

La seguridad ante incendio en edificios altos: un enfoque múltiple



Javier Unanua
Ingeniero Industrial



George Faller
Ingeniero Civil

Resumen

Los edificios altos requieren de un tratamiento específico en lo que concierne a la seguridad ante incendio. Una estrategia de seguridad ante incendio debe tratar todos los objetivos de seguridad, de los cuales, la resistencia al fuego es uno de ellos pero no el único. El uso de técnicas y tecnologías cada vez más avanzadas de la mano de la Ingeniería de Seguridad ante Incendio permite abordar de una manera novedosa la seguridad ante incendio, aportando soluciones óptimas que permiten un equilibrio entre coste y expectativas de los agentes intervinientes en el proceso de la edificación.

Palabras clave

Evacuación por ascensores, diseño basado en prestaciones, resistencia al fuego de la estructura, CEIYS, acceso para CEIYS, ISAI, sectorización, propagación por fachada, incendio, 'spalling'

Abstract

Tall buildings require specific treatment with respect to fire safety. A fire safety strategy should cover all safety objectives, including but not purely limited to fire resistance. The use of ever more advanced techniques and technologies brought about by Fire Safety Engineering has made it possible to tackle fire safety in a far more innovative manner and has provided optimum solutions to ensure the correct balance between costs and the expectations of the agents intervening in the building process.

Keywords

Lift evacuation, performance-based design, structural fire resistance, access for fire and emergency response services, ISAI, sectorization, façade spread, fire, spalling

Los siguientes aspectos son particulares en lo que concierne a la seguridad ante incendio de los edificios en altura y deben tenerse en cuenta a la hora de desarrollar estrategias de seguridad ante incendio globales:

- La intervención de los Cuerpos de Extinción de Incendio y Salvamento (CEIYS) está condicionada por las capacidades de sus medios de elevación.
- Se deben tomar medidas especiales para limitar la posibilidad de una propagación del incendio hasta que se haga incontrolable, instalando sistemas automáticos de control del incendio y garantizando la compartimentación, especialmente en fachada.
- El objetivo principal de la estabilidad estructural en este caso es evitar la ruina sobre los miembros de los CEIYS mientras estos actúan y reducir el riesgo de ruina en zonas urbanas con alta densidad de edificación.
- La evacuación del edificio se desarrolla durante un tiempo mayor que en edificios de baja y media altura, al deber efectuar los ocupantes largos recorridos verticales.
- El efecto chimenea ('stack effect') es más pronunciado que en edificios de baja o media altura dada la altura de las comunicaciones verticales y su efecto debe tenerse en cuenta a la hora de evaluar el movimiento de los humos y diseñar algunos sistemas como el de presurización de escaleras.

Propagación por fachada

El fenómeno de propagación del incendio por fachada es, sin duda, uno de los mayores riesgos que se presenta en edificios en altura dada la alta proporción de vidrio en su composición como es el caso de los muros cortina.



Fig. 1. Muro cortina dañado por un incendio

El enfoque tradicional de las normativas de seguridad ante incendio para limitar el riesgo de propagación por fachada ha sido la prescripción de petos o antepechos resistentes al fuego de unas dimensiones dadas en el encuentro entre forjados y fachadas.

La experiencia demuestra que la manera más eficaz de evitar la propagación vertical del incendio con muros cortina es la instalación de rociadores automáticos que cubran las plantas del edificio más una junta eficaz que impide la separación entre forjado y fachada una vez se inicie el incendio y se producen dilataciones en la carpintería sometida al fuego. Es, por tanto, un tema fundamental garantizar que tales juntas hayan sido ensayadas o calculadas para garantizar ese comportamiento.

Evacuación de edificios altos

Evacuación por fases

Una evacuación por fases es la alternativa a una evacuación simultánea y consiste en dar la orden de evacuar el edificio de manera progresiva. Primero se ordena evacuar a los ocupantes de la planta en la que se ha iniciado el incendio y de las plantas inmediatamente inferior y superior. Si es necesario recurrir a una evacuación total del edificio, se procede a evacuar los ocupantes en las otras plantas superiores con un cierto desfase.

Esta estrategia tiene varias ventajas:

- Se facilita la evacuación rápida de las plantas en mayor riesgo; estos ocupantes no comparten las escaleras con el resto de los ocupantes y, por tanto, evacuan más rápido al no verse entorpecido su avance en las escaleras.
- En caso de incendios de muy poca severidad que pueden ser controlados rápidamente o falsas alarmas, cuya frecuencia es mayor que la de incendios reales, se limita la evacuación a las zonas estrictamente necesarias, reduciendo el tiempo de interrupción de la actividad del edificio.

Uso de ascensores

El uso de ascensores es una alternativa especialmente indicada para evacuaciones de discapacitados y de cualquier tipo de público en zonas con alta ocupación, especialmente si están situadas en las plantas altas. Asimismo, el uso de ascensores aporta ventajas cuando se hace necesaria una evacuación simultánea en situaciones de emergencia no relacionadas con incendios (amenazas de bomba, por ejemplo). Algunas normativas ya empiezan a recomendar el uso de ascensores para evacuación en edificación en altura para todo tipo de público.

Acceso de los miembros de los CEIYS

La intervención de los CEIYS requiere de viales apropiados, accesos a la edificación que permitan su despliegue, medios



Fig. 2. Modelado de evacuación de un edificio alto

para acceder dentro de la edificación hasta los focos de incendio y medios de extinción y suministro de agua adecuados para atacar el incendio desde dentro y fuera del edificio.

Una de las características obvias de los edificios en altura es que las escalas de los vehículos de los CEIYS no son capaces de cubrir toda la altura. Por tanto, se debe proveer de los medios necesarios para que puedan intervenir en condiciones aceptables desde dentro.

Actualmente, hay un consenso mundial sobre el uso de ascensores para los CEIYS. La ventaja principal del uso de ascensores es la rapidez, se acorta el tiempo necesario antes de acometer las operaciones de ataque del fuego. El uso de ascensores en vez de escaleras permite ascender a los miembros de los CEIYS sin interferir con la evacuación, que puede estar produciéndose aun cuando llegan al edificio. Además se permite a los miembros de los CEIYS atacar el incendio en condiciones físicas mejores que si tuvieran que subir sus equipos por las escaleras.

En países como el Reino Unido el uso de ascensor de emergencia va ligado al concepto más amplio de 'núcleo de lucha contra incendios'. Se entiende como tal un núcleo que dota a los bomberos de acceso a todas las plantas del edificio, mediante ascensor y escalera de uso exclusivo (que puede también ser usada en la evacuación asistida del edificio de

los discapacitados) así como de los medios de extinción necesarios para el uso de los CEIYS.

El núcleo está aislado del resto de áreas del edificio por elementos resistentes al fuego y protegido frente al paso del humo por un sistema de presurización o por medio de otras medidas como vestíbulos ventilados. Los miembros de los CEIYS acceden desde el exterior del edificio en la planta de acceso mediante un paso protegido hasta llegar al núcleo de lucha contra incendios.

En España la normativa nacional prescribe el uso de bocas de incendio equipadas con mangueras de 25 mm para zonas de riesgo ordinario y columnas secas, alimentadas desde el exterior del edificio por las tomas en fachada. En otros países se introduce el concepto de columna húmeda. De esta manera, los miembros de los CEIYS pueden conectar sus mangueras a un sistema dentro de núcleo alimentado por aljibe y bomba propias del edificio y no depender de las capacidades de bombeo de sus camiones y el suministro de la red.

Resistencia al fuego de la estructura

Un fallo estructural en situación de incendio lleva a que se incumplan otras exigencias como la evacuación de los ocupantes, la propagación interior, la propagación a edificios adyacentes y la intervención de los bomberos.

Tradicionalmente, la exigencia de resistencia al fuego de la estructura se ha tratado en todos los países prescribiendo una duración mínima exigida frente a una curva normalizada tiempo-temperatura. El tiempo exigido está relacionado con la severidad del incendio propia del riesgo de la actividad y con las consecuencias de la ruina, que son mayores a mayor altura (principalmente, la seguridad de los miembros de los CEIYS y el riesgo para el entorno debido a la ruina de un edificio alto).

Por esta razón, las normativas de todos los países prescriben las mayores exigencias de periodo de resistencia al fuego para los edificios altos, que en España son de dos y tres horas en función del uso.

Enfoque tradicional y enfoque prestacional del tratamiento de la resistencia al fuego

La curva de incendio normalizada tiempo-temperatura se supone que es una idealización de las condiciones que se registran en un recinto una vez se produce un fuego totalmente generalizado. Esta curva, que proviene de principios del siglo XX, ha servido durante mucho tiempo para estandarizar las exigencias y el ensayo de las soluciones de protección pasiva que garantizaban esas exigencias. Estos ensayos, llevados a cabo en hornos de dimensiones limitadas, permiten conocer el comportamiento de elementos aislados (vigas y pilares) de unas dimensiones dadas.

Sin embargo, este enfoque tradicional basado en una curva normalizada y el comportamiento estructural de elementos aislados tiene una serie de inconvenientes:

- La curva de incendio prefijada, no tiene relación alguna con las propiedades del recinto que influyen en el desarrollo del incendio como la ventilación o la disipación térmica de los cerramientos del sector.
- La curva no tiene en cuenta la carga combustible, una vez esta empieza a agotarse la temperatura empieza a disminuir. Este hecho impide que en los hornos de ensayo no se estudie el comportamiento de las estructuras una vez se enfrían e inician la contracción.
- El ensayo de elementos aislados no tiene en cuenta el comportamiento global de la estructura que difiere del de un elemento discreto. En estructuras con un grado importante de hiperestaticidad, se produce una redistribución de los esfuerzos de manera que los elementos más calientes y por tanto con menor capacidad portante transfieren sus esfuerzos a otros elementos más fríos.

La evolución del conocimiento científico de la Ingeniería de Seguridad ante Incendio (ISAI) ha permitido desarrollar nuevas metodologías y técnicas para estudiar el comporta-



Fig. 3. Horno de ensayo (cortesía de CIDEMCO)

miento de las estructuras en caso de incendio. Este avance ha permitido aplicar el principio del diseño basado en prestaciones al análisis de la resistencia al fuego de la estructura. Este enfoque permite verificar el cumplimiento de las exigencias normativas para soluciones de protección pasiva alternativas a las soluciones tradicionales.

El diseño basado en prestaciones requiere un proceso que se puede resumir en las siguientes etapas:

1. Definir unas metas y objetivos que el sistema estructural debe cumplir, incluso más allá del cumplimiento de la normativa.
2. Establecer los criterios de aceptación.
3. Definir los supuestos de incendio y caracterizarlos en los escenarios de incendio de cálculo.
4. Elegir un modelo de cálculo de incendio, ya sea empírico o avanzado. Se debe llevar a cabo un estudio de sensibilidad para estudiar qué variables tienen impacto en la evolución del incendio.
5. Calcular la transferencia de calor a los elementos estructurales en función de su exposición particular.
6. Verificar el comportamiento de la estructura ante esas acciones térmicas considerando el deterioro de las propiedades resistentes con el calentamiento.
7. Comprobar el cumplimiento de los criterios de prestaciones y, en caso de no cumplirlos, proponer soluciones nuevas y chequearlas siguiendo el proceso.

El panorama que se abre al proyectista es amplio a la hora de abordar la verificación de la exigencia de resistencia al fuego de la estructura, pudiendo ir desde métodos tradicionales, que permiten dar una solución con poco coste de ingeniería pero transmiten poca información sobre el comportamiento real de la estructura en caso de incendio hasta métodos más avanzados que requieren un mayor esfuerzo de proyecto, pero proporcionan mayor información, permitiendo estudiar soluciones optimizadas de protección pasiva.

Estructuras de hormigón

El hormigón se caracteriza por su baja conductividad térmica, por lo que en situación de incendio se produce un

calentamiento lento. Las secciones de hormigón mantienen durante periodos prolongados su resistencia, siendo el calentamiento de las armaduras de acero el que conduce a la ruina de los elementos estructurales. Se puede decir que, en general, las estructuras de hormigón armado garantizan la exigencia de resistencia al fuego de la estructura para periodos altos sin necesidad de recurrir a medios adicionales de protección.

No debe, sin embargo, obviarse el '*spalling*'. Se trata de un proceso físicoquímico que ocurre en los elementos de hormigón armado sometidos a velocidades de calentamiento elevadas o cuando alcanzan altas temperaturas. El '*spalling*' es de especial relevancia en el hormigón de alta resistencia (HAR) utilizado en edificación en altura. Por sus características el HAR es más propenso al '*spalling*'.

El resultado final es un deterioro físico de los elementos expuestos al incendio que se manifiesta con el desprendimiento de fragmentos de hormigón de la superficie. El '*spalling*' se considera una causa de fallo del hormigón al conllevar este desprendimiento la disminución de la protección de la armadura o, en ocasiones, la exposición directa de las barras de armadura de acero. Una vez ocurre esto, el acero se calienta muy rápidamente y pierde sus propiedades resistentes en muy poco tiempo, pudiendo originarse la ruina del elemento estructural.

De todas las medidas existentes para paliar el efecto del '*spalling*' la adición de fibras de polipropileno parece la más apropiada para estructuras de HAR, la normativa europea recomienda valores de dosificado, aunque sería apropiado un estudio detallado de cada caso.

Estructuras de acero

El acero, como material metálico se caracteriza por su alta conductividad, una vez se someten los perímetros de las secciones a calentamiento, se produce un incremento rápido de la temperatura. Este incremento produce una reducción de las propiedades resistentes. Por este hecho, secciones de acero no protegidas, si se considera su contribución como elementos aislados, tienen unas resistencias al fuego frente a la curva normalizada bajas y requieren de medios de protección pasiva para garantizar altas exigencias de resistencia al fuego.

Como se ha explicado previamente, se puede recurrir a estudios basados en prestaciones para justificar niveles de pro-

tección alternativos a la aplicación de la exigencia normativa de resistencia al fuego. El acero es un material predecible en situación de incendio, tras años de investigación se dispone de tablas de propiedades con la temperatura que permiten modelar su comportamiento.

Estructuras mixtas

En el caso de las estructuras mixtas, la propia naturaleza de las secciones colabora en la resistencia al fuego de la estructura. El hormigón sirve de aislante, reduciendo el incremento de la temperatura en el acero y, por tanto, retardando su pérdida de resistencia.

Para el tratamiento de las estructuras de forjados mixtos con chapa colaborante y vigas de acero existen varias soluciones de diseño y verificación posible. Los métodos convencionales se basan en la protección del forjado con un sistema pasivo proyectado por su parte inferior o la introducción de una barra de armadura en el nervio que permita reemplazar la resistencia a tracción de la chapa que se pierde una vez esta alcanza altas temperaturas en las fases iniciales del incendio.

Existe un método innovador basado en la ISAI y el conocimiento desarrollado en proyectos de investigación. Si se garantiza una resistencia al fuego elevada de los pilares y de las vigas principales y se toman medidas de diseño para garantizar la ductilidad del forjado de hormigón, puede prescindirse o reducirse la protección de las vigas secundarias embrochadas entre vigas principales. En situación de incendio, las vigas secundarias se calientan rápido, experimentan grandes deformaciones y dejan de contribuir a la resistencia del conjunto estructural. El forjado entra en un mecanismo de catenaria que traslada los esfuerzos hacia las vigas principales y estas a los pilares. Vigas principales y pilares mantienen la estabilidad del conjunto. Este tipo de solución requiere de las apropiadas verificaciones mediante métodos de ISAI.

Conclusión

Como conclusión, podemos decir que la seguridad ante incendio de los edificios en altura presenta aspectos de particular importancia que las normativas de edificación tradicional no abordan siempre de manera idónea. La ISAI es un método ingenieril que permite reconocer los temas claves y buscar soluciones adecuadas para abordarlos. **ROP**

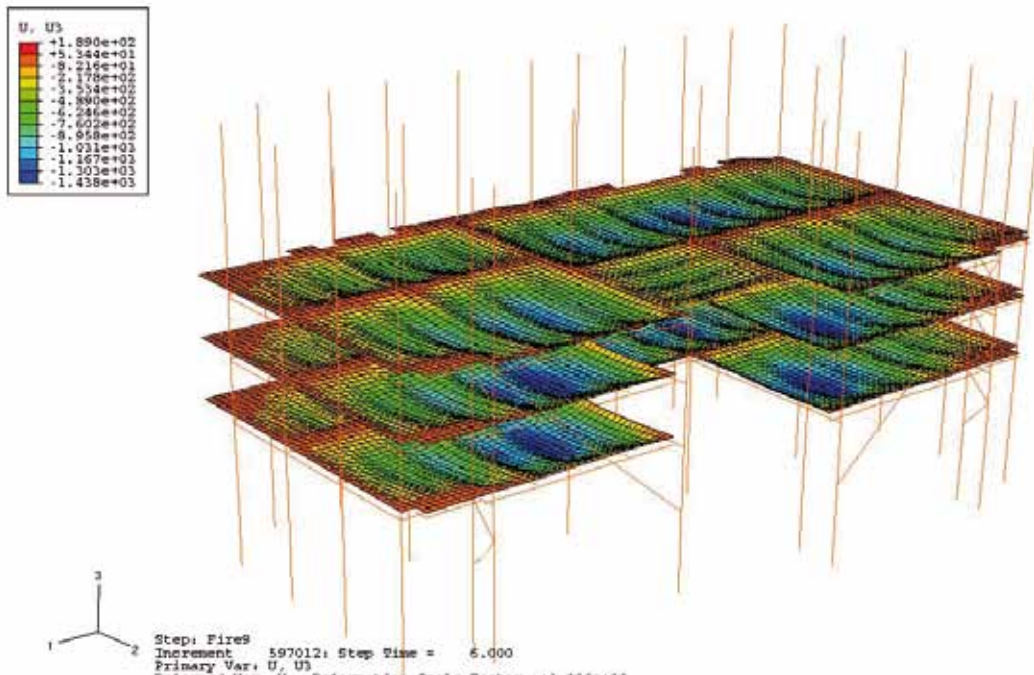


Fig. 4. Modelo de elementos finitos de forjados mixtos de un edificio alto sometidos al incendio