DOCUMENTO – ENERO 2019

ESTUDIO SOBRE LA PROBLEMÁTICA GENERADA POR LA PROPAGACIÓN DE INCENDIOS EN FACHADAS DE EDIFICIOS

Enginyers
Industrials de Catalunya

Edita:
Col·legi/Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya
Via Laietana, 39
08003 Barcelona
93 319 23 00
www.eic.cat

Reconocimiento - NoComercial - CompartirIgual: Se permite no sólo la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra original, sino también la creación de obras derivadas como traducciones, resúmenes o versiones infantiles. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con la misma licencia CC o con una licencia equivalente a la que regula la obra original.

DOCUMENTO - ENERO 2019

ESTUDIO SOBRE LA PROBLEMÁTICA GENERADA POR LA PROPAGACIÓN DE INCENDIOS EN FACHADAS DE EDIFICIOS

1 ngs

© Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya (COEIC)

Dirección del estudio
Jordi Sans, presidente de la Comisión de Seguridad del COEIC

Edición: Barcelona, febrero de 2019

2ngs

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 7

INTRODUCCIÓN 9

CONCEPTOS PREVIOS 15

SISTEMAS DE FACHADA 17

- Breve evolución histórica de los sistemas de fachada más habituales a nivel estatal

PROPAGACIÓN DEL FUEGO POR FACHADA 31

- Identificación de los mecanismos de propagación del fuego por fachada
- Sistemas de aislamiento térmico por el exterior (sate)
- Consideraciones sobre la regulación vigente en materia de propagación exterior del fuego
- Conclusiones del capítulo

TOXICIDAD 61

- Principales gases tóxicos generados en un incendio y su efecto en las personas

BENCHMARKING EUROPEO EN REFERENCIA A LA NORMATIVA 75

- Introducción
- La IT 249
- Conclusiones del capítulo
- Bibliografía y otras referencias

ANÁLISIS DEL MARCO REGLAMENTARIO Y NORMATIVO PARA ENSAYOS 101

- Introducción
- Característica regulatoria de resistencia al fuego
- Característica regulatoria de reacción al fuego
- Característica regulatoria de propagación del fuego
- Ensayos a gran escala
- Conclusiones del capítulo
- Bibliografía y otras referencias

MEDIDAS ADICIONALES EN SEGURIDAD E HIGIENE ASOCIADAS A LAS OBRAS **141**

- Metodologia utilizada
- Recursos utilizados
- Documentación básica
- Justificación del riesgo
- Cuadro de análisis de la documentación
- Conclusiones del capítulo

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES RECIENTES **157**

- Introducción
- Edificio BAKU RESIDENCE BUILDING
- Edificio THE TORCH TOWER
- Edificio LACROSSE BUILDING
- Edificio PLANTA CAMPOFRÍO
- Edificio TORRE TAMWEEL
- Edificio OLYMPUS TOWER
- Edificio ALBERGUE DE EMIGRANTES DIJON
- Edificio POLAT TOWER
- Edificio TORRE MERMOZ
- Edificio FEDERATION TOWER RUSIA
- Edificio TORRE DE APARTAMENTOS
- Edificio WOOSHIN GOLDEN SUITES
- Edificio EDIFICIO DE VIVIENDAS MISKOLC
- Edificio LAKANAL HOUSE
- Edificio MANDARIN ORIENTAL HOTEL
- Edificio AL SALAM TECOM TOWER
- Edificio MONTE CARLO HOTEL CASINO
- Edificio THE WATER CLUB TOWER
- Edificio RIN GRAN HOTEL
- Edificio TORRE WINDSOR
- Conclusiones del capítulo
- Bibliografía y otras referencias

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS DE OPINIÓN Y CIENTÍFICOS GENERADOS EN OTROS PAÍSES **209**

- Recopilación de artículos de opinión y científicos. Objetivo y criterios de búsqueda
- Selección preliminar de artículos de opinión y científicos
- Análisis de los artículos de opinión y científicos seleccionados
- Resultados del análisis
- Conclusiones del capítulo
- Bibliografía y otras referencias

CONCLUSIONES GENERALES **239**

- Identificación del problema
- El marco regulador en España
- El marco regulador europeo
- Propuestas
- Consejo Asesor

6ngs

PRESENTACIÓN

La Comisión de Seguridad del Colegio de Ingenieros Industriales de Catalunya se constituyó en 1982 para promover, desarrollar y difundir los conocimientos sobre riesgos y seguridades que afectan a las personas y al patrimonio en todas las actividades y medios.

Esta comisión, a su vez, se estructura en dos subcomisiones: la de planes de emergencia y la de prevención de incendios. Esta última tiene como objetivos debatir y difundir cuestiones relacionadas con la prevención y extinción de incendios para mejorar los conocimientos en nuevas tecnologías y reglamentaciones.

Con estos objetivos, cuando el año pasado presenciamos las impactantes imágenes del incendio de la Torre Grenfell en Londres quisimos profundizar para descubrir las causas que lo provocaron, e identificar las posibles soluciones para evitar que vuelva a ocurrir. La tarea no era fácil, por eso se contó con diversos especialistas que organizamos en diferentes grupos de trabajo. El primero es el equipo de expertos redactores que, desde diferentes disciplinas, abordaron una temática extremadamente compleja, ofreciendo una visión complementaria e integradora. El segundo es un grupo de especialistas más amplio, y todavía más transversal, que contribuyó a enriquecer con sus reflexiones y aportaciones el documento que estamos presentando.

A todos ellos, gracias. Gracias por ayudarnos a llegar a la raíz de las causas y darnos una reflexión libre e independiente que nos muestre las debilidades y las dificultades que hay que afrontar si queremos transitar hacia una mayor seguridad en caso de incendio en los edificios y, especialmente, en los recubrimientos de las fachadas y en el aislamiento térmico que se coloca.

Esperemos que este documento sirva para tomar conciencia en todos los ámbitos:

- Los agentes sociales, los decisores políticos y el público en general pueden encontrar informaciones y reflexiones de utilidad para entender el riesgo de propagación de incendio por fachada.
- El regulador encontrará gran cantidad de análisis comparativos entre estados por lo que refiere a requerimientos en este ámbito.
- Los profesionales, tanto si son especialistas en la materia como si no, encontrarán análisis profundos sobre la realidad de este tipo de incendios.

Entre todos, tenemos que trabajar para que la sociedad adopte una mayor cultura de la seguridad, apostando por la formación y la información y un marco normativo claro.

Jordi Sans Pinyol
Presidente de la Comisión de Seguridad
Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya

8ngs

INTRODUCCIÓN

La fachada es la piel del edificio, el sistema a través del cual se relaciona con el medio exterior. Actúa como cerramiento, atendiendo a necesidades tanto estructurales como estéticas y funcionales: impedir el paso del agua y aislar energética y acústicamente.

Las fachadas están en constante evolución debido a la aparición y uso de nuevos materiales, nuevas soluciones constructivas, avances tecnológicos y modas. Por todo esto, el parque edificatorio construido en España es heterogéneo, presentando muy diversas soluciones de fachada, como se expone en el capítulo 1. A este panorama dispar en cuanto a soluciones de fachada, se suma la tendencia creciente a construir edificios de gran altura (EGA) (ver definición en el capítulo siguiente) en grandes ciudades o en zonas con alta densidad de población. Los motivos son varios, desde el simple alarde tecnológico a la optimización del suelo edificable. Estos edificios se caracterizan por su desarrollo vertical y por una gran variedad de usos, siendo este último un factor determinante a la hora de definir las características de la fachada y sus necesidades estructurales, estéticas y funcionales.

El uso del edificio marca las condiciones de confort interior, habitabilidad, funcionalidad o estética exigibles, así como las condiciones de seguridad mínimas que deben cumplir las soluciones constructivas del edificio, tanto para los usuarios del mismo como para los bienes que contiene, los edificios colindantes y su entorno. Con relación a la eficiencia y el consumo energético del edificio, el tipo de sistema de fachada elegido, así como su correcto diseño y ejecución, condicionarán en gran medida el comportamiento global del conjunto.

Sea cual sea el criterio central de diseño de la fachada, siempre será necesario garantizar la seguridad de la misma, entendida desde sus múltiples perspectivas. En el documento que se presenta a continuación, el objetivo fundamental ha sido centrarse en el estudio de la seguridad en caso de incendio de las fachadas de los edificios, especialmente cuando estas puedan contribuir a facilitar y aumentar su desarrollo y propagación.

La propagación del fuego a través de las fachadas se considera una de las vías más rápidas de difusión del incendio en una edificación, tal y como se expone en el capítulo 2. El fuego que emerge a través de las ventanas desde un recinto en llamas constituye un peligro potencial para las plantas superiores del propio edificio y también para los edificios colindantes. El contacto permanente con el oxígeno del aire, el viento y la verticalidad misma de la superficie de la fachada son factores que favorecen la dinámica del fuego.

Cualquier fachada, independientemente de su tipología o de los materiales que la constituyan puede servir de ruta de propagación del fuego. No obstante, la relación con el incendio es más crítica en las tipologías de fachada ligera y en los muros cortina debido al débil comportamiento termomecánico de los elementos que los conforman.

INTRODUCCIÓN

El peligro asociado a la propagación del fuego a través de las fachadas se ha hecho evidente a causa de numerosos casos de incendio tales como: Torch Tower en Dubái (2017 y 2015), Torre Grenfell en Londres (2017), The Address en Dubái (2015), Baku Residential Tower en Bakú (2015), Lacrosse Building en Melbourne (2014), Olympus Tower en Chechenia (2013), Hotel Mandarín Oriental en Pekín (2009), o el del edificio Windsor de Madrid (2005), entre otros.

La propagación del fuego a través de las fachadas se considera una de las vías más rápidas de difusión del incendio en una edificación

La mayoría de estos casos tienen en común, entre otros factores, una significativa aportación de los materiales combustibles de revestimiento de fachada al desarrollo del fuego. Estos incidentes, debido a su magnitud y a que han tenido lugar en edificios de gran altura, han alcanzado cierto nivel de notoriedad, propiciando la revisión de las normas de protección contra incendios locales y estatales.

Pilar Giraldo, en su tesis doctoral (Giraldo, M. P. (2012). "Evaluación del Comportamiento del Fuego y Seguridad Contra Incendios en Diversas Tipologías de Fachadas" (tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona) afirma:

"El objetivo de controlar la propagación del fuego en este segmento del edificio y minimizar a cotas aceptables su riesgo, ha sido y continúa siendo un reto para los profesionales, especialistas y los industriales del sector de la protección contra el fuego. Las disposiciones contempladas por el Código Técnico de la Edificación de España (CTE) en referencia al control de la propagación exterior del fuego se perciben como insuficientes, genéricas y poco flexibles.

Los mayores inconvenientes se presentan con la medida exigida para aportar resistencia a la fachada como elemento que limita un sector de incendios. La norma determina una franja resistente al fuego de 1 m (como mínimo) como separación vertical de una planta a otra. Esta medida, en términos constructivos, es acorde con las tipologías de fachada convencional, por lo tanto, su aplicación no supone dificultades técnicas ni estéticas. Sin embargo, en las fachadas ligeras y, en particular, en los muros cortina, su adaptación ha dado lugar a detalles constructivos complejos, en ocasiones contradictorios, que condicionan notablemente el resultado final de los diseños de las fachadas.

A esto se suma la dificultad que supone determinar el nivel de efectividad que esta medida de protección puede aportar a los muros cortina teniendo en cuenta su débil comportamiento frente al fuego. La imposición de requerimientos tan genéricos como este puede dar

INTRODUCCIÓN

lugar a situaciones de riesgo derivadas del diseño de las fachadas, si se tiene en cuenta que el fuego es un fenómeno complejo que puede variar en función de diferentes factores, entre otros: la configuración geométrica de las fachadas, el tamaño de las ventanas, el viento, etc."

La entrada en vigor del CTE, aunque tiene una lectura prescriptiva en sus documentos básicos, ha dado un paso importante con la introducción del enfoque basado en prestaciones, lo que significa que es posible proponer soluciones alternativas a las exigidas en dichos documentos siempre que se justifique que aportan un nivel de seguridad equivalente. La adopción de este concepto es un reconocimiento al progreso continuo de la tecnología de la edificación y da un impulso al campo de la especialización. El desarrollo de proyectos basados en este enfoque implica una menor dependencia de las normas prescriptivas y una mayor gestión interdisciplinaria en los proyectos. Una de sus mayores virtudes es que a través de este enfoque es posible respetar la singularidad del diseño de los edificios sin poner en riesgo los niveles óptimos de seguridad contra incendios.

