

4.1 Transporte ferroviario y metropolitano

# Incendios EN EL TRANSPORTE

La seguridad debe ser el objetivo principal a la hora de proyectar una red de transporte. Por este motivo, el estudio de las necesidades del diseño de los sistemas contra incendios en el transporte –especialmente en lo relacionado con el mundo subterráneo, el ferroviario y el de los túneles– es básico. Especial relevancia tienen los sistemas de prevención contra incendios en el metro y en trenes. El código ético en esta materia de prevención abunda en el denominado «diseño prestacional», incluido en un vademécum que sirve de guía a quienes proyectan estaciones de mercancías y unifica criterios en materia de protección civil.

**E**l transporte metropolitano por excelencia es el metro. Es necesario realizar un análisis de los riesgos que se pueden dar en sus instalaciones. De hecho, los factores principales de alarma en los ferrocarriles metropolitanos vienen dados por la concentración masiva de viajeros, por su implantación subterránea y por la extensión de la red.

Aurelio Rojo, secretario general de la Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos (Alamys), esgrime las causas por las que se puede provocar un incendio en el metro: averías graves de trenes e instalaciones, accidentes de trenes, actos de vandalismo, actos de terrorismo, inundaciones, terremotos, atmósferas explosivas y derrumbamientos o perforaciones de la superficie.

## Protección en el metro

Igualmente, Rojo detalla los sistemas de protección contra incendios que se deben emplear en el material móvil del me-



tro. En lo que respecta a la prevención, se deben analizar las principales características en la producción del carrozado de los coches, especialmente desde el punto de vista de la seguridad contra incendios. Y siempre, «diseñar sistemas que eviten, o en todo caso reduzcan, los riesgos de incendio». Todo esto demanda continuamente mejoras en las instalaciones e incorporaciones a la red de nuevos vehículos, «cada vez más confortables y seguros para los usuarios».

Entre las exigencias de seguridad en la fase de diseño nos encontramos con la necesidad de «evitar todo punto donde puedan ubicarse fuentes de ignición», «la necesidad de que los coches sean diáfanos», el que «no haya huecos que puedan acumular basura», el que «los pasos de cables y los cofres estén cerrados y sellados», así como «la existencia de tabiques cortafuegos» y «de cofres autoextinguibles en los equipos de mayor potencia».

### Sistemas de agua nebulizada

A pesar de estas precauciones, si tiene lugar un incendio, Rojo comenta que «hay que intentar retrasar su propagación para que el tren llegue a la siguiente estación» y «proceder a la evacuación de los viajeros». Limitar el tiempo de permanencia en el área afectada por el fuego y el humo, minimizar el efecto del humo y las posibles zonas dañadas son pasos importantes. Los sistemas de agua nebulizada «consiguen extinguir el incendio en poco tiempo y controlar las temperaturas», añade el secretario general de Alamy.

Respecto a la evacuación de los vagones, los caminos de escape tienen que estar indicados a lo largo del tren y se debe priorizar la evacuación del personal de movilidad reducida. Del mismo modo, hay que incorporar señalización y comunicaciones con carteles informativos e iluminación de emergencia y foto luminis-



### En el metro hay que diseñar sistemas especiales que eviten o reduzcan los riesgos de incendio

cente, siempre visible en condiciones de falta de alumbrado.

En el caso del Metro de Madrid, uno de los más importantes del mundo, existen unas entradas específicas para los bomberos «en todos los pozos de ventilación, en las salidas de emergencia y en las entradas normales», informa Rojo. Además,

### Principales desastres por incendio en redes de metro

1903	Estación de Couronnes (París), perecieron 81 personas por inhalación de monóxido de carbono.
1987	Incendio de una escalera mecánica en la estación de King's Cross (Londres). 31 muertos.
1995	Incendio por cortocircuito en un tren en el túnel de Bakú. 289 muertos.
2003	Un acto vandálico (volcado e ignición de un recipiente con gasolina en un coche) provocó fuego en dos trenes del metro de Daegu (Corea del Sur). 198 viajeros muertos.

«hay columnas secas y medios de comunicación para poder enlazarse estando dentro de los túneles».

### Vademécum EPCEC de RENFE

Eufemio Caballero, jefe de gabinete de Protección Civil y Seguridad en la Circulación de RENFE, señala que, en caso de catástrofe, «las decisiones pueden ser tomadas por todos los presentes, incluso por el propio usuario». Habida cuenta de que precisamente el 56% de los viajeros de cercanías se encuentra en estaciones subterráneas en la mayoría del tiempo, es obligado hacer hincapié en que hay que «incidir en los anteproyectos para facilitar el diseño preventivo». En este sentido, «el código técnico abunda en el diseño prestacional», desarrollado por el vademécum «Elementos de Protección Civil en Estaciones de Cercanías (EPCEC)».



El objetivo del citado vademécum es facilitar una guía que sirva a todos aquellos que proyectan y diseñan estaciones de cercanías (tanto nuevas como remodeladas), unificar los criterios en materia de Protección Civil y participar en el fin común de alcanzar una seguridad integral en el servicio diario a personas. Por otra parte, persigue ser un documento vivo y claro.

La forma de conseguir estas premisas es «asumiendo responsabilidades y competencias, adquiriendo compromisos sobre aplicación y posterior mantenimiento y asignando recursos humanos, técnicos y económicos».

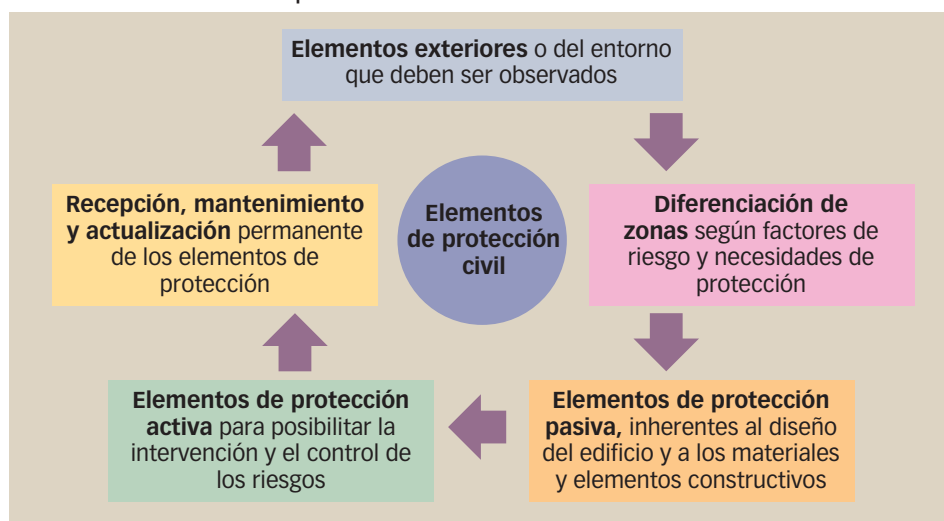


Aurelio Rojo, secretario general de la Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos.

El objetivo del vademécum EPCEC es facilitar una guía que sirva a todos aquellos que proyectan y diseñan estaciones de cercanías

#### Estructura del vademécum EPCEC

Elementos de protección civil en estaciones de cercanías



Fuente: RENFE

Para Caballero, el objetivo, en lo que a protección pasiva se refiere, es «alcanzar la protección adecuada mediante zonas estancas o protegidas frente al riesgo de propagación de humos». Para ello, hay que determinar las condiciones de compartimentación contra incendios mediante elementos delimitadores «resistentes al fuego», para que el incendio pueda quedar confinado dentro de un área. También se deben establecer condiciones de aseguramiento mediante sistemas de ventilación y control de propagación de los humos y los gases de combustión. ♦



Age Fotostock

#### 4.2 Ventilación en túneles

# INGENIERÍA DE VENTILACIÓN EN túneles

Tras el incendio que tuvo lugar en 1999 en el túnel franco italiano de Mont Blanc, que costó la vida a 39 personas, se realizaron una serie de mejoras para prevenir las catástrofes en los túneles: recomendaciones nacionales y de la UNECE, una Directiva europea (2004) para estos casos, el lanzamiento de redes temáticas y de proyectos europeos y, finalmente, el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo.

Los objetivos que se persiguen para la seguridad son «la prevención» y «la reducción de las consecuencias», como afirma Ignacio del Rey, del Centro de Modelización e Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Madrid.

Medidas para mejorar la evacuación, medidas de extinción, mantenimiento de las instalaciones, rápida detección, formación del operador y estudio de la evolución del fuego, son algunas de las necesidades que enumera Del Rey para que los túneles adquieran una «seguridad prestacional». En su opinión, «es importante entender cuál será la evolución del humo en el interior del túnel y evaluar las condiciones de evacuación».

La ventilación es uno de los temas más importantes en la protección contra incendios en túneles. Sus dos principales objetivos son salvaguardar a los usuarios y proteger la seguridad de los servicios de intervención. Del Rey argumenta que «el objetivo de la ventilación en túneles bidireccionales es arrastrar los humos hacia la siguiente boca», mientras que «otro objetivo es producir la extracción de humos por la parte superior cuando hay sistemas de extracción».

Del Rey aporta varios argumentos en contra de los clásicos rociadores. En primer lugar, «dificultan la etapa de evacuación». También «pueden provocar accidentes al activarse de forma fortuita». Otras razones apuntadas son la pre-

sunta «eficacia de extinción en vehículos cerrados», los «riesgos de explosión de vapores inflamables» y el «alto coste de la instalación, mantenimiento y explotación».

Estas opiniones son contrarrestadas por Jack R. Mawhinney, de la Hughes Associates Inc., quien sostiene que «los sistemas de extinción con agua nebulizada pueden hacer que el fuego sea de me-

nor tamaño y que, por tanto, se pueda controlar más fácilmente».

Del Rey concluye sus argumentaciones afirmando que «el grado de conocimiento y la experiencia en campo asociada a los sistemas de ventilación convierten a ésta en una herramienta fundamental para gestionar situaciones de incendio»; también estima que la implantación de estos sistemas está condicionada a mejoras de los procedimientos de activación y a la adopción de sistemas complementarios de detección; por último, destaca que «en todo caso, la decisión acerca de la instalación o no de sistemas fijos de extinción debe estar vinculada a la realización de estudios específicos para cada túnel en el que se tengan en cuenta sus características». ♦

### Los dos grandes objetivos de los sistemas de ventilación en los túneles son salvaguardar a los usuarios y proteger la seguridad de los servicios de intervención



#### Principales accidentes ocurridos en túneles

1999	Mont Blanc (Francia/Italia), 39 víctimas.
1999	Tauern (Austria), 12 víctimas.
2001	San Gotardo (Suiza), 11 víctimas.
2005	Frejus (Francia/Italia), 2 víctimas.
2006	Vía Mala (Suiza), 9 víctimas.

4.3.1 Edificios de gran altura. El «caso Windsor»

# EL INCENDIO DEL EDIFICIO Windsor

El incendio del edificio Windsor, el 12 de febrero de 2005, ha dejado como imagen en la retina colectiva de quienes lo presenciaron –tanto en directo como a través de la televisión– la de un rascacielos metido dentro de una inmensa hoguera durante varias horas, en un efecto que se magnificaba al ser de noche, lo que hacía que la referencia visual no se perdiera en los alrededores y se centrara en el edificio ardiendo. Mientras esto ocurría, llamaba la atención el hecho de que las llamas y el incendio se extendían hacia abajo, además de su natural propagación ascendente. Esto indicaba que estaba ocurriendo algo especial, algo que no es común y que no se había observado antes, no sólo por la propagación descendente del fuego sino también por la velocidad con la que sucedía.

Por **JOSÉ PASCUAL MARTÍNEZ**. Arquitecto.

## El edificio

El edificio Windsor había sido proyectado y construido a principios de los años 70 del pasado siglo, cuando no había normativa –y por supuesto tampoco costumbre ni cultura– sobre la protección contra incendios. Sin embargo, su esquema estructural y de disposición interior respondía a una idea que se ha revelado muy eficaz con el paso de los años para hacer frente al riesgo de incendio en esta clase de edificios (hay notables ejemplos de ellos en Madrid, así como en Milán, Frankfurt, París y otros lugares en la misma época): un núcleo en el centro de la planta con estructura de hormigón, de notables espesores y

fuertemente armado –con el fin principal de dotar de rigidez al edificio, soportar el esfuerzo de viento y absorber vibraciones– y una zona alrededor, diáfana en principio, donde se establece el espacio para oficinas.

El núcleo central contenía la caja de escalera, recintos de ascensores, patinillos verticales de instalaciones técnicas, cuartos de aseo y dos vestíbulos opuestos de entrada a cada planta de oficinas. Con esa configuración, cada planta está aislada de la que está por encima y de la que está por debajo, impidiendo que el fuego se transmita de una a otra, mientras el núcleo central, aparte de sus fines estabilizadores, ejerce también los fines

de protección contra el fuego y hace la función de recinto de seguridad para permitir la evacuación de las personas.

Estructuralmente, este esquema simplificado se completaba con una fila de cinco pórticos de soportes apantallados de hormigón armado y vigas mixtas en la banda central, y en el perímetro soportes metálicos en número de 62. Enlazando los soportes perimetrales con los pórticos citados y el núcleo central se encontraba el forjado de planta, de hormigón armado en dos direcciones.

Existían, además, dos plantas técnicas, entre las 3-4 y las 16-17, para alojamiento de instalaciones. En realidad, eran los basamentos de las dos partes



Cordompress



en que estaba dividido el edificio en vertical. La planta técnica inferior estaba compuesta por ocho grandes vigas de hormigón armado de 25'90 m. de largo y 3'25 m. de alto y sostenía el conjunto de las plantas 4 a 16; la planta técnica superior era similar y sostenía el edificio desde la planta 17 a la 27. En su interior, como se ha indicado, sólo había instalaciones técnicas y no existían materiales sólidos combustibles. Esta descripción que aquí se hace pretende poner de relieve que, al tratarse de un espacio muerto, no contribuye a que se

propague el fuego ni de forma ascendente ni de forma descendente.

Resumiendo, con una configuración arquitectónica y estructural como la aquí descrita no tendría que haberse desarrollado y propagado un incendio en la forma en que sucedió.

### El incendio

Del inicio del incendio se tuvo constancia a través del sistema de detección automática, que enviaba a la central de detección –atendida por vigilantes– una señal luminosa que únicamente señala-

ba un detector activado, sin indicar posición. Conectada a dicha central existía una central general de alarmas, bastante más moderna que la anterior, pero situada en distinto local, donde ya se indicaba planta y sector donde se había detectado el incendio.

La alarma de detección, con indicación de planta 21, sector sur, se produjo a las 23'08 horas. Fue atendida por uno de los vigilantes y un miembro del personal de mantenimiento, quienes intentaron hacerse con el fuego mediante el empleo de extintores y una boca de incendios, pero sin conseguirlo, dado que un obstáculo tras una puerta les impedía llegar al recinto donde estaba el fuego, por lo que dieron aviso al Servicio de Extinción de Incendios de Madrid, donde la llamada quedó registrada a las 23'19 horas.

**El incendio, iniciado en zona próxima a la fachada, debilitó los bastidores de aluminio del muro cortina que constituía dicha fachada, saliendo las llamas al exterior**

El incendio, iniciado en zona próxima a la fachada, rápidamente debilitó los bastidores de aluminio del muro cortina que constituía dicha fachada, saliendo las llamas al exterior, que a su vez debilitaron y abrieron los bastidores de la planta superior –la 22– propagándose a ésta, y sucesivamente del mismo modo se fue extendiendo a las plantas superiores, teniendo como alimento del fuego el material combustible que es normal en un edificio de oficinas: papel, moqueta y madera. Contribuía al desarrollo rápido del fuego por el interior de cada una de las plantas el hecho de que éstas eran diáfanos, sin barreras físicas que lo



frenasen (las divisiones interiores que pudiera haber entre oficinas y despachos eran de material ligero, sin posibilidad de soportar los efectos térmicos, y además de esto, en despachos de cierta representatividad las paredes estaban cubiertas por paneles de madera, aumentando así la contribución al desarrollo del fuego).

### Los primeros colapsos

Con tal desarrollo térmico fueron cediendo los pilares metálicos perimetrales y se produjo un primer colapso parcial, con caída de forjados de las plantas superiores, sobre las 1'15 horas; un nuevo colapso parcial sobre las 3'30 horas y un tercer colapso parcial sobre las 4'05 horas. Eso hace que por encima de la planta 18 la estructura inicial hubiese quedado reducida a los pórticos y núcleo de la banda central. Al mismo tiempo, el incendio se propagó hacia las plan-

tas inferiores, por debajo de la planta técnica II—entre la 16 y 17—terminando por detenerse en la planta 7.

El Servicio de Extinción de Incendios, que fue avisado, como se ha indicado antes, a las 23'19 horas, se encontró a su llegada con un fuego ya desarrollado y saliendo llamas por una parte de la fachada, en un edificio de 30 años de antigüedad cuya seguridad interna era de lo más imprecisa.

Su trabajo se inició tras la fatiga acumulada de subir 21 pisos por la escalera portando un pesado equipo, encontrarse con una masa de humo que impedía identificar el camino hasta el foco del incendio y, lo que es peor, soportando las súbitas caídas y desprendimientos de los falsos techos, sus armaduras y las mamparas de las divisiones interiores con sus bastidores, formándose de repente un laberinto en la oscuridad donde era imposible transitar y pisar suelo firme. A cau-

sa de ello, varios bomberos resultaron lesionados, requiriendo asistencia, y se produjo un aislamiento entre miembros de una misma dotación, generándose una situación crítica por falta de visibilidad entre el humo e incertidumbre sobre la cantidad de bomberos heridos o afectados, que trabajaban simultáneamente en las plantas 21 y 22.

Ante el peligro, tras hora y media de esfuerzos, se decidió salir del edificio, llegando todo el personal a la calle a las 1'18 horas. El primer colapso parcial se había producido, como se ha indicado, a las 1'15 horas, hundiéndose la planta que los bomberos acababan de abandonar.

A partir de entonces se atacó el incendio desde el exterior, protegiendo a la vez los edificios colindantes de la caída de materiales incandescentes, con emplazamiento de lanzas monitoras en las terrazas de los edificios de alrededor, si bien su eficacia se veía limitada por las distancias existentes y la altura obligada de bombeo del agua. Simultáneamente se emplazaron observadores (oficiales) en los edificios de alrededor, a varias alturas, para el seguimiento visual de los elementos constructivos y prever posibles caídas. El incendio quedó controlado a las 11'00 horas del día 13, detenido en la planta 7, y se dio por extinguido a la una de la mañana del día 14.

### Comportamiento del edificio

Hasta aquí se han desarrollado dos descripciones: la de la naturaleza y disposición del edificio, de la que se desprende una aparente capacidad de comportamiento favorable ante el fuego, y el desarrollo de un incendio incontrolable, que incluso arriesgó la vida de los bomberos. Entre una cosa y otra tiene que haber una causa que explique por qué las cosas sucedieron de esa forma.

El origen de este comportamiento quedó muy claro desde el principio: se es-



taba llevando a cabo una remodelación total, uno de cuyos fines era precisamente la adecuación a la normativa vigente de protección contra incendios, que en esa fecha estaba formada fundamentalmente por la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-96 y el Reglamento de Prevención de Incendios de la Comunidad de Madrid, pero cuyos trabajos todavía se encontraban en una fase intermedia.

Son precisamente las obras de rehabilitación o las de remodelación total las que hacen que un edificio se encuentre en una situación particularmente vulnerable ante el riesgo de un incendio. Es la fase en la que las instalaciones y los medios de protección todavía no están activos ni en condiciones de funcionamiento y el fuego puede propagarse y extenderse prácticamente sin limitaciones. Las estadísticas de los siniestros de los últimos años dan buena cuenta de ello y los Cuerpos de Bomberos tienen abundantes referencias, con un final que se repite casi siempre: el incendio en un edificio en estado de obras suele acabar con la destrucción total del mismo.

### Ejemplos

Como ejemplo más clásico de ello tenemos el incendio del Teatro de la Fenice de Venecia en 1996, que estaba siendo sometido a una rehabilitación total y, después de tres años de trabajos, cuando solamente quedaban dos meses para el final de la obra, el fuego destruyó en su práctica totalidad lo hecho hasta entonces.

Otro ejemplo –esta vez en un edificio de nueva planta en construcción– es el del London Underwriting Centre, edificio de oficinas con un atrio interior circular de 18 m. de diámetro y una cúpula de vidrio a 45 m. sobre el suelo, con andamios interiores con tableros de madera en toda su altura y una buena cantidad de material apilado con embalaje

en planta baja, lugar donde se inició el fuego, en el que el apilamiento y los andamiajes hicieron de carga combustible y el atrio hizo de chimenea, acabando, a tres meses del final de la obra, con el 75% del costo invertido.

### Factores importantes

Hay además otro factor importante a considerar, que afecta a la virulencia que adquiere el incendio y al tipo de pérdidas que se ocasionan: en la fase de construcción de un edificio de nueva planta las pérdidas son exclusivamente de elementos constructivos –colocados o sin colocar, con sus embalajes combustibles o sin ellos–, adquiriendo todo ello una trascendencia relativa. Si es un caso de rehabilitación o reforma, la trascendencia puede ser algo mayor si se pierden elementos histórico-artísticos de relieves, decoraciones o acabados.

Pero otra situación muy distinta es cuando la reforma se acomete manteniendo el uso y la plena actividad en el interior, en que sigue existiendo –y por tanto no se ha sacado del edificio– toda la carga térmica, compuesta por los solados y revestimientos combustibles, el mobiliario y, en el caso de las oficinas, todo el papel en archivo o en uso –éste era el caso del edificio Windsor– a lo que se añade el material de obra con sus embalajes, los disolventes y pegamentos combustibles habituales en esta clase de trabajos, y los boquetes y huecos que es necesario practicar para el paso de instalaciones, los cuales son perfectos medios de transmisión del humo, calor y llamas entre distintas partes del edificio.

La progresión del fuego y su virulencia puede en este caso convertirse en algo imparable. Añádase a esto que las pérdidas ya no son en ningún modo de trascendencia relativa, pues aquí hay que contar también con la desaparición de toda la documentación, de gran valor, y otra clase de bienes.

### Obras acometidas y su estado

En el edificio Windsor, la obra emprendida era ambiciosa y plenamente coherente con la idea no solamente de cumplir hasta el último detalle con la normativa, sino de hacer que a su vez adquiriera una respuesta plenamente eficaz ante un incendio y garantizase la seguridad de sus ocupantes. El conjunto de trabajos incluidos en el apartado de protección contra incendios era el siguiente:

- Nueva escalera de evacuación exterior (en punto alejado de la que ya existía).
- Puertas cortafuegos, de paso y de registro.
- Instalación de nuevas bocas de incendios equipadas (BIEs).
- Nueva instalación de detección automática de incendios.
- Protección de pilares metálicos.
- Franjas de encuentro fachada-forjado.
- Compartimentación de patinillos de instalaciones.
- Nuevo cableado (adosado a la nueva escalera de emergencia, en nichos protegidos).
- Cubrimiento protector del fuego de cajas de cableado.

El coste previsto de estos trabajos (incluyendo el resto de obra civil de la remodelación y modernización) era de 15 millones de euros.

No hubo tiempo para ello. El incendio llegó antes, con los tajos de obra sin terminar, y los resultados quedaron a la vista. La situación en la que se encontraba al declararse el fuego era la siguiente:

**Nueva escalera de evacuación exterior.** Se había completado su montaje e instalación.

**Puertas cortafuegos de paso.** Estaban previstas 327 (del tipo RF-60 y RF-90) y se habían colocado 188, la mayoría en las plantas inferiores (es decir, que en la parte superior del edificio aún no existía este elemento de compartimentación).



**Puertas de registro.** Comprendían las situadas en las escaleras de emergencia (protección de cableados) y los patinillos verticales. Estaban previstas 177 y se habían colocado 129.

**Bocas de incendio.** Se estaba efectuando el montaje de tuberías y valvulería, llevando los montantes por la nueva escalera de emergencia, así como el acoplamiento de algunas BIEs, pero no se había llegado a la planta 21, lugar de origen del incendio.

**Instalación de detección automática.** Se preparaba una nueva instalación completa.

**Protección de pilares metálicos.** Éste fue uno de los puntos clave de la forma de desarrollo del incendio, propiciando los colapsos parciales y la caída de forjados de las plantas superiores (que dio origen a la imagen visible al día siguiente, con el esqueleto del núcleo central como testimonio visual a partir de la planta 18). En origen, los soportes metálicos perimetrales –62 por planta hasta la 16 y 70 por planta hasta la 27– no tenían protección contra el fuego, y en la obra se estaba acometiendo el forrado de los mismos con placas de fibrosilica-

Existían zonas en las que las placas de fibrosilicato no estaban aún colocadas.

El hueco que quedaba por cubrir permitía que las llamas ascendieran al piso superior y que cayeran brasas y material incandescente al piso inferior

to de 870 kg./m<sup>3</sup> para alcanzar una resistencia al fuego RF-180, pero esa protección sólo había llegado a la mitad de las plantas: se había colocado y acabado en las plantas 4 a 14, además de la 18 y la 27.

Por tanto, a partir de la planta de origen del incendio la vulnerabilidad de toda la estructura perimetral era absoluta, y en cuanto el acero empezó a recibir el ataque térmico continuado los hundimientos sucesivos resultaron inevitables (de nada sirvió que los soportes de la planta 27 ya estuvieran protegidos si las plantas de apoyo inferiores ya se habían desplomado).

## Las placas de fibrosilicato

**Franjas de encuentro fachada-forjado.** Aquí estuvo otro de los elementos clave, el más importante quizá, en la transmisión del fuego, tanto en sentido ascendente como descendente. Se estaban colocando placas de fibrosilicato ancladas al borde de todos los forjados, recorriendo todas las fachadas y todas las alturas, cumpliendo con el ancho marcado por la normativa (1'00 m. según la NBE-CPI-96 y 1'50 m. según el Reglamento de Prevención de Incendios de la Comunidad de Madrid, en ambos casos con el mismo propósito: impedir la propagación del fuego en vertical por la fachada). Para hacer esto había que dejar un hueco suficiente entre el borde de forjado y el muro cortina de fachada (unos 7 cm.), y para ello se acometió una gran y costosa obra: eliminar todo el muro cortina existente y colocar otro nuevo externamente al anterior, proceso éste que ya estaba concluido en la fecha del incendio.

A partir de ahí se dieron dos situaciones: zonas en las que las placas compartimentadoras no estaban aún colocadas y el hueco ya existente permitía que por un lado las llamas ascendieran al piso superior y por otro lado cayeran brasas y material incandescente al piso inferior, y zonas en las que las placas estaban ya colocadas. Pero aquí se daba otra circunstancia: de las 1.600 placas previstas para colocar en todo el edificio se habían colocado/presentado alrededor de 1.300, sin sujeción, es decir, solamente emplazadas en su lugar, y finalmente había alrededor de 70 placas ya ancladas y sujetas, cumpliendo su función.

Esas 1.300 placas simplemente emplazadas se fueron descolocando –sin caerse del todo– a medida que se producía la pérdida de integridad y sujeción de los bastidores de aluminio del muro cortina, debido al ataque térmico, for-



mando pantallas inclinadas, en muchos casos hacia el interior, por las que se deslizaban brasas ardiendo al piso inferior, donde se formaba de nuevo la progresión del incendio hacia el centro de la planta. Aquí es donde se dio la contribución más importante en el desarrollo del incendio hacia las plantas inferiores.

**Compartimentación de patinillos de instalaciones.** Es el tercer elemento que influyó en la transmisión del fuego. En los patinillos verticales para conductos de instalaciones se estaba efectuando

**Son precisamente las obras de rehabilitación o las de remodelación total las que hacen que un edificio se encuentre en una situación particularmente vulnerable ante el riesgo de un incendio**

un trasdosado de sus paredes de ladrillo con placas de fibrosilicato, para alcanzar una resistencia al fuego RF-180 (a la vez que las puertas de cada planta, de chapa delgada de madera, se iban a sustituir por puertas cortafuego, tal como ya se ha descrito anteriormente al hacer mención de esta clase de puertas).

Se había llegado a recubrir 8 plantas, entre la 4 y la 14, con lo cual en varios puntos de las plantas por encima de esta última se llegó a producir la transmisión del incendio en las formas ya descritas varias veces: en sentido ascendente, aprovechando el efecto chimenea que brindaban estos patinillos para perforar las puertas de madera donde aún no estuvieran sustituidas y progresar el fuego por el interior de una planta superior, y en sentido descendente, aprovechando las rejillas que formaban el suelo de la zona de registro de los patinillos para detenerse las brasas caídas desde un piso superior y perforar igualmente las puertas antes citadas.

### La planta técnica

Aquí entró en juego también la planta técnica II (situada, como ya se describió, entre las plantas 16-17). En el transcurso de los trabajos se habían tenido que practicar huecos en sus forjados por las propias necesidades de la obra –entre ellas la acomodación de los patinillos–, y a través de ellos la caída frecuente de material incandescente hizo que desde la planta 21, origen del incendio, fuera propagándose el incendio a niveles inferiores a esta planta técnica. Se había esperado en su momento, dado que dicha planta no contenía elementos sólidos combustibles, que hiciera de barrera a esa propagación descendente tantas veces mencionada, y así pareció confirmarse durante algún tiempo, hasta que desafortunadamente se vio cómo continuaba el incendio por debajo de la citada planta.

No obstante, es preciso mencionar otro aspecto del comportamiento de esta planta técnica II: durante el incendio soportó el impacto, de considerable magnitud, de la caída de forjados de las plantas superiores.

**Nuevo cableado y cubrimiento protector de las cajas.** Es un trabajo que se encontraba en fase ya avanzada, con cableado protegido contra el fuego, y no tuvo ningún tipo de contribución al desarrollo del incendio.

### Aspectos finales a considerar

Una vez repasada la situación en que se encontraban las obras de adecuación a la normativa de protección contra incendios, y los efectos producidos al no estar aún rematadas, quedan todavía dos aspectos a considerar: los conductos de los *fan-coils* de climatización y la instalación de rociadores automáticos.

Adosados al interior de la fachada se encontraban *fan-coils* de climatización sobre el suelo, entre cada dos soportes metálicos –alrededor de 60 por planta–, con una cubierta de aglomerado barnizada y en algunos casos sobrepintada, y el conducto de aire discurría por el falso techo del forjado inferior. Quiere esto decir que cada forjado estaba perforado para permitir el paso de esos conductos, muchos de los cuales se fueron desprendiendo por el efecto del calor y las llamas, por donde fueron cayendo –recordemos que eran unos 60 orificios por planta– hacia plantas inferiores brasas y material ardiendo, en principio de la propia cubierta de aglomerado del *fan-coils*, de fácil combustión, y seguidamente del propio material de oficina. No existía obturación de esos huecos.

El edificio no disponía de rociadores automáticos. Tampoco se había acometido su instalación, digamos que en una estricta interpretación de la normativa: la NBE-CPI-96 solamente lo exi-

**De haber estado concluidas todas las obras de protección pasiva emprendidas, cada planta hubiera constituido un sector de incendios, y el incendio es probable que se hubiera quedado confinado en la planta 21 donde se inició, con posibilidades plenas para extinguirlo**

gía, en uso administrativo, en locales dedicados a archivos de documentación mayores de 100 m<sup>3</sup>, y el Reglamento de Prevención de Incendios de la Comunidad de Madrid lo exigía en edificios con cota de evacuación mayor de 100 m. La cota de evacuación del edificio Windsor era de 97'60 m.

### Conclusión

Al principio de este trabajo se ha ponderado de manera positiva la disposición estructural y de distribución de la planta del edificio, con un núcleo central de comunicaciones y oficinas alrededor, que es un modelo frecuente hoy día. De haber estado concluidas todas las obras de protección pasiva emprendidas (forrado de soportes metálicos, franjas aislantes forjado-fachada, puertas cortafuegos en vestíbulos de acceso a cada planta y cierre total de patinillos), cada planta hubiera constituido –respondiendo al propósito inicial– un sector de incendios, y el incendio en cuestión es más que probable que se hubiera quedado confinado en la planta 21 donde tuvo su origen, con posibilidades plenas para extinguirlo.

Sólo se ha podido afirmar que «es más que probable», en lugar de «es seguro», a causa de los huecos no obturados en el forjado bajo los *fan-coils* por donde podía propagarse el fuego tanto a la planta superior como a la inferior, originan-

do una mayor necesidad de tiempo y de medios para extinguirlo; y también a causa de la inexistencia de instalación de rociadores automáticos, que habrían controlado el fuego en la planta inicialmente incendiada, y habrían prácticamente impedido la propagación en las plantas superior e inferior en el momento en que se transmitiera el fuego por los huecos de los conductos de *fan-coils*.

Nuevamente por ello se ha de insistir que en un edificio en proceso de rehabilitación o reforma, cualquier incendio, por pequeño que parezca en su inicio, es capaz de propagarse a otros recintos, y si además hay presente un aporte de carga combustible –mobiliario y material de oficina–, el resultado final es prácticamente seguro que es como aquí sucedió. ♦



José Pascual Martínez es autor de trabajos de investigación de incendios en el Ayuntamiento de Madrid. Profesor de másteres de Ingeniería de Protección contra Incendios en la Universidad Carlos III de Madrid y en la Universidad Politécnica de Madrid; profesor de investigación de incendios en la Escuela de Criminología de la Universidad Complutense de Madrid. Colabora en temas de prevención y protección contra incendios con el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid y con el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos. Ha participado en varias ponencias de elaboración del Código Técnico de la Edificación, en la parte correspondiente al Documento DB-SI «Seguridad en caso de incendio».

4.3.2 Edificios de gran altura

# LOS EDIFICIOS más altos DE ESPAÑA

La nueva zona empresarial situada en la zona norte de Madrid es ya visible desde varios kilómetros de distancia. Imponente e impresionante, el parque Cuatro Torres Business Area (CTBA) cuenta con cuatro rascacielos que, desde ya, se han convertido por derecho propio en los edificios más altos de España. Torre Repsol, Torre de Cristal, Torre Sacyr Vallehermoso y Torre Espacio conformarán no sólo el mayor centro de negocio del país, sino también un extenso y moderno centro comercial y de ocio. La protección contra incendios en estos cuatro mastodontes ha de ser ejemplar para garantizar la seguridad de sus inquilinos.



**TORRE DE CRISTAL**

- Altura: 250 metros
- Pisos: 45 plantas de oficinas
- Proyecto realizado por César Pelli

Entre las medidas contra incendios utilizadas en la construcción de los rascacielos se ha realizado una sectorización de los edificios, tal y como exige la nueva normativa de edificación. La sectorización contempla también elementos – como puertas y cortinas– resistentes al fuego y escaleras con protección especial que permitirán la evacuación desde cualquier punto de las torres.

Para complementar los dispositivos de desalojo se han construido zonas de refugio y plantas técnicas que servirán





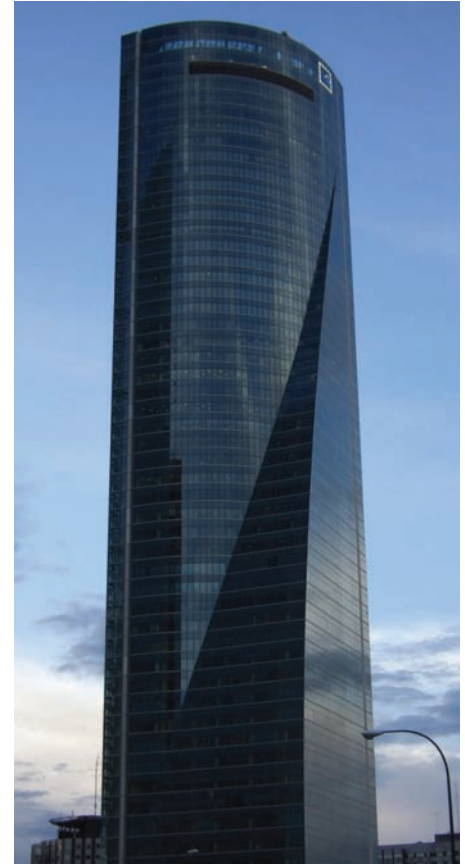
#### **TORRE REPSOL YPF**

- Altura: 250 metros
- Pisos: 34 plantas de oficinas
- Proyecto realizado por Norman Foster



#### **TORRE SACYR VALLEHERMOSO**

- Altura: 235 metros
- Pisos: 51 (los primeros 31 estarán ocupados por un hotel, el resto serán oficinas)
- Proyecto realizado por Enrique Álvarez-Sala y Carlos Rubio



#### **TORRE ESPACIO**

- Altura: 223 metros
- Pisos: 52
- Proyecto realizado por Pei, Cobb Freed & Partners

Cada uno de los cuatro rascacielos cuenta con un plan de autoprotección y con medios humanos y técnicos disponibles para mejorar la prevención, así como para facilitar la evacuación

de espacio aislante para evitar que el fuego alcance otras partes de los edificios.

La obra civil ha tenido en cuenta otros elementos fundamentales, como columnas secas en todas las escaleras de los edificios, así como abastecimiento

de agua para sofocar incendios desde la vía pública. Los ascensores de emergencia para bomberos discurrirán por sectores diferentes a los que se usarán para evacuación.

Cada edificio cuenta con un plan de autoprotección y con medios humanos y técnicos disponibles para mejorar la prevención, así como para facilitar la evacuación. Además, se han creado salas de control centralizadas de monitorización de los sistemas de detección.

Los sistemas de detección están formados por una instalación automática

de detección y alarma de incendios. Estas alarmas pueden identificar el origen de la alerta y realizar, de manera inteligente, cierres de sectores peligrosos. El sistema podrá, además, ponerse en contacto automáticamente con los cuerpos de extinción.

Habrán suficientes bocas de incendio como para garantizar la cobertura total de los edificios. A ello se sumarán rociadores de agua en el ambiente y en el interior de los falsos techos, y extintores específicos para cada tipo de dependencia. ♦

4.4 Agentes implicados: industria y centros comerciales

## LA OPINIÓN DE LOS SECTORES INDUSTRIALES

# Sensibilización, sentido de la responsabilidad y cumplimiento por encima de las exigencias mínimas

Los grandes sectores industriales de nuestro país se encuentran altamente concienciados sobre la necesidad de disponer de dotaciones de medios adecuados para la prevención y la lucha contra incendios. Incluso es frecuente el hecho, dependiendo del grado de sensibilización de las empresas, de que sus instalaciones cumplen en materia de seguridad por encima de las exigentes normativas vigentes. Todo ello se manifiesta, sobre todo, en la planificación que se hace para que los trabajadores dispongan de una formación básica en extinción. A veces, sin embargo, se cuestiona la existencia de una normativa diversa, en función del ámbito territorial –estatal, autonómico, local–, que presta cierta confusión a los empresarios a la hora de aplicarla. Estos y otros aspectos se revelan en la encuesta que hemos elaborado en centros industriales muy representativos de nuestro país.



1. Desde el punto de vista del riesgo de incendio, ¿cuáles son los puntos críticos de este sector profesional?
2. ¿Qué tecnologías de protección (detección, extinción, protección pasiva, etc.) son las más extendidas en este tipo de actividad?
3. ¿Qué tendencias se vislumbran en este sector en materia de seguridad contra incendios?
4. ¿Considera adecuados los requisitos reglamentarios para este tipo de actividad al estado de la técnica y acordes con las tendencias de otros países?
5. ¿Cómo perciben los trabajadores/usuarios de su sector el riesgo de incendio y sus actitudes referentes a prevención de incendios y respuesta a emergencias? ¿Cuáles son las medidas/tendencias al respecto?



**Federico Herrero.** Galletas Gullón.

## «El nuevo RPCI supone un avance muy importante a nivel reglamentario»

1. Los almacenes de material auxiliar y de producto terminado son las zonas de mayor riesgo.
2. Lo más habitual es la combinación de tecnologías, con un predominio de los sistemas de detección y extinción por rociadores, que dan mucha versatilidad en instalaciones con procesos continuos, donde la sectorización no siempre es posible.

3. Las empresas cada vez somos más conscientes de los riesgos que conlleva no disponer de sistemas eficaces de PCI. Por esta razón, la tendencia del sector es la implantación y/o modernización en sus sistemas de PCI, utilizando para ello las nuevas tecnologías que se están poniendo a nuestro alcance, tanto en detección y extinción como en sectorización.

4. El nuevo RPCI supone un avance muy importante a nivel reglamentario, pues nos sitúa al mismo nivel, y en algún caso superior, que los países de nuestro entorno. Sin embargo, algunos de estos países llevan años aplicando normativas de protección contra incendios y han sabido interpretar y adecuar dichas normas para adaptarlas a las diferentes realidades de las empresas.

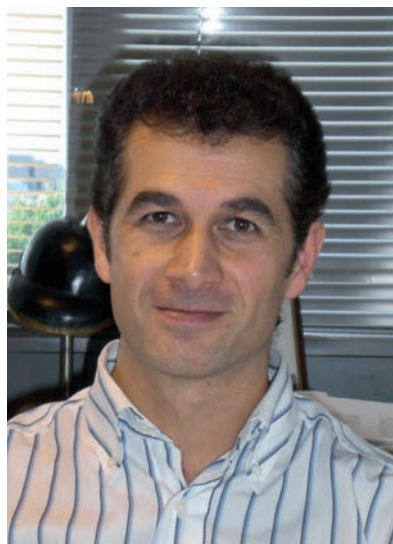
5. Todo el personal integrante de Galletas Gullón es consciente del esfuerzo que se está realizando por modernizar y actualizar las instalaciones de PCI, y sabemos que la concienciación y formación es determinante a la hora de evitar y, llegado el caso, afrontar una situación de riesgo con eficacia, por lo que, junto a la actualización de sistemas de PCI, nos aplicamos en el desarrollo del plan de emergencia, la creación de jefes de emergen-

cia y de intervención, equipos de primera y segunda intervención, equipos de alarma, evacuación y primeros auxilios y en la realización de los simulacros de incendio pertinentes; de esta forma se garantiza la formación y concienciación de todos los trabajadores. Pensamos que éste es el camino más eficaz para evitar riesgos y, por lo tanto, continuaremos trabajando en esta línea.



**Juan Pedro Gago.** Ikea.

## «En materia de seguridad, nuestras instalaciones están por encima de las exigencias mínimas»



Todos los días antes de la apertura se revisan las salidas de emergencia, comprobando que están despejadas, así como que en las zonas comerciales todo se encuentra en perfectas condiciones.

En nuestras nuevas tiendas las puertas de salida de emergencia son de cristal en las zonas comerciales para aumentar así la percepción de seguridad de nuestros clientes. Todas nuestras tiendas de Ikea Ibérica tienen como máximo la altura de dos plantas comerciales, lo cual ayuda a una más rápida evacuación y facilidad de acceso para bomberos y ayudas externas en caso de ser necesario.

1. Para nosotros, en todo momento lo más importante es la seguridad de nuestros clientes y empleados. Por ello, todos nuestros procedimientos e interacciones de sistemas priorizan la seguridad de las personas por encima de la protección de los bienes materiales.

2. Todas las instalaciones y cuartos están protegidos con detección de incendios, rociadores, megafonía, señalización e iluminación de emergencia, así como señalización visual extra para evacuación en aquellas zonas con posibilidad de mayor ruido.

Además, el local está compartimentado en zonas RF, contando con sistemas de desenfumaje, exutorios y barreras para compartimentar el humo. Seguimos unos exhaustivos mantenimientos preventivos documentados, tanto internos como externos, en todos los sistemas de seguridad y prevención de incendios. Estos sistemas cuentan con alimentación ininterrumpida conectados a SAI y grupo electrógeno.

**3.** Nos estamos modernizando con la incorporación de sistemas de almacenamiento modulares con detección de incendios de doble tecnología y autoextinción; formando sectores de incendio independientes que dificultan la propagación de posibles incendios; programas y herramientas que permiten la integración de sistemas e interacciones que pueden ser gestionados a distancia. También, utilización de sistemas de detección temprana, priorizando con ello la rapidez en la actuación, colocados en cuadros eléctricos críticos para la actividad de la empresa. Y termografías de control periódicas

realizadas por empresas certificadas externas.

Priorizamos la utilización de sistemas que sean respetuosos con el medio ambiente y que sean lo menos nocivos para las personas. Ejemplo de ello es la paulatina sustitución de los tradicionales extintores de polvo polivalente en las zonas de mayor concurrencia por extintores de agua con similar eficacia para incendios y que no generan alarma en su utilización a los clientes, ni dificultan la visión o respiración para las personas.

**4.** De acuerdo con el nuevo Código Técnico de la Edificación, demostramos por prestaciones, mediante simulaciones por ordenador desarrolladas por universidades y entidades especializadas nacionales e internacionales, que nuestras instalaciones son seguras para las personas, por encima de las exigencias mínimas requeridas por la normativa.

Los resúmenes y conclusiones de dichos estudios los tenemos reflejados en presentaciones y vídeos que hemos elabora-

do para personal técnico como bomberos. Nuestra experiencia, que es fruto de los años y de nuestra implantación en multitud de países del mundo, nos ha ayudado a crear un modelo válido, que cumple con las normativas más exigentes a nivel mundial y que está recogida en la construcción de nuestros centros.

**5.** Todos los empleados reciben una formación mínima en la incorporación al centro de trabajo sobre la actuación en caso de emergencias y teoría del uso de los medios materiales para incendios disponibles. Anualmente se imparte una formación de refresco sobre la materia y formación práctica para los miembros de los equipos de extinción de incendios y personal de primeros auxilios.

Todo el personal está formado para ayudar a evacuar las instalaciones. Se realizan como mínimo dos simulacros al año por tienda, uno con clientes y otro sin ellos. En estos simulacros se invita y suelen participar bomberos, Fuerzas de Seguridad del Estado y personal sanitario.

**Javier Zamorano.** Carrefour.

### «Muchos de los requisitos reglamentarios existentes deberían revisarse en materia de prevención y extinción»

**1.** En el sector de la distribución comercial, son los almacenes y los locales técnicos los espacios con mayor riesgo, debido a la gran carga de fuego que soportan los primeros y a la complejidad de instalaciones que existen en los segundos. Evidentemente, las salas de venta, por los miles de clientes que pasan a diario, son los puntos más sensibles. Cualquier descuido, cortocircuito o incidencia que suponga un riesgo debe tener, de inmediato, una respuesta que garantice la seguridad de los activos y, prioritariamente, la de los clientes.

**2.** En general, en los edificios de este sector son de uso específico todas las tecnologías de protección mencionadas anteriormente: detección por doquier, extinciones automáticas y especiales ( gas argón, CO<sub>2</sub>, etc. ), en función de la tipología de los locales técnicos a proteger. En materia de protección pasiva, la utilización de materiales especiales, pinturas ignífugas, desenfumajes, sectorizaciones, etc., conforman un extenso abanico de soluciones que garantizan la protección del activo y del usuario.

**3.** En el sector de la distribución se apuesta por el avance en los sistemas de gestión, comunicación e interconexión entre todas las instalaciones, PPS, mantenedores y los servicios centrales de seguridad de las empresas. Mediante complejos programas informáticos instalados en modernas centrales de detección y alarma, y a través de la red, cualquier incidencia puede ser captada, de inmediato, discriminando el tipo de alarma y actuando bien desde el área de seguridad interna, bien por los propios mantenedores o por los

servicios de Protección Ciudadana, en caso necesario.

4. En España hemos vivido en los últimos años infinidad de cambios en materia de reglamentación. Normativas de ámbito nacional, autonómico y local, en ocasiones con enormes contradicciones entre ellas, han provocado gran confusión a la hora de abordar nuevos proyectos. Al final, cada proyecto tenía su propia identidad, en función de la ciudad donde se implantara. Actualmente el CTE pretende unificar criterios, clarificar conceptos y estandarizar soluciones. No obstante, considero que muchos de los requisitos reglamentarios existentes deberían revisarse a tenor del avance de las nuevas tecnologías en materia de prevención y extinción, aportando en ese



caso soluciones que podrían llegar a reducir las inversiones que realizan los promotores sin mermar, en absoluto, la seguridad. Podemos, pues, afirmar, que España está bien «protegida» en materia de requisitos reglamentarios, encontrándose en lí-

nea respecto a normativas de otros países europeos. Especialmente de algunos países de la Europa del Este, cuyas exigencias son inferiores, deberían comenzar de inmediato a adaptar sus normativas.

5. Los empleados del sector son especialmente sensibles al riesgo de incendio, teniendo en cuenta la gran cantidad de clientes que pasan a diario por las tiendas. La seguridad de las personas es lo más importante, por lo que, periódicamente, se realizan simulacros de evacuación, con y sin clientes en las tiendas, mediante protocolos estandarizados, donde cada mando o colectivo del centro tiene una misión asignada previamente. La implicación de los empleados es alta debido a la trascendencia de su misión en caso de emergencia. ♦