo para dar la adecuada solución técnica, responsable y eficaz al problema de los Edificios de Gran Altura. ■

BIBLIOGRAFIA

- * INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SEGURIDAD MAPFRE: *Instrucciones Técnicas de Protección contra Incendios*; Avila: ITSEMAP, 1985, 1986.
- * ITSEMAT - FUNDACION MAPFRE: *Encuentro Internacional de Centros de Investigación y Ensayos de Incendio*; Avila: ITSEMAP - FUNDACION MAPFRE, 7-9 Oct. 1986.
- * MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: *Norma Básica NBE-CPI-82, sobre Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios*; Madrid: MOPU, 1982.
- * FACTORY MUTUAL RESEARCH CORPORATION: «High-Rise Buildings», *Loss Prevention Data*, March 1983.
- * WORLD FIRE STATISTICS CENTRE: *Etudes et dossiers* Nr. 106. *Third Seminar on World Fire Costs*; Genève: Association Inter-

nationale pour l'Etude de l'Economie de l'Assurance, April 22nd - 23rd, 1986.

* FUNDACION MAPFRE: *La Construcción y el Fuego*; Madrid: MAPFRE, 1982.

* NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION: *Fire Protection Handbook*; 16th Edition. Quincy: N.F.P.A., 1986.

* O'HAGAN, John T.: *High Rise/Fire and Life Safety*. New York: Dun. Donnelley Publishing Corporation, 1977.

* REINHARDT, G.: «Incendios y protección contra incendios en edificios de gran altura», *Schaden Spiegel*, Boletín de siniestros, 1974, 105-128.

* BRYAN, John L.: «Convergence Chesters: A Phenomenon of Human Behaviour Seen in Selected High-Rise Building Fires», *Fire Journal*, Vol. 79, N.º 6, 1985, 27-33.

* EMMONS, H. W.: «The Further History of Fire Science», *Fire Technology*, Vol. 21, N.º 3, August, 1985, 230-239.