Cabe destacar que la evolución de las exigencias prestacionales ha llevado a un escenario en el que se requiere una mayor eficiencia energética en los edificios. Este requerimiento comporta, entre otras medidas, la necesidad de mejorar el aislamiento térmico de las fachadas. En el caso de rehabilitación energética de edificios existentes, la mejora en las prestaciones térmicas pasa por la adición de materiales aislantes a la fachada, ya sea por el interior o exterior de la misma. Este caso, habitual en el panorama edificatorio español actual, puede representar un incremento sustancial del riesgo de propagación de un incendio por fachada, con lo que debe considerarse como un caso crítico a resolver tomando todas las precauciones necesarias.

A lo largo de las próximas páginas, se presentarán las tipologías de fachadas más habituales en el parque edificatorio español, así como sus características. Se analizarán los mecanismos de propagación del fuego por fachada y se incidirá en problemáticas relacionadas con la toxicidad de los humos. Se revisarán los requisitos que imponen diferentes normativas a nivel europeo, se estudiarán las ventajas y limitaciones de los distintos métodos de ensayo actuales y se observarán las casuísticas de los principales incendios propagados por fachadas en los últimos años. Además, se tratarán los diversos aspectos a tener en cuenta en las construcciones y/o rehabilitaciones de edificios.

Con todo ello se pretende conseguir una fotografía del estado del arte actual que sirva para proponer conclusiones y propuestas de futuro que mejoren las condiciones de protección contra el fuego y minimicen los riesgos de propagación por fachada de los edificios de nuestro país.

INTRODUCCIÓN

A continuación, se indican brevemente, el origen y motivación del documento, así como su alcance y los objetivos que se persiguen con el mismo:

Origen y motivación del documento

El incendio de la Torre Grenfell de Londres en 2017, con 71 víctimas mortales, supuso un toque de atención a la problemática de la transmisión de incendios por fachada, problemática que, incluso para los expertos en la materia, resulta de difícil resolución.

La mayoría de los grandes incendios asociados a la propagación del fuego por fachada tienen en común una significativa aportación de los materiales combustibles de revestimiento de fachada al desarrollo del fuego.

Desde entonces, numerosas voces han expresado la necesidad de revisar los protocolos de diseño y construcción de edificios, así como la normativa de aplicación en caso de incendio, para adaptarlos a la realidad cambiante del panorama edificatorio nacional e internacional.

Por ello, desde el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Catalunya surge la voluntad de coordinar la elaboración de un documento técnico que centre los conocimientos de diferentes autores, pertenecientes a ámbitos de especialización muy diversos (universidades, centros de investigación, administraciones públicas, bomberos, aseguradoras, etc.) sobre la problemática de incendios en fachada. La complejidad del asunto tratado hace necesario abordarlo desde diferentes disciplinas para tener una mayor comprensión del mismo.

La gran cantidad y disparidad de autores justifica los diferentes niveles de profundidad técnica, extensión, etc., que pueden encontrarse en el documento. No obstante, esto no se considera como un inconveniente, sino como un factor enriquecedor, que refleja la realidad de los diferentes sectores involucrados en esta temática que podemos encontrar en nuestro país.

Alcance del documento

El documento que se presenta a continuación va dirigido a un público lo más amplio y transversal posible: desde técnicos municipales o trabajadores de la administración pública, pasando por reguladores, peritos de aseguradoras, trabajadores del sector de la construcción, hasta investigadores de universidades o centros especializados o incluso los propios usuarios finales del edificio.

Cabe destacar que, para la correcta divulgación del documento, sería adecuado realizar una adaptación para

cada uno de los ámbitos de estudio. Esto permitiría centrar los temas, profundizando o aclarando aquellos que sean de mayor interés en cada caso, favoreciendo así que el contenido llegue de manera idónea a su público potencial. Con relación a los tipos de edificios analizados, se han considerado principalmente aquellos recogidos por el Código Técnico de la Edificación, dejando al margen los edificios industriales, debido a sus características particulares respecto a los edificios de otros usos (por ejemplo, carga de fuego potencial muy alta, edificios en general de menor altura, ocupaciones menores, etc.).

Objetivos del documento

Como ya se ha indicado, el documento está compuesto por una recopilación de datos e información comentados y razonados, elaborados por diferentes expertos.

El objetivo final es ofrecer una panorámica que englobe los diferentes aspectos de interés del tema y que pueda utilizarse en la práctica habitual profesional en diversos sectores: asesoría, aseguradoras, ayuntamientos, etc. También, aportar una serie de conclusiones que permitan entender los retos y desafíos que se tienen delante en materia de seguridad.

14 ngs

CONCEPTOS PREVIOS

Cerramiento de fachada

La fachada de un edificio es el elemento — o conjunto de elementos — que delimita el espacio interior respecto del exterior, garantizando una adecuada gestión de los flujos materiales y energéticos entre ambos espacios. La fachada no debe entenderse como una barrera, sino como una membrana con grados de permeabilidad adecuados a lo que requiera cada uno de los flujos. La fachada determina, en gran medida, la identidad del edificio y, por lo tanto, está muy sujeta a consideraciones compositivas estéticas. Es el conjunto de los alzados de los edificios que proyectamos lo que define la imagen de la ciudad.

La fachada debe cumplir con todas las exigencias propias de los cerramientos exteriores conforme a la normativa vigente para cada comunidad o localidad.

Edificio de gran altura (EGA) o de difícil acceso para bomberos

Para el ámbito de aplicación de este proyecto hay que destacar la importancia de la accesibilidad de los edificios para los equipos de emergencia, ya sea por su gran altura o por su situación y entorno más inmediato.

El concepto edificio de gran altura (EGA) parece evidente. Si le preguntan a alguien "¿qué es un edificio alto?", la respuesta rápida y sin pensar demasiado será "un edificio alto y con muchos pisos". Pero si se entra más en detalle, el concepto se complica y surgen importantes dudas: ¿A partir de qué altura?, ¿cuántas plantas?, ¿cualquier tipología de construcción puede considerarse un EGA a partir de cierta altura?

La definición de EGA varía según distintos países. Mientras en Alemania, Dinamarca, Austria o Suiza se consideran como tal las construcciones cuyo último piso ocupado se encuentre a más de 22 metros del suelo, en Francia la distancia entre el terreno y el forjado de la última planta del edificio debe superar los 50 metros (o 28 metros, en el caso de viviendas) para que el edificio se considere EGA.

En España, el Código Técnico de la Edificación (CTE) hasta ahora no establece ningún criterio numérico para definir los EGA, aunque la exigencia de instalación de algunas instalaciones de protección contra incendios depende de la altura del edificio, como es el caso de la columna seca. Posteriormente, con la publicación de la orden INT/323/2012, por la que se aprobó la Instrucción técnica complementaria SP 109:2012, de Bomberos de la Generalitat de Catalunya, se definieron las condiciones de seguridad en edificios con altura de evacuación superior a 50 metros, considerando como EGA los edificios que superen este criterio.

Más allá de esta definición y dentro del ámbito local, en la ciudad condal los Bomberos de Barcelona fijaron un criterio más amplio, considerando EGA aquel edificio que tenga plantas a una altura superior a 35 metros, según se

define en el Procedimiento operativo PROCOP 1.01 (Intervención en Edificios de Gran Altura).

Actualmente, se está trabajando en una actualización del CTE, en la cual, entre otros aspectos, se pretenden revisar los requisitos de los materiales aislantes a utilizar en la fachada según su comportamiento ante el fuego. En esta propuesta se establecen dos alturas umbral para la caracterización de los edificios según su altura: 18 y 28 metros.

Así pues, como concepto general, para este proyecto se considera EGA aquel edificio que cuenta, como mínimo, con una planta en la que la lucha contra incendios, la evacuación y el acceso de bomberos a la zona afectada se tiene que llevar a cabo desde el interior, ya que no se puede acceder a dicha planta desde el exterior.

Atendiendo a la definición anterior, se podrían consideran los 18 metros de la propuesta de modificación del CTE como un criterio de mínimos, pero para edificios con alturas menores, la regulación debería aplicar los mismos requisitos si queda comprometida la accesibilidad por fachada de los equipos de bomberos, la cual depende no solo de la altura del edificio, sino del emplazamiento y características del mismo.

SISTEMAS DE FACHADA 01

Cristina Pardal March
Doctora en Arquitectura. Profesora agregada de la ETSAB y miembro del Departamento de Tecnología en la Arquitectura de la UPC.

Una vez definido el objeto de estudio del documento (la fachada del edificio), en el presente capítulo se intenta contextualizar la problemática que nos ocupa, presentando en primer lugar una breve descripción y evolución histórica de los sistemas de fachada más habituales en España, para, a continuación, clasificarlos y valorar su comportamiento frente al fuego. Este marco general permitirá entender la casuística con la que nos encontramos en el ámbito nacional, lo que puede dar una idea del nivel de vulnerabilidad del parque edificatorio actual en relación con la propagación de incendios por fachada.

1.1. Breve evolución histórica de los sistemas de fachada más habituales a nivel nacionaL

La presente cronología identifica unos periodos que, en algunos casos coinciden con cronologías ya aceptadas, mientras que en otros son propuesta de la autora. Los periodos planteados atienden a la especificidad del tema que se trata de analizar: la propagación del fuego por fachada.

Esta cronología se focaliza en la evolución de los sistemas de fachada en Barcelona y su área metropolitana, con la voluntad de ejemplificar un proceso que se da a nivel nacional. Dejando al margen acontecimientos puntuales que nos ayudan a datar los periodos —los Juegos Olímpicos del 92 o la celebración del Fórum de las Culturas en el 2004— el hilo evolutivo global es perfectamente extrapolable al resto de ciudades de un cierto tamaño. Sí, es cierto que esta evolución no alcanza por igual, ni en el mismo momento, a todo el territorio nacional. Los cambios que se inician normalmente en las capitales van llegando de forma paulatina al resto de núcleos urbanos atendiendo al grado de conexión con la capital.

El primer, y más amplio, período corresponde a la construcción tradicional propia de los núcleos históricos. Esta construcción se caracteriza por la nula disociación entre estructura vertical y cerramiento de fachada. Este cerramiento portante se construye normalmente con mampostería: piedra o ladrillo; y en algunos lugares muy vinculados al mundo rural con tapial. Difícilmente identificaremos un inicio para este periodo, pero sí un final o, mejor dicho, una evolución hacia otro periodo. Este “final” se sitúa a finales del siglo XIX.

En las últimas décadas del siglo XIX se empezó a gestar el edificio tipo que, con variaciones principalmente de estilo, permitió construir el ensanche Cerdà. Esta construcción urbana mantiene la estructura de muros portantes en fachada. Según A. Paricio, no es hasta 1900 que podemos claramente decir que se crea un modelo replicado durante años. Este segundo periodo, según el mismo autor, lle-

ga hasta 1960, cuando empieza a introducirse el hormigón de manera masiva para la construcción de las estructuras.

En el tercer periodo, y con la introducción del hormigón, los sistemas murarios dejan paso a las estructuras porticadas. Los techos pasan de ser simples entrepisos que apenas contribuyen a la estabilización del edificio a ser un elemento esencial de la estructura. La "desaparición" del muro introduce la pared como divisoria interior y los cerramientos de fachada no portantes. El sistema murario persiste, no obstante, con la utilización del encofrado túnel y los sistemas de paneles prefabricados, muy empleados en áreas de nuevo crecimiento en el extrarradio de la ciudad.

En la década de los 70, las normas tecnológicas, en concreto la Normativa Térmica que aumenta el nivel de exigencia de las envolventes de los edificios, supone el inicio de un nuevo periodo —el cuarto— que concluirá a final de siglo. Es importante destacar que, desde los años 60 y con la generalización del uso del hormigón, el desarrollo de técnicas y sistemas constructivos crece exponencialmente, situación que a día de hoy se mantiene. El empleo de un nuevo material estructural originó, en un inicio, un gran interés en el desarrollo de nuevos sistemas portantes, pero, un poco más adelante, este interés se trasladó a los sistemas de fachada ya liberados de la función portante. La fachada convencional —muy extendida como solución generalizada en vivienda— dio paso hacia los años 80 y 90 a la ventilada o rainscreen. Un ejemplo prototípico de esta solución de fachada son las viviendas en la Vila Olímpica de Clotet-Paricio finalizadas para los Juegos Olímpicos de 1992 o el edificio Illa Diagonal inaugurado en 1993 que visibiliza la solución de fachada ventilada de hoja exterior "ligera" que luego se aplicará masivamente en todo tipo de edificios. Se cierra pues con el final de siglo y la implantación de una nueva solución de fachada el cuarto periodo.

El quinto nos lleva hasta la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (CTE) en el 2006 y se caracteriza por unos años de desarrollo de sistemas de divisorias interiores —tabiques—, y fachadas de construcción en seco. Es representativo del periodo el edificio de uso hotelero de MAP arquitectos para el Fórum de las Culturas del 2004. La fachada se resuelve con dos hojas ligeras de construcción en seco y una cámara drenada entre ellas. En este periodo proliferan todo tipo de sistemas muy ligados a la industria y al montaje por personal especializado.

La entrada en vigor del CTE en el 2006, que coincide con el inicio de la crisis financiera, justifica una desaceleración en este desarrollo exponencial de sistemas. Esta normativa solo reconoce soluciones de fachada que incluyan una hoja principal de fábrica de ladrillo. Cualquier solución de fachada en seco necesita justificar que cumple con las exigencias prestacionales que marca la normativa. Con el CTE comienza el sexto periodo que, según parece a día de hoy, estará marcado por cuestiones medioambienta

SISTEMAS DE FACHADA

Periodos y motores del cambio		**Estructura**	**Fachada**
1º hasta 1900	Núcleos históricos. Construcción tradicional.	Muros portantes de piedra o ladrillo. Techos unidireccionales con vigas normalmente de madera.	Muros portantes de piedra o ladrillo normalmente revocado/estucado.
Adecuación a una nueva trama urbana a nivel local en Barcelona			
2º 1900 - 1960	Modelo ensanche barcelonés.	Muros portantes de piedra o ladrillo. Techos unidireccionales con vigas normalmente de madera.	Muros portantes de piedra o ladrillo normalmente revocado/estucado.
Introducción del hormigón a nivel local en Barcelona y según A. Paricio			
3º 1960 - 1977	Construcción de polígonos en la periferia para alojar a la inmigración del campo a la ciudad.	Desarrollo de sistemas estructurales en hormigón: encofrado túnel, distintos tipos de forjado, etc. Grandes prefabricados	La fachada deja de ser portante para ser un cerramiento entre dos forjados. El forjado atraviesa el grueso de la fachada que apoya sobre él. Evitar su entrada en carga obliga a dejar una junta en la parte superior. Esta fachada acostumbra a ser: (de fuera hacia dentro) revoco + 14 cm ladrillo + 10 cm cámara + 5 cm tabique enyesado (fachada convencional sin aislar).
Normativa Térmica NTE a nivel nacional			
4º 1978 - 2000	La ciudad se internacionaliza a raíz de los Juegos Olímpicos de 1992.	Estructuras de pilares y forjados de hormigón.	La fachada se aísla con un material de baja densidad alojado en la cámara. El cerramiento tipo es: (de fuera hacia dentro) revoco + 14 cm ladrillo + 10 cm cámara aislada + 5 cm tabique enyesado (fachada convencional). Comienzan a introducirse otros sistemas de fachada como es la ventilada a la vez que evolucionan los sistemas de panel de hormigón como cerramiento.

Periodos y motores del cambio		Estructura	Fachada
Desarrollo exponencial de sistemas de cerramiento			
5º 2000 - 2006	El Fórum de las Culturas del 2004 justifica consolidar nuevas áreas de la ciudad, la más relevante Diagonal Mar.	Estructuras de pilares y forjados de hormigón.	La fachada ventilada de hoja exterior colgada es la solución más extendida junto con el panel de hormigón no portante, solo de cerramiento. Intentos diversos de prefabricar la hoja interior de la fachada ventilada. La solución que parece imponerse es la hoja interior de tabiquería seca con placa de cemento y juntas encintadas.
CTE; Exigencia energética; NZEB			
6º 2006 - actualidad		Estructuras de pilares y forjados de hormigón.	La fachada ventilada de hoja exterior colgada y hoja interior ligera convive con el panel de hormigón no portante, solo de cerramiento y el SATE, solución muy empleada en rehabilitación.

Tabla 1.1. Resumen de la cronología correspondiente a la evolución de los sistemas de fachada
Fuente: Elaboración propia

les y de ahorro energético, propiciando estas últimas el empleo del SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior), sobre todo en rehabilitación.

Tal como indica la franja vertical de color que acompaña el cuadro resumen de los distintos periodos aquí incluido, hasta 1978 los materiales empleados en fachada eran mayoritariamente incombustibles, y los sistemas de fachada, sin cámara o con la cámara interrumpida en cada planta. La propagación del fuego era de poca trascendencia (verde) a no ser que lo hiciera por efecto leap frog (propagación a través de las ventanas) (ver capítulo 2). La entrada en vigor de la Normativa Térmica supone una inflexión, al obligar a añadir en muchos casos un material al sistema de fachada, material que, en mayor o menor medida, es combustible. No obstante, no es hasta la generalización del empleo de la fachada ventilada a finales del siglo XX, que este aislamiento puede suponer un problema. Si en la fachada convencional el material aislante se aloja en una cámara interrumpida en cada piso y cerrada —sin aporte

de oxigeno—; en la fachada ventilada la cámara está abierta al exterior y normalmente es continua en toda la altura del edificio. Ante las mismas características de combustibilidad, las diferencias en cuanto a la localización del material crean unas condiciones que favorecen la propagación del fuego por fachada. A todo ello se suma la realidad alarmante de que, en aquel periodo, el uso de aislantes de poliuretano o EPS era muy habitual (rojo). Desde este momento, finales del siglo XX, y en adelante, el desarrollo de sistemas de fachada y la incorporación de nuevos materiales ha tenido un crecimiento exponencial. La evolución ha sido de hecho tan rápida y los motores que la han impulsado tan diversos, que a día de hoy aún cuesta dibujar el mapa completo de cuáles son los diversos sistemas de fachada. Si la clasificación está aún definiéndose, no hace falta mencionar que la relación entre cada uno de estos sistemas de fachada y la propagación del fuego está por analizar.

1.2. Clasificación de los sistemas de fachada y soluciones resultantes de aplicación habitual a nivel nacional

La presente clasificación no ha sido elaborada de forma específica para este documento y, por lo tanto, no está orientada de forma concreta a la problemática de la propagación del fuego en fachada. Se trata de una clasificación elaborada por Pardal y Paricio con la voluntad de ordenar el mapa actual de los sistemas de fachada (atendiendo a lo que se comentaba al final del apartado anterior). El empleo de una clasificación genérica de los sistemas de fachada adecuada a muy diversos interlocutores nos parece de especial importancia de cara a la futura difusión del documento.

La clasificación se organiza a partir de los tres criterios siguientes:

I. Las técnicas de puesta en obra de la hoja principal (según la define el CTE).
II. El mecanismo empleado para lograr la estanquidad al agua.
III. La relación entre ambos, es decir, si están resueltos o no en un único elemento.

I. Las diferentes técnicas de puesta en obra están asociadas a los distintos materiales. Todo el mundo relaciona la albañilería con el ladrillo o el bloque unidos con mortero, y el montaje en seco con los materiales y sistemas más novedosos. Es en este sentido que las técnicas de puesta en obra de la hoja principal —la que soporta y garantiza la estanquidad al aire de la fachada— adquieren importancia. La técnica empleada nos da información del tipo de material, el tipo de junta, la fijación o mecanismo de unión al soporte, el proceso de ejecución y, en consecuencia, de la relación con la estructura principal.

- *Hormigonera > materiales de formato amorfo al llegar a la obra > hoja principal de hormigón vertido in situ*
  Define un plano continuo homogéneo de material incombustible y con una resistencia al fuego que dependerá principalmente del espesor. Esta hoja se aloja entre forjados.

- *Albañilería > llegan a obra pequeños elementos > hoja principal de fábrica de ladrillo, bloque, etc.*
  Define un plano continuo homogéneo de material incombustible y con una resistencia al fuego que dependerá principalmente del espesor. Esta hoja se aloja entre forjados.
- *Ensamblaje en seco > llegan a obra semiproductos > hoja principal formada por un entramado panelado.*
  Define un plano continuo, aunque heterogéneo, debido a la estructura de entramado. Las características de reacción y resistencia al fuego dependerán mucho de los materiales empleados. Si el entramado suele ser de acero, aluminio o madera, el panelado admite todo tipo de materiales. Suele alojarse tanto entre forjados como pasante por delante de los mismos.
- *Fijación en seco > llegan a obra componentes > hoja principal formada por un panel de gran formato anclado directamente a los forjados*
  Define un plano continuo cuya homogeneidad depende de las características del panel que tanto puede ser un panel pesado de hormigón como un módulo unitised ensamblado a partir de perfiles de aluminio y núcleo aislante. Suele alojarse preferentemente pasante por delante de los forjados, pero también podría hacerlo entre ellos.

II. La estanquidad al agua puede lograrse atendiendo a las características del material —su grado de impermeabilidad— o confiando en la geometría. Si la primera opción permite resolver la fachada en una sola hoja —mono o multicapa— de espesor condicionado a la permeabilidad del material, la segunda se asocia a la estanquidad por drenaje y, por consiguiente, al diseño de una cámara drenada. El mecanismo empleado para lograr la estanquidad es el que permite distinguir entre fachadas de una sola hoja y de dos hojas con todas las complicaciones de diseño que esto pueda comportar. La creación de la cámara escinde la fachada en dos con todas las consecuencias que ello pueda tener.

III. La relación entre la hoja principal y la estanquidad, es decir si estas dos funciones están resueltas o no en un único elemento, da información sobre la posición del aislamiento.

En muchas ocasiones la hoja principal aporta también estanquidad, ya sea gracias a sus características o a las de algún material de revestimiento añadido de forma directa —por ejemplo, un revoco—. En otras, la estanquidad se logra con elementos añadidos a modo de nuevas capas de una cierta entidad —ventilada o SATE—.

Esta distinción, que podría parecer anecdótica, conlleva una serie de condicionantes en el conjunto del cerramiento. Uno de ellos es la repercusión directa en la posición del aislamiento ya que, si la hoja principal no aporta estanquidad y por lo tanto precisa de la adición desde el exterior de una nueva capa, esta nueva capa permite ocultar un aislamiento exterior a la hoja principal. Si la hoja principal es la

que aporta la estanquidad, la fachada es lógico que crezca hacia el interior y, por lo tanto, el aislamiento se situará en esa cara del cerramiento.

La combinación a modo de matriz de estos tres clasificadores ordena los diferentes sistemas de fachada:

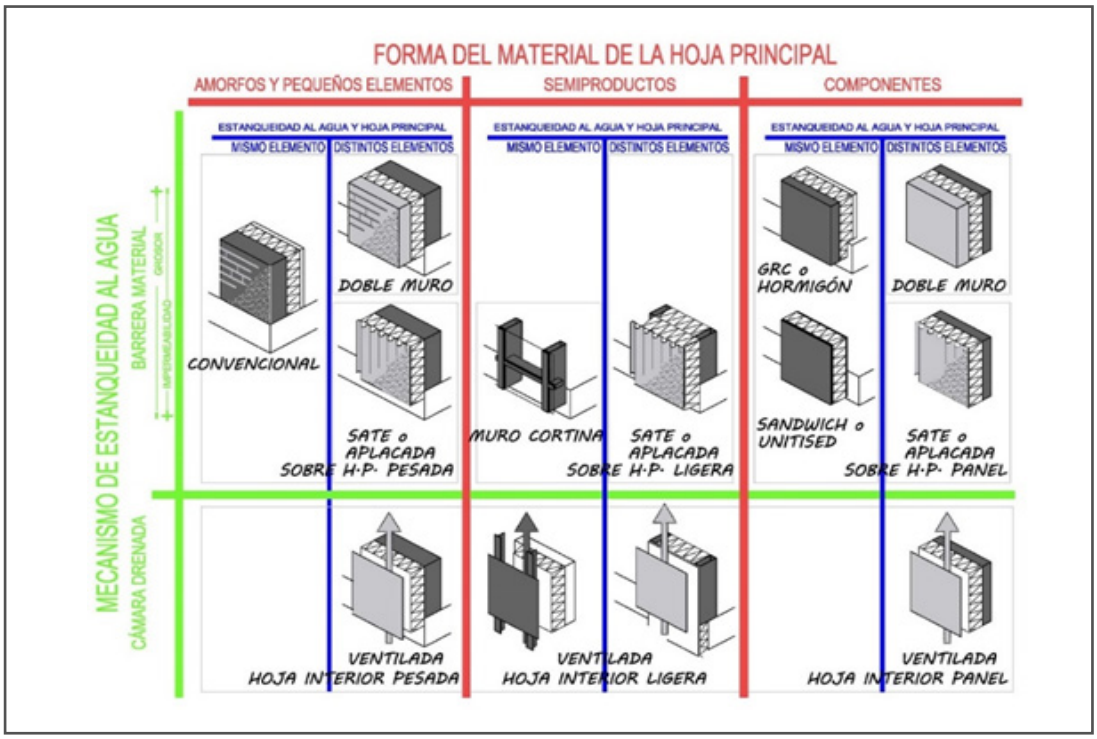


Figura 1.1. Taxonomía de los sistemas de fachada
Fuente: Pardal y Paricio

CONVENCIONAL: Hoja principal de fábrica de ladrillo, bloque, termoarcilla, etc. tomados con mortero. Estos materiales acostumbran a ser no combustibles. Esta hoja de soporte de fachada es a la vez la que, por sí sola o por medio de un revoco, garantiza la estanquidad al agua y, por lo tanto, queda expuesta al exterior. El material de aislamiento térmico se añade desde el interior y se oculta con un trasdosado que cierra el espacio útil. Este tipo de fachada se apoya sobre el forjado.

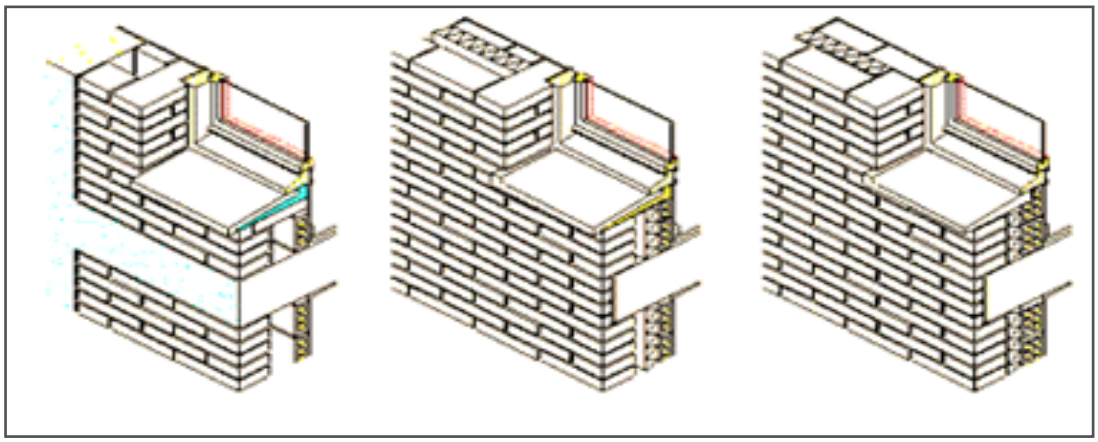
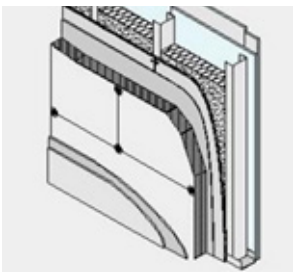


Figura 1.2. Convencional
Fuente: http://www.hispalyt.es/cd1/hispalyt/071.htm

SATE: Sistema de fachada que se caracteriza por disponer de un aislamiento en la cara exterior de la hoja principal provisto de un acabado que garantiza la estanquidad del conjunto. Este acabado acostumbra a ser un revoco, pero también puede estar formado por plaquetas amorteradas de poco espesor. El sistema de fachada SATE se puede aplicar tanto sobre una hoja principal de albañilería u hormigonería, como sobre un entramado de construcción en seco o panel. Dada la variedad que abarca, las características en relación con el fuego de esta fachada dependerán tanto de la naturaleza del material de aislamiento como de la de la hoja principal.

SATE sobre albañilería u hormigonería



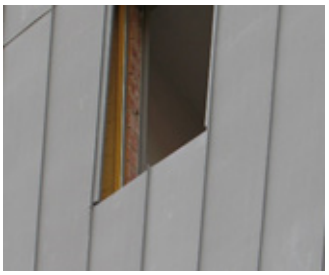
SATE sobre entramado

SATE sobre entramado

Figura 1.3. SATE
Fuentes: https://sate-vipal.com/; http://www.knauf.es/; imagen propia

APLACADA: Este sistema se caracteriza por la presencia de dos hojas de una cierta entidad: hoja principal y aplacado; pero sin la voluntad de confiar la estanquidad al drenaje de una posible cámara sino a la impermeabilidad de alguna de las dos hojas. La entidad del aplacado nos hace distinguirlo de un simple acabado. Este tipo de fachadas no disponen de una cámara drenada o especialmente ventilada, pero sí suelen liberar un espacio entre capas resultado del proceso constructivo y de la disposición de los distintos elementos de fijación. El material de aislamiento suele disponerse entre las dos capas con el objetivo de garantizar su absoluta continuidad por delante de los elementos estructurales.

Si la estanquidad se resuelve en el plano exterior, las placas acostumbran a ser de metal: de zinc o cobre engatilladas, o de acero galvanizado o aluminio —estas últimas en láminas grecadas u onduladas y con juntas solapadas—. El sistema admite que la hoja principal sea de albañilería u hormigonería, entramado de construcción en seco o panel.



APLACADA sobre albañilería u hormigonería

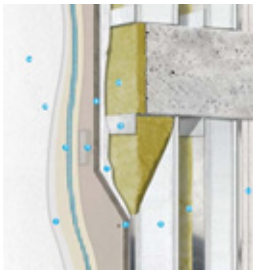
APLACADA sobre entramado

APLACADA sobre panel

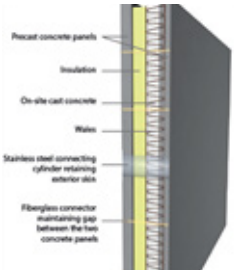
Figura 1.4. Aplacada
Fuentes: imagen propia; http://panelya.com/; imagen S. Llusera

DOBLE MURO: Fachada formada por un muro descompuesto en dos hojas de características similares. Entre las dos hojas del muro se sitúa normalmente el material aislante. Si el muro es de entramado, el aislamiento térmico se puede disponer entre montantes. El doble muro es la hoja principal a la vez que resuelve en su cara exterior la estanquidad al agua y al aire. Este doble muro puede ser tanto de albañilería u hormigonería como de entramado de construcción en seco o de panel.

DOBLE MURO de albañilería u hormigonería



DOBLE MURO de entramado



DOBLE MURO de panel

Figura 1.5. Doble muro
Fuentes: Harquitectes; http://www.knauf.es/; https://www.fehr-groupe.com/en/

VENTILADA: Esta fachada se caracteriza por disponer de una cámara drenada que garantiza, junto con la hoja exterior, la estanquidad al agua.

La cámara se conforma a partir de dos hojas: una exterior de junta abierta y una interior. La interior constituye la hoja principal, estanca al aire y de material apto para estar a la intemperie. Esta hoja principal nuevamente puede ser de albañilería u hormigonería, de entramado de construcción en seco o de panel.

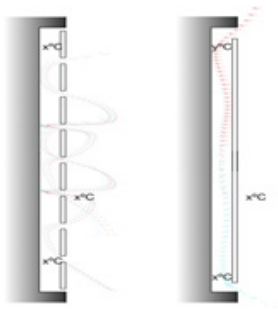
El origen de esta fachada es el rainscreen anglosajón, y el sistema de uso local más similar es el de tabique pluvial.

El material de aislamiento térmico suele disponerse en la cara exterior de la hoja principal o contenido en ella cuando esta es de entramado.

A esta fachada se le supone un buen comportamiento energético en nuestro clima disipando el exceso de radiación.

Es decir, que la hoja exterior deja en sombra a la interior por lo que, en la medida que la cámara no se sobrecaliente, este efecto será beneficioso en verano.

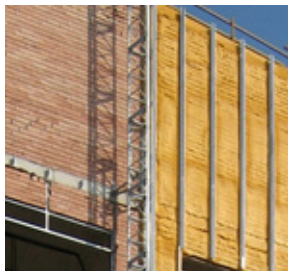
Evitar el sobrecalentamiento de la cámara precisa que esta renueve el aire, ya sea gracias al efecto chimenea y la convección o a un contacto difuso en toda su superficie con el aire exterior. A pesar de referirnos a esta fachada como ventilada difícilmente se puede garantizar su repercusión a nivel energético en el conjunto del cerramiento.



Cámara difusa: Intercambio de aire entre la cámara y el exterior difuso en todo el plano del cerramiento. No hay estratificación.

Cámara con tiro: El aumento de la temperatura del aire en el interior de la cámara, y las aberturas en la parte inferior y superior potencian el tiro de la cámara.

Figura 1.6. Formas de ventilar las cámaras
Fuente: elaboración propia



VENTILADA sobre albañilería u hormigonería

VENTILADA sobre entramado

VENTILADA sobre panel

Figura 1.7. Ventilada
Fuentes: imagen propia; Biosca y Botey; imagen propia

MURO CORTINA: Fachada formada por un entramado de montantes y travesaños como elemento de soporte, normalmente pasante por delante de los forjados.

Logra la estanquidad a partir de las características del material que cierra el entramado y un adecuado sellado de las juntas gracias a mecanismos incorporados en los mismos perfiles (sistema stick). Suele relacionarse con cerramientos vidriados montados sobre entramados de aluminio o acero.

La configuración del entramado formando dos planos, normalmente cerrados con vidrio (al menos el exterior), da lugar a la doble piel de vidrio. Esta doble

piel crea una cámara, normalmente de dimensiones considerables si la comparamos con la de la fachada ventilada, y que responde a estrategias de gestión del movimiento del aire que pueden ser muy diversas. Según sea este recorrido del aire, la cámara se compartimentará o no en horizontal, en vertical o ambos.

PANEL: Hoja principal formada por paneles de gran formato —como mínimo cubren la luz entre forjados— que, una vez montados, cierran la fachada al agua y al aire y definen su imagen exterior.

Dependiendo del grado de complejidad del panel, especialmente con respecto al diseño de las juntas y los mecanismos de sellado, podemos distinguir diferentes tipos. Estos distintos tipos están muy ligados al material y a la industria que los produce.

MURO CORTINA

Figura 1.8. Muro cortina
Fuente: imagen propia

PANEL Hormigón o GRC

PANEL Unitised

PANEL Madera

Figura 1.9. Panel
Fuente: imagen propia; Technocladd Solutions; S. Bestraten

1.3. Valoración de la vulnerabilidad de los diversos sistemas de fachada atendiendo a las cinco vías de propagación del fuego.

Tal como se explica de forma exhaustiva en el capítulo 2 de este documento, las vías de propagación del fuego son las siguientes:

A. Propagación a través de las ventanas, efecto leap frog.

B. Propagación a través de cavidades en el encuentro del forjado y la fachada.

C. Propagación a través de las cámaras.

D. Propagación a través de revestimientos combustibles sobre la hoja principal.

E. Propagación a través de una hoja principal con elementos combustibles.

De todas ellas, el leap frog no depende del sistema de fachada empleado sino de su composición a nivel formal y, por lo tanto, no va a considerarse a la hora de valorar la mayor o menor vulnerabilidad de cada uno de los sistemas.

En relación con el resto de las vías posibles, puede hacerse una aproximación general, pero, evidentemente, para cada fachada diseñada se debería hacer un estudio concreto.

Como orientaciones generales:

- Las fachadas panel y el muro cortina son susceptibles a la propagación por cavidades en el encuentro del forjado y la fachada, ya que normalmente pasan por delante de los cantos de los mismos.
- Los sistemas de fachada ventilada y aplacada podrían facilitar la propagación a través de la cámara o por la separación entre hojas.
- Los sistemas de fachada ventilada, aplacada y SATE podrían permitir la propagación debida a la combustibilidad de alguno de los materiales sitos desde la cara exterior de la hoja principal hacia afuera.
- Todas aquellas hojas principales que no son de ladrillo u hormigón son susceptibles de facilitar la propagación debido a la combustión de la propia hoja o de alguna de sus partes (sería el caso de un panel sándwich).

La única fachada que no aparece mencionada en los cuatro puntos anteriores es la convencional, cada vez más en desuso.

1.4. Conclusiones del capítulo

- En las últimas décadas, los sistemas de cerramiento de fachada y los materiales empleados en las mismas, han sufrido una gran evolución que apenas ha repercutido en la normativa de referencia a efectos de propagación del fuego.

- La aplicación de la normativa que regula las medidas pasivas de protección contra incendios debe atender a los diversos sistemas de fachada además de a las características del edificio.

Está por hacer un trabajo exhaustivo que relacione los diferentes sistemas de fachada más habituales, atendiendo a su posible estructura de capas, con las distintas vías de propagación del fuego. Actualmente se dispone únicamente de los documentos propios de cada fabricante.

1.5. Bibliografía y otras referencias

- Paricio Casademunt, A. Secrets d'un sistema constructiu: l'Eixample. Ed. UPC, 2001.
- Díaz, C., Cornadó, C., Vima, S. "El uso del hormigón armado en los sistemas estructurales de los edificios residenciales modernos del Área Metropolitana de Barcelona". IX Congreso Nacional y I Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción.
- Paricio Ansuategui, I. La fachada de ladrillo. Ed. Bisagra, 1998.
- Pardal March, C., Paricio Ansuategui, I. La fachada ventilada y ligera. Ed. Bisagra, 2006.
- http:/facad3s.net

PROPAGACIÓN DEL FUEGO POR FACHADA

02

María Pilar Giraldo
Doctora en Arquitectura. Profesora asociada de la ETSAB, miembro del Departamento de Tecnología en la Arquitectura de la UPC. Investigadora del Institut Català de la Fusta (INCAFUST).

Debido a la importancia de la fachada del edificio como vía de propagación del fuego en caso de incendio, en el siguiente capítulo se presentan de manera pormenorizada los mecanismos físicos que explican dicha propagación, vinculándolos a los diferentes parámetros arquitectónicos y constructivos de la fachada. Del mismo modo, se analiza de forma crítica la regulación nacional vigente en este ámbito, con el objetivo de proponer actuaciones que supongan una mejora en el comportamiento del conjunto del edificio en caso de incendio.

2.1. Identificación de los mecanismos de propagación del fuego por FACHADA

La propagación del fuego por fachada es una de las vías más rápidas de transmisión del fuego en las edificaciones. Constituye una ruta potencial de propagación a las plantas superiores e inferiores del edificio, pudiendo afectar también a edificaciones colindantes.

En la fachada convergen ciertos factores que favorecen la dinámica del incendio: la provisión permanente de oxígeno por su ubicación en contacto con el exterior, la verticalidad del medio de propagación, el viento, las condiciones atmosféricas, etc. También contribuyen fenómenos como el efecto chimenea que facilita el movimiento ascendente de los flujos de calor y los humos, y el efecto Coanda (propio de los fluidos) por el que las llamas tienden a seguir la configuración geométrica de la fachada.

Existen tres escenarios a partir de los cuales puede tener lugar la propagación del fuego por fachada (Figura 2.2):

a. Fuego proveniente del exterior que se transmite a través de brasas ardientes, ya sea por un incendio en un edificio vecino o una zona boscosa en llamas. También puede darse por contacto con fuegos pirotécnicos (ver casos incendio capítulo 7: CCTV Tower, Pekín, China 2009. The Address Hotel, Dubái, EAU 2016).

b. Fuego proveniente de un elemento ardiendo frente a la fachada, un contenedor de basuras, un coche, etc. También se puede incluir en esta categoría el fuego causado por actividades que generan chispas (corte con radiales o soldadura) en las obras de construcción.

c. Fuego originado en un recinto del propio edificio que se propaga hacia el exterior a través de las ventanas. Esta última situación es la que ocurre con mayor frecuencia, y por ello es la que merece más atención.

PROPAGACIÓN DEL FUEGO POR FACHADA

Figura 2.1. Esquema de los factores que inciden en la propagación del fuego a través de las fachadas
Fuente: esquema propio, a partir del propuesto por C. Wade (1995).

Por lo general, este evento de propagación indica que el incendio en el recinto ya ha alcanzado la etapa de máximo desarrollo flashover (combustión súbita generalizada), y por tanto se encuentra en la fase post-flashover.

En este punto, dependiendo de las características del incendio y de la carga combustible, los flujos de calor y el tamaño de las llamas que se proyectan hacia el exterior pueden ser muy significativos.

Debido a las corrientes convectivas que se generan durante el desarrollo de un incendio, el fuego (llamas, humo, gases, flujos de calor, etc.) tiene una trayectoria natural predominantemente ascendente: es lo que se conoce como efecto de flotabilidad (buoyancy effect).

Por ello, puede propagarse a través de la superficie de fachada aun cuando los materiales de revestimiento no contribuyan a la reacción, es decir, au-

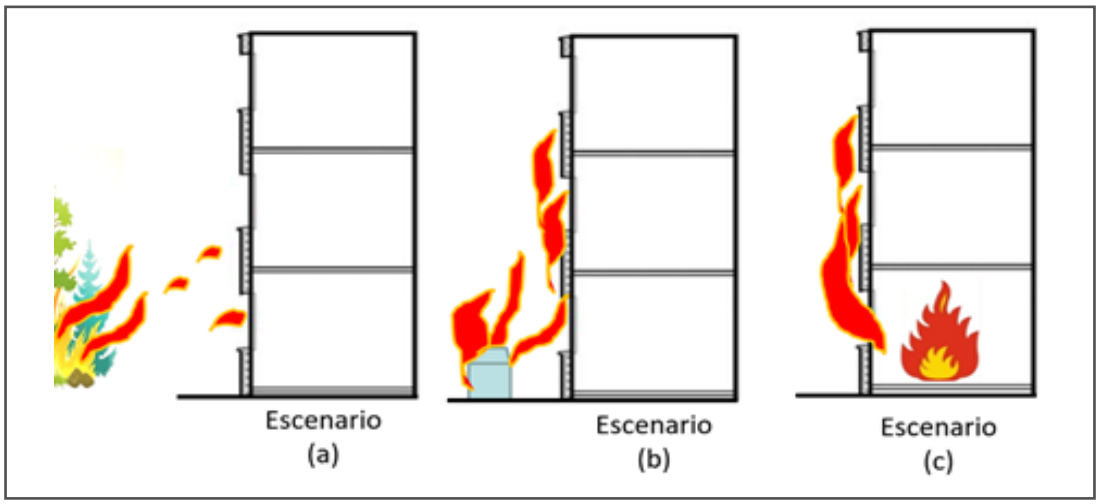


Figura 2.2. Escenarios en los que se puede originar la propagación del fuego por fachada
Fuente: Dibujo propio, a partir del realizado por I. Kotthoff, J. Riemeshch (2013).

nque sean incombustibles. El tamaño, la intensidad y la duración de la propagación a través de las ventanas del recinto depende principalmente de factores como: la carga de fuego, el tamaño del recinto, la configuración geométrica de las ventanas y las condiciones de ventilación. Los factores climatológicos tales como la temperatura, la presión, la humedad relativa y el viento también pueden influir en los procesos que determinan el desarrollo y propagación del incendio.

De todos estos factores, el viento es posiblemente el más influyente debido a su relación con el factor de ventilación, el cual a su vez tiene una enorme relación con la geometría de las ventanas (M. Law, 1978).

Normalmente, el flujo de calor emitido por el penacho de fuego es suficientemente alto para provocar la rotura de los vidrios de las plantas superiores y generar fuegos secundarios que extenderán el incendio. La penetración del fuego a otras plantas del edificio a menudo está relacionada con materiales combustibles como las cortinas, toldos, persianas, tendederos de ropa, elementos de control solar, muebles, etc.

El efecto chimenea también juega un papel determinante en la propagación vertical del fuego y su influencia es más acusada en edificios altos. Este fenómeno genera fuerzas capaces de desplazar importantes volúmenes de humo a través de las cajas de escaleras, de ascensores y todo conducto vertical de instalaciones.

PROPAGACIÓN DEL FUEGO POR FACHADA

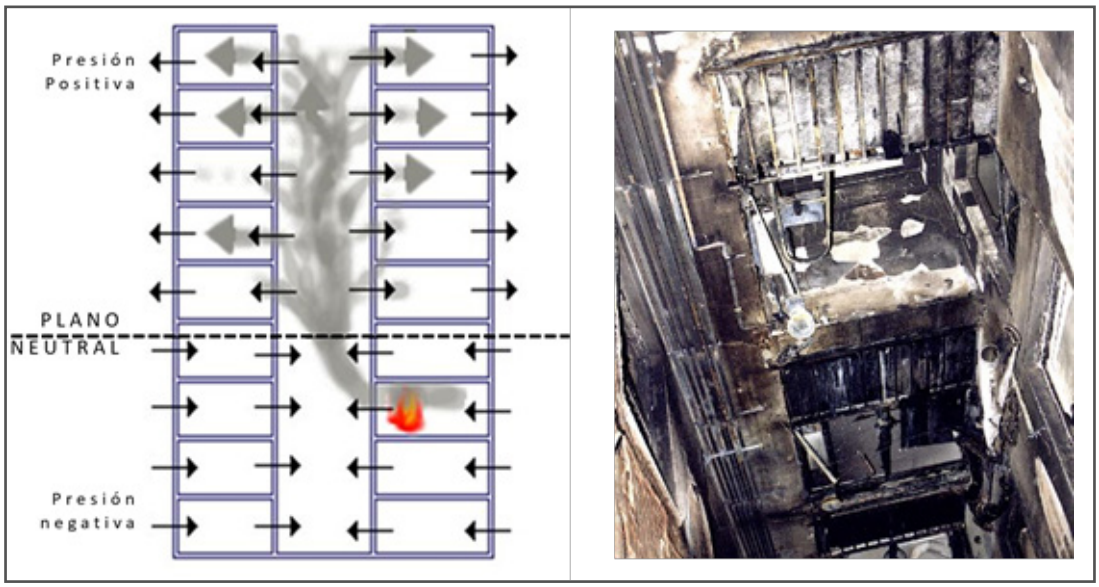


Figura 2.3. Flujos internos de aire por efecto chimenea y presiones (izquierda). Incendio en patio de luces en un edificio de viviendas (derecha).
Fuentes: Dibujo propio, a partir del realizado por A. Curtis (2015). Incendio en patio de luces en un edificio de viviendas. Bomberos de la Generalitat de Catalunya.

También es el responsable de la rápida propagación del fuego en fachadas de patios interiores (Figura 2.3).

El fuego, dada su trayectoria ascendente natural, puede propagarse a través de la superficie de la fachada aun cuando los materiales de revestimiento sean incombustibles

Este tipo de propagación del fuego por fachadas pasa más desapercibido, pero puede tener un impacto, en ocasiones, mayor que un incendio en una fachada principal debido al número de recintos que puede llegar a afectar de forma casi simultánea.

La propagación del fuego por fachada puede ocurrir fundamentalmente por cuatro vías distintas o el desarrollo simultáneo de dos o más.

A. Propagación a través de las ventanas, denominado técnicamente como efecto leap frog (salto de rana).
B. Propagación a través de cavidades en el encuentro del forjado y la fachada.

C. Propagación a través de cámaras ventiladas.
D. Propagación a través de revestimientos combustibles. En esta categoría se incluyen entre otros, la propagación a través de paneles metálicos con núcleo aislante combustible —composites y sándwiches—, la propagación a través de sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE), etc. Revestimientos exteriores combustibles aplicados sobre una hoja principal que pudiera ser no combustible.
E. Propagación a través de una hoja principal con elementos combustibles. En esta categoría se incluyen, principalmente, paneles de configuración diversa como elemento único para el cierre de la fachada.

2.1.1. Vías de propagación

A. Propagación a través de las ventanas o efecto leap frog

Consiste en la capacidad del incendio para propagarse de forma ascendente y secuencial a través de las ventanas. Cuando un incendio tiene lugar en una estancia adyacente a la fachada, la presión ocasionada por el aumento de las temperaturas y la producción de gases induce la descarga del fuego y la emisión de gases calientes a través de las aperturas (ventanas y puertas) indicando que el incendio ha alcanzado la fase de flashover, la cual se da cuando la temperatura del recinto ronda los 600 ºC (D. Drysdale, 1998). Normalmente, el flujo de calor proyectado será sufici-

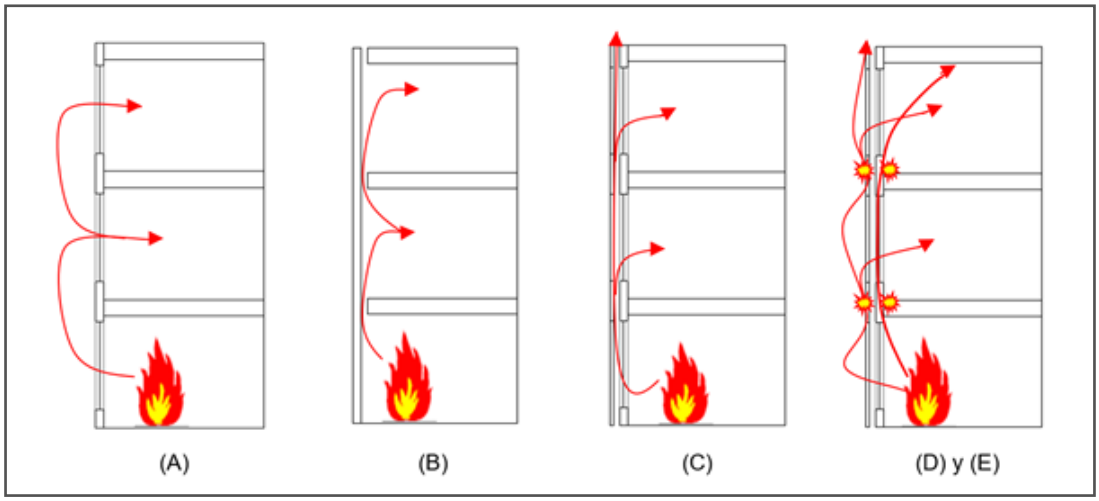


Figura 2.4. Esquema de las vías de propagación del fuego por fachada.
Fuente: M. P. Giraldo, 2012.

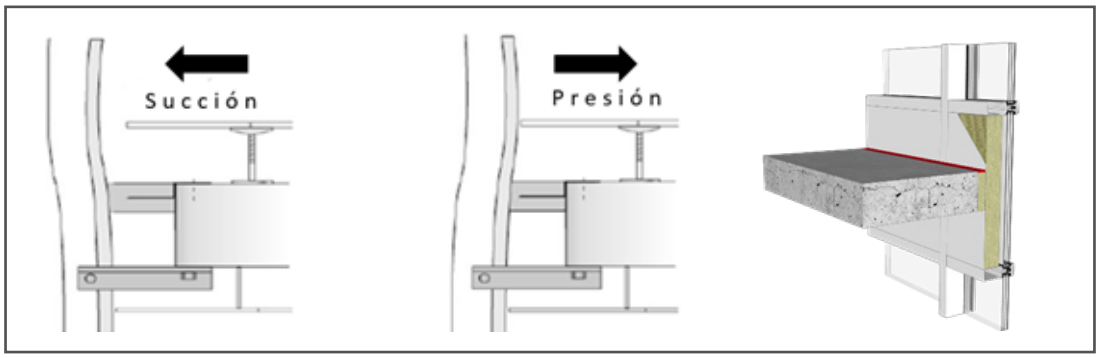


Figura 2.5. Los elementos cortafuego situados en el encuentro del forjado y la fachada deben ser flexibles para soportar cargas de viento (izquierda). Detalle constructivo específico para muros cortina con barrera cortafuego de lana mineral y recubrimiento de película elastomérica (derecha).
Fuentes: Lamatherm. Rockwool.

ente para provocar la rotura de las ventanas de la planta superior y penetrar a través de esta, dando lugar a un fuego secundario, una nueva situación de flashover y la consecuente propagación ascendente del fuego. Los objetos ubicados en las inmediaciones de la fachada, tales como persianas, toldos, ropa colgada, etc., servirán de puente para la transmisión del fuego a las plantas superiores. El tamaño y la forma de las ventanas influyen de forma significativa en el desarrollo de este fenómeno.

Aunque este mecanismo puede suceder en cualquier tipo de fachada (con materiales combustibles e incombustibles), el riesgo puede minimizarse mediante elementos de fachada salientes tales como aleros, balcones o retranqueos.

B. Propagación a través de cavidades en el encuentro del forjado y la fachada

Este tipo de propagación puede ocurrir en cualquier construcción en la que existan cavidades (grandes o pequeñas) en la unión del forjado y la fachada. Las fachadas que normalmente se sitúan pasantes por delante de los cantos de forjado son el muro cortina y la fachada panel. La propagación del fuego por esta vía se debe, por lo general, a la ausencia o mala resolución constructiva de dicho encuentro. Durante la fase de total desarrollo de un incendio se pueden alcanzar temperaturas que rondan los 900-1100 ºC. En estas condiciones las presiones pueden llegar a ser muy altas y el fuego puede penetrar por cualquier brecha o fisura a la que den lugar las barreras cortafuego, ya sea

debido a una baja calidad de ejecución o porque el elemento no tiene las prestaciones suficientes en situación de incendio. Conviene tener presente que se trata de un encuentro que vincula dos estructuras de naturaleza constructiva distinta y que, por ende, responden a acciones mecánicas y térmicas también distintas. La solución debe permitir la absorción de los movimientos diferenciales entre ellas.

Los riesgos asociados son significativos, ya que, en el caso del muro cortina o de paneles tipo unitised la fachada se soporta en subestructuras de acero o aluminio que, pese a ser incombustibles, muestran una débil capacidad termomecánica, lo que fácilmente puede ocasionar el colapso de la fachada en un espacio de tiempo muy limitado. Un caso paradigmático de este mecanismo de propagación ocurrió en el incendio del edificio Windsor de Madrid (2005) (ver casos de incendio en el capítulo 7).

De forma ideal, y a fin de cumplir con lo estipulado en la normativa vigente (CTE) se ha de garantizar que todos los elementos que componen el sistema de fachada (subestructura, elementos de fijación, paneles opacos, barreras, etc.) alcanzan la integridad y el aislamiento necesarios durante un periodo de 60 minutos (EI 60) en una franja de un metro como mínimo entre dos sectores de incendio. Esta disposición aplica de forma generalizada para cualquier tipología de fachada con el fin de limitar la propagación vertical del fuego, según lo determina el CTE en su documento básico de seguridad contra incendios: DB SI sección 2.3. (Figura 2.6).

Tal como se indica en el capítulo 5, existen normas de ensayo a gran escala aplicables a sistemas de muro cortina. No obstante, estos presentan sus limitaciones en la medida que solo evalúan el sistema en términos de resistencia al fuego. Además, las condiciones de ensayo no reproducen una situación típica de propagación exterior del fuego.

Hay que garantizar que todos los elementos que componen la fachada consiguen la integridad y el aislamiento admisibles durante el periodo de 60 minutos exigido por el EI 60.

En el mercado de productos es posible encontrar diferentes soluciones constructivas de sellado para resolver el encuentro de la fachada con el forjado del edificio y la franja de 1 m exigida por el CTE. Sin embargo, cabe señalar que la configuración de este tipo de fachadas se caracteriza por grandes ventanales lo cual a su vez es uno de los factores de riesgo asociados al diseño de las fachadas. En este sentido, resulta difícil establecer el nivel de seguridad real que puede aportar la solución constructiva (barrera cortafuego + franja 1 m) si se considera que el flujo de calor y las llamas son proporcionales al tamaño de las ventanas por las que se propaga el fuego.

C. Propagación a través de cámaras ventiladas

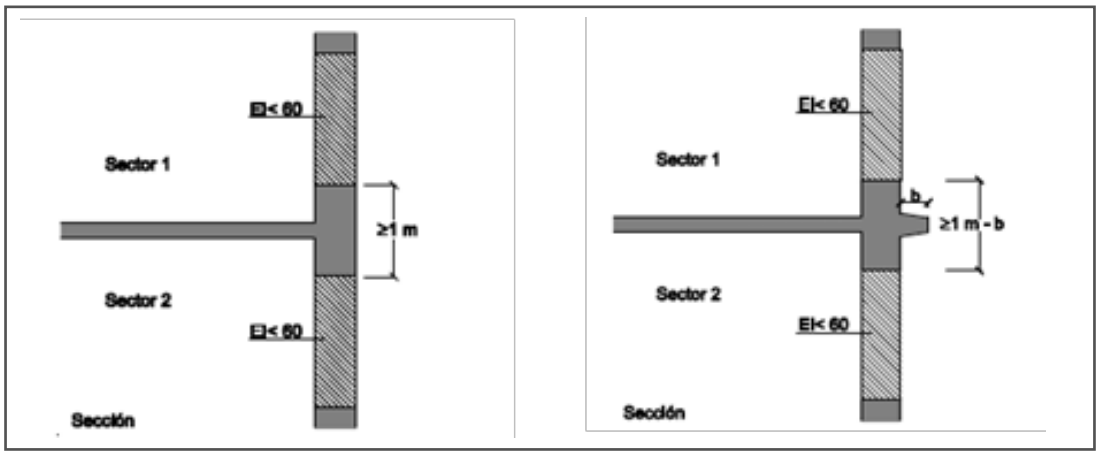


Figura 2.6. Limitación de la propagación vertical del fuego entre dos sectores de incendio, aplicable a cualquier tipología de fachada. Fachada al menos EI 60 en una franja de H ≥ 1 de altura (izquierda). La franja de 1 m podrá reducirse en la dimensión de un elemento saliente (derecha).
Fuente: CTE DB SI sección 2

Este tipo de propagación ocurre en las fachadas con cámara ventilada —fachada ventilada o rainscreen— y en fachadas de doble piel de vidrio, incluyendo aquellas donde la disposición de un elemento de control solar, como podrían ser unas lamas, genera una segunda "hoja" y en consecuencia una "cámara". Esta es sin duda la vía de propagación más rápida de las cuatro que se mencionan. Según estudios realizados en el BRE Building Research Establishment británico (S. Colwell, B. Martin, 2003), el frente de propagación puede ser de 5 a 10 veces mayor que el penacho de fuego que se proyecta por las ventanas por efecto leap frog (Figura 2.7). Las fachadas ventiladas se caracterizan por las ventajas higrotérmicas que aporta la circulación natural de aire que ocurre a través de la cámara gracias al efecto chimenea. Sin embargo, este mecanismo se convierte en un factor crítico en situación de incendio, facilitando la propagación del fuego de forma rápida. Además, si el aislamiento térmico que habitualmente se ubica dentro de la cámara y en contacto con la ventilación es de un material combustible, lo cual ocurre con regularidad, contribuirá significativamente a la propagación a través de la cámara. Para evitar este tipo de propagación es necesario que las carpinterías de las ventanas y el telar incorporen algún sistema de contención del fuego procedente del interior del edificio. El telar del hueco —jambas, alfeizar y dintel— puede constituir una ruta fácil de penetración de las llamas o los humos a la cámara, más aún teniendo en cuenta que normalmente las carpinterías son

de aluminio o PVC y los telares de chapa de acero. Así mismo, es fundamental compartimentar la cámara ventilada mediante barreras cortafuego ubicadas a la altura de cada forjado.

Esta compartimentación no debe mermar la función estanca de la cámara drenante y, por lo tanto, debe estar resuelta con elementos provistos de baberos para la expulsión del agua y goterones. En la medida que, a esta cámara drenante, se le encomienda una función de barrera frente al exceso de radiación en fachadas soleadas, se deberá garantizar que la cámara no se sobrecalienta con una cierta ventilación. Existen soluciones de sectorización de las cámaras que no impiden la circulación del aire en situación normal, pero sí evitan el paso de las llamas en caso de incendio. Se trata de delgadas barras de material intumescente que se hinchan al entrar en contacto con flujos de calor por encima de los 200 ºC.

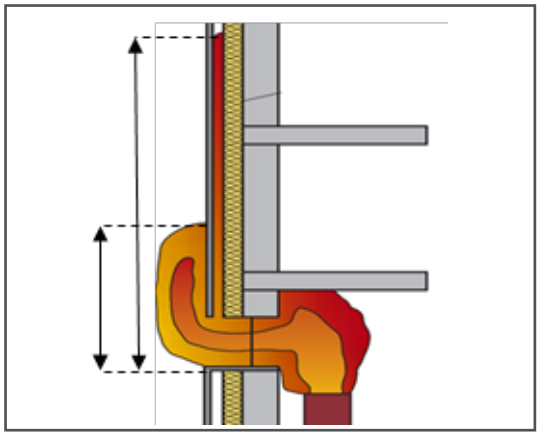


Figura 2.7. El fuego se propaga paralelamente a través de las ventanas y la cámara ventilada. La altura de las llamas en la cámara puede ser de 5 a 10 veces mayor que el penacho de fuego que se proyecta a través de las ventanas.
Fuente: S. Colwell, B. Martin, 2003.

Si el aislamiento térmico de dentro de la cámara es de material combustible, contribuirá significativamente a la propagación del fuego a través de esta.

En este tipo de propagación, al igual que en el anterior, uno de los riesgos principales es que la subestructura (conformada por montantes y travesaños metálicos) de la fachada queda expuesta a la acción directa del fuego que se propaga a través de la cámara ventilada. Esto comporta riesgo de colapso total o parcial de la subestructura debido a su débil comportamiento termomecánico, con la consiguiente caída de las placas del revestimiento.

El CTE DB SI sección 1 determina que la compartimentación de las cámaras ventiladas (definidas dentro de la categoría de espacios ocultos) se debe realizar cada tres plantas o 10 m, pero solo cuando el material aislante alojado en la cámara no cumple con los requerimientos de reacción al fuego B-s3, d2. No hay exigencia de clasificación en edificaciones de altura igual o menor a 18 m. En estas solo se exige que el material sea

B-s3, d2, en una altura de 3,5 m en las zonas accesibles al público.

Si el material aislante cumple con la clasificación exigida, dicha compartimentación no es requerida, en edificios de cualquier altura, no tomando en consideración la amenaza que representa la cámara ventilada en sí misma. Por otro lado, se admite una clase C-s3, d2, es decir un material con una contribución limitada al fuego, si se prevén las barreras cortafuegos de clase E30 en las condiciones antes mencionadas. Esta última disposición, en la que se admiten materiales con peor clasificación de reacción al fuego, forma parte de una modificación del CTE realizada en junio de 2014.

El incendio de la Torre Grenfell de Londres es un caso en el que múltiples factores influyeron para que el fuego se propagara de manera tan rápida y virulenta. La cámara ventilada fue uno de los principales mecanismos de propagación. El sistema de fachada del edificio contemplaba unas barreras cortafuego según exige la norma británica (a la altura de cada forjado) solo que, al parecer, estas no llegaban hasta el revestimiento y, por lo tanto, no eran realmente elementos de compartimentación que impidieran el paso de las llamas, tal como efectivamente ocurrió (Figura 2.8).

Por otro lado, por tratarse de una rehabilitación en la que se dispuso un

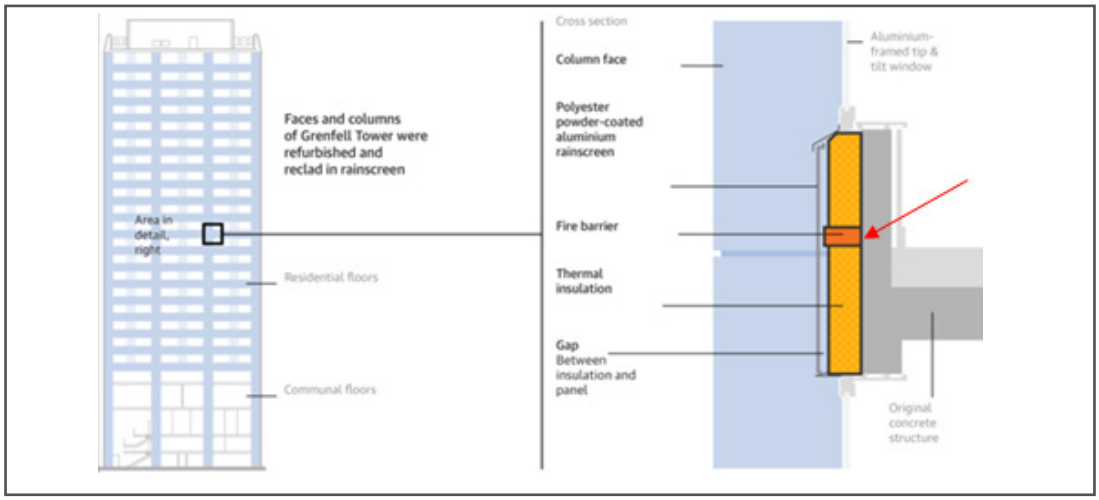


Figura 2.8. Detalle constructivo de la fachada del edificio Grenfell. Diversos factores relacionados con el sistema de fachada fueron el detonante para la rápida e intensa propagación del fuego. Fachada ventilada mal compartimentada, paneles de revestimiento combustible, aislante térmico combustible.
Fuente: Architects for Social Housing

sistema de fachada ventilada sobre la fachada original del edificio (conformada a su vez por un sistema aplacado con paneles de ventana y placas de material pétreo cubriendo los forjados), algunos puntos críticos de la configuración geométrica quedaron sin resolver apropiadamente, como fue el caso de unos pilares salientes con forma prismática ubicados a una distancia regular a lo largo del edificio en sus cuatro fachadas (Figura 2.9). En estos puntos el fuego se propagó por el trasdós y el intradós de la fachada ventilada. En algunas imágenes del incendio se puede apreciar con claridad este efecto (Figura 2.10).

D. Propagación a través de revestimientos combustibles

Los revestimientos combustibles pueden dar lugar a un incendio de gran rapidez e intensidad capaz de emitir una elevada radiación. Las propiedades químicas y térmicas de los materiales son muy importantes en este aspecto. Algunos materiales combustibles (derivados del petróleo) pueden generar una importante cantidad de humos opacos, gases tóxicos (el capítulo 3 de este estudio profundiza sobre la toxicidad de los humos), y también desprender partes de material o gotas incandescentes durante su proceso de degradación.

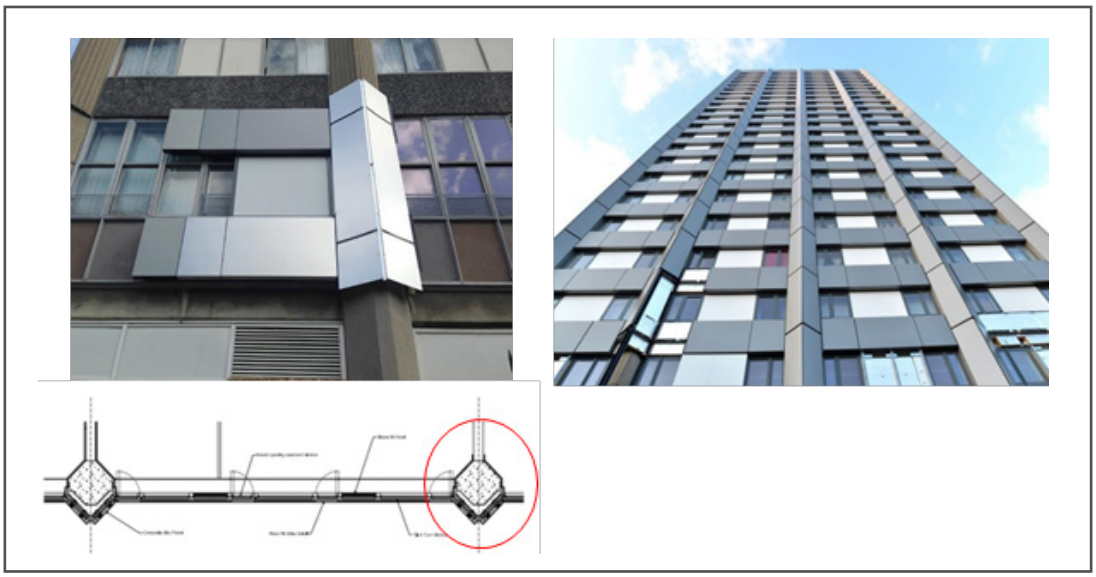


Figura 2.9. Imagen del estudio inicial de la fachada ventilada del edificio Grenfell y del detalle en planta de la resolución de los pilares salientes (izquierda). Imagen de la rehabilitación de la fachada casi finalizada (derecha).
Fuente: Architects for Social Housing

Figura 2.10. Imagen del incendio del edificio Grenfell donde se aprecia la propagación del fuego a lo largo de los pilares salientes de las fachadas (izquierda). Imagen del edificio Grenfell después del incendio.
Fuentes: Argentina Inside News. El Litoral.

Ello es claramente muy peligroso en una fachada, entre otras cosas, porque puede dificultar la evacuación de los ocupantes y la actuación de los equipos de rescate y extinción.

Algunos revestimientos combustibles pueden generar gran cantidad de humos opacos y tóxicos que dificultan la evacuación de los ocupantes y la actuación de los equipos de rescate.

El calor transmitido por el penacho de fuego precalienta la superficie de la fachada, acelerando los procesos de pirólisis y la velocidad de propagación de la llama. La transmisión de calor se hace mucho más efectiva debido a la elevada velocidad de cesión del calor que ocurre por la combustión de un material con un alto poder calórico.

El riesgo de propagación del fuego a otras edificaciones es elevado debido a que el calor de las llamas que emergen por las ventanas se suma la radiación emitida por la superficie del material en combustión. También el riesgo de propagación a las plantas superiores es mayor. La mejor manera de evitar este tipo de propagación es empleando materiales cuya contribución a la propagación del fuego sea muy limitada. El CTE SI sección 2 estipula que los materiales que ocupen más del 10 % de la superficie de la fachada deben tener una clasificación B-s3, d2, pero solo hasta una altura de 3,5 m en zonas accesibles al público en edificios de hasta 18 m de altura. Los

edificios que superan esta altura deben cumplir el requisito de clasificación en su totalidad (ver capítulo 4).

Este tipo de propagación puede producirse también en materiales cuya capa exterior no es combustible, como es el caso de los paneles sándwich con chapa exterior de aluminio o acero y núcleo aislante de material combustible. Ocurre cuando por acción del fuego el revestimiento del panel pierde su integridad dando lugar a la propagación del fuego a través del material combustible del núcleo. Igualmente puede desarrollarse en sistemas de aislamiento térmico por el exterior SATE (ETICS en inglés) una vez que el fuego alcanza la capa interior de aislamiento si este es combustible.

Paneles sándwich

Bajo el nombre de panel sándwich se pueden situar diferentes productos constructivos prefabricados. Sin embargo, para centrarnos en el tema que nos ocupa solo consideraremos los empleados como revestimiento de fachadas. Son productos formados por dos chapas externas resistentes de aluminio o acero galvanizado de poco espesor, con un núcleo de material aislante de espesor variable entre 25 y 80 mm. El núcleo de material aislante normalmente está formado por espuma rígida de poliuretano (PUR) o su variante poliisocianurato (PIR). También se utilizan el poliestireno expandido (EPS), el poliestireno extruido (XPS) y, en menor proporción, la espuma fenólica modificada (MPHEN) y el vidrio celular (CG). El panel sándwich también puede estar constituido por materiales aislantes no combustibles como la lana mineral, sin embargo, estos son utilizados con menor frecuencia. Actualmente, los paneles sándwich con núcleo aislante de PUR y PIR son los que se utilizan más habitualmente. En sus inicios, el panel sándwich se utilizó exclusivamente en aplicaciones industriales, pero su uso se ha ido extendiendo en el sector

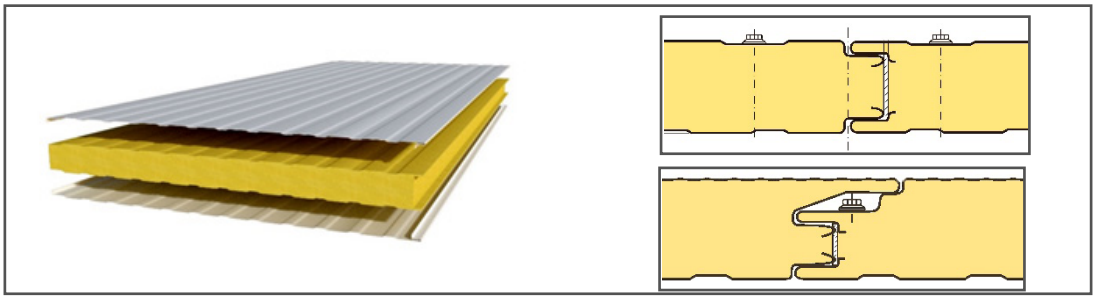


Figura 2.11. Panel sándwich para fachada con chapas exteriores metálicas onduladas y núcleo aislante de poliuretano expandido de densidad media 40 kg/m3 (izquierda). Tipos de unión (A) con tornillería vista. (B) con tornillería oculta (derecha). Fuente: Patec.org.

de la construcción de edificios debido a sus prestaciones como material prefabricado (ligereza, modularidad, instalación estandarizada, etc.) y la facilidad de tener aislamiento térmico y acabado en un mismo producto.

Este incremento en su uso también ha venido acompañado de numerosos casos de incendio que han puesto en evidencia su potencial peligrosidad, especialmente, cuando se utilizan como revestimiento para edificios en altura.

Los paneles sándwich dan una falsa sensación de seguridad basada en la incombustibilidad de la chapa de recubrimiento exterior, sin embargo, cuando el incendio toma ciertas proporciones, la chapa no constituye ningún obstáculo y el núcleo combustible contribuye significativamente en la carga de fuego y propagación del incendio.

En los Emiratos Árabes Unidos (EAU) desde el año 2012 han ocurrido cinco grandes incendios en rascacielos, y todos ellos tienen en común el uso de este tipo de revestimiento de fachada. Dubái tiene, probablemente, la mayor concentración de uso de ACM (Aluminium Composite System) en el mundo. Expertos locales sugieren que en el “Nuevo Dubái” (construido durante los últimos 20 años) hasta un 70 % de los revestimientos de fachada son de panel sándwich con núcleo de aislante termoplástico (A. Schreck y J. Gambrell, 2016). En muchos casos se trata de paneles sándwich con chapa exterior de aluminio y núcleo de polietileno, que es el mismo revestimiento de fachada que tenía la Torre Grenfell de Londres cuando ocurrió el trágico incendio en junio de 2017 (Figura 2.12). Aunque en el incendio de la Torre Grenfell intervinieron múltiples factores que determinaron la rápida propagación del fuego, uno de los aspectos señalados como determinantes fue el revestimiento exterior. En la normativa de seguridad contra incendios de EAU de 2012-2013 (Fire and Life Safety Code), modificada después de varios incidentes de incendio graves, se prohibió explícitamente el uso de este tipo de revestimientos. A pesar de los esfuerzos y modificaciones de la regulación en materia de seguridad, las medidas no han sido efectivas para impedir que se produzcan nuevos casos de incendio, ya que estas no tienen carácter retroactivo.

Estos productos de revestimiento dan una falsa sensación de seguridad basada en la incombustibilidad de la chapa de recubrimiento exterior. Por ello, en general, se consideran de difícil ignición. Sin embargo, cuando el incendio toma ciertas proporciones, la chapa no constituye ningún obstáculo para que el núcleo combustible entre en ignición contribuyendo de forma significativa a la carga de fuego y a la propagación del incendio (P. Morgan y M. Shipp, 1999; E. Luengo, 2007). Por otro lado, este tipo de paneles

Figura 2.12. El edificio Torch Tower (Dubái) ha sufrido dos incendios en dos años, en marzo de 2015 el primero (izquierda) y en agosto de 2017 el segundo. Incendio de la Torre Grenfell junio de 2017 (derecha).
Fuentes: ilpost.it. huffingtonpost.co.uk.

sándwich producen abundantes humos densos, gases tóxicos y caída de material incandescente, lo cual aumenta su peligrosidad.

La contribución del panel a la situación de incendio dependerá también de factores como: la magnitud del incendio, la altura y geometría del edificio, la ubicación, formato y configuración del panel y su composición (especialmente del núcleo). También dependerá del diseño del sistema de uniones (juntas, fijaciones, remaches, tapajuntas, etc.), la forma de anclaje a la estructura del edificio, la tipología de la subestructura de fachada y la resistencia al fuego de la estructura de soporte (P. Collier y G. Baker, 2004; P. Johansson y P. Van Hees, 2002; E. Luengo, 2007). Dentro de esta variabilidad de factores, el material aislante del núcleo parece ser el factor más determinante. Por orden de peor a mejor comportamiento esperado se encontrarían los núcleos de poliestireno (expandido y extruido), poliuretano PUR (con variabilidad según composición), poliisocianurato PIR (con variabilidad según composición), espuma fenólica y, finalmente (con un comportamiento muy diferenciado), los de lanas minerales (ABI, 2003; E. Luengo, 2007).

Los posibles fenómenos específicos que pueden producirse con paneles sándwich durante un incendio totalmente desarrollado son los siguientes:

Delaminación de las caras. Se produce por fallo de adhesión entre las caras metálicas y el núcleo (Figura 2.13). Puede ocurrir en todo tipo de paneles. Se considera un fenómeno peligroso por la posible caída de piezas y por provocar la exposición prematura del núcleo combustible a la acción del incendio. Esta si-

tuación puede suponer un aumento significativo en la potencia y velocidad de propagación del fuego (P. Morgan y M. Shipp, 1999; E. Luengo, 2007).

Figura 2.13. Imagen de delaminación de un panel sándwich con alma de poliuretano durante un incendio en el Hospital Wharfedale, Otley, West Yorkshire, Inglaterra, 2003. Fuente: International Fire Protection.

Inestabilidad de los paneles y fallo de las fijaciones. Una de las características de los paneles sándwich es su puesta en obra rápida, estandarizada y con pocos elementos de fijación. En caso de incendio este aspecto puede dar lugar a fenómenos de inestabilidad por desprendimiento de fijaciones, caída de piezas y pérdida de rigidez de los paneles.

Deformación de los paneles y apertura de juntas. La exposición de los paneles a las altas temperaturas del incendio también puede producir la deformación de los bordes de unión y apertura de juntas, exponiendo el núcleo al ataque directo del fuego. Al igual que en el primer caso, esta situación puede incrementar de forma importante la velocidad de propagación y la intensidad del fuego (P. Collier, 2005; E. Luengo, 2007).

El nuevo plan energético europeo reconoce como una de las medidas más eficaces para reducir los consumos y las emisiones de CO2 en Europa la mejora energética de los edificios residenciales mediante SATE.

Los aislantes combustibles que constituyen el núcleo de los paneles tienen una clasificación de reacción al fuego muy baja como material, ya que por lo general son de clase E o F. No obstante, cuando pasan a formar parte del panel y configuran un producto tienen una clase de reacción al fuego C-s3, d0 y algunos PIR —dependiendo del fabricante— alcanzan la clase B-s1, d0 (Tabla 2.1). La clasificación B-s2, d0 corresponde a materiales con un buen comportamiento y una contribución muy limitada al desarrollo del fuego, aptos para casi cualquier aplicación de fachada. Sin embargo, no se corresponde con el comportamiento que se aprecia en estos productos en una situación de incendio real.

Como se explica en el capítulo 5, esta

	PUR	PIR	EPS/ XPS	LANA MINERAL
Temperatura que perturba la estabilidad dimensional (°C)	˜200	˜200	˜90-100	-
Temperatura de ignición (°C)	285-310	415	245-345	
Clase de reacción al fuego	Según fabricante E, D, C, D	E, F	A1	
	Paneles sándwich PUR	**Paneles sándwich PIR**	**Paneles sándwich EPS/XPS**	**LANA Paneles sándwich MINERAL**
Clase de reacción al fuego del material aislante en un panel sándwich	C-s3, d0 B-s2, d0 B-s3, d0 Según fabricante	B-s1, d0 B-s2, d0		A1-s1, d0
Clase de reacción al fuego del material aislante más enfoscado (SATE)	C-s2, d0 B-s1, d0 Según fabricante	B-s1, d0	B-s1, d0	A1-s1, d0

Tabla 2.1. Comportamiento al fuego de materiales y productos aislantes
Fuente: M. P. Giraldo a partir de datos publicados por fabricantes de materiales y productos.

situación se debe al tipo de ensayos establecidos desde el Comité Europeo de Normalización (CEN) para determinar la clasificación de reacción al fuego de los productos de fachada. Los ensayos a escala media como el SBI EN 13823 pueden dar lugar a resultados engañosos porque la exposición a la que se somete la probeta no es representativa de las condiciones reales de uso final de un producto de fachada (N. White et al., 2014). De hecho, la reacción al fuego de los materiales y productos no es un parámetro suficiente para determinar el comportamiento de un sistema de fachada constituido por diversos elementos constructivos. Actualmente, existe un amplio consenso de la necesidad de definir un escenario de ensayo a gran escala que permita probar productos y sistemas bajo condiciones de uso final equivalentes a una situación típica de propagación por fachada.

Sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE)

El nuevo plan energético europeo, redactado en 2015, reconoce como una de las medidas más eficaces para reducir los consumos y las emisiones de CO2 en Europa la mejora energética de los edificios residenciales mediante sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE). Son sistemas de fácil aplicación, tanto en edificios de obra nueva como en rehabilitación. Constan de una capa de aislamiento térmico que se fija al soporte (fachada), una capa exterior de mortero armado con una malla de fibra de vidrio y una capa de acabado (imprimación y revoco o plaqueta amorterada). Todas las capas conforman un único elemento (kit).

Diferentes materiales aislantes pueden emplearse en este sistema: fibra de madera de alta densidad, corcho expandido, lana mineral, espuma de poliuretano (PUR), espuma de poliisocianurato (PIR), poliestireno expandido (EPS), poliestireno extrusionado (XPS), vidrio celular (CG). No obstante, según datos de la Asociación Europea para el SATE (EAE, 2013) se estima que el 85 % de los SATE instalados en Europa tienen aislante de EPS. En España no hay datos oficiales, pero el EPS se sitúa también como el material aislante usado con más frecuencia, principalmente por su bajo coste.

El uso de materiales combustibles (PUR, PIR, EPS, XPS, etc.) supone un riesgo por el aumento significativo de la

Figura 2.14. Incendio de fachada con sistema SATE de material aislante sin determinar. Edificio Belleville, Breslavia, Polonia, 19.05.2017.
Fuente: Lotnicze Fotopolska

carga de fuego de la fachada y la probabilidad de que el fuego alcance el "núcleo" combustible y se propague a través de este. El progresivo aumento del espesor requerido para el aislante por el incremento de exigencias en la transmitancia térmica también es un aspecto a tener en cuenta.

Se estima que el 85 % de los SATE instalados en Europa tiene aislante de EPS.

La protección del sistema para cumplir los requerimientos de seguridad en caso de incendios se basa en la capa exterior de mortero y revoco, cuyo espesor varía entre 5 y 9 mm. El mortero y los aglomerantes hidráulicos son materiales con un buen comportamiento al fuego, sin embargo, una capa delgada de este material puede resultar insuficiente para evitar que el flujo de calor provoque la ignición del aislante, más aún si este entra en ignición a temperaturas relativamente bajas (ver Tabla 2.1). En un incendio totalmente desarrollado se pueden alcanzar temperaturas significativas (en torno a los 1200 °C), dependiendo de las características del incendio, en especial, de la carga de fuego. Sin embargo, los sistemas SATE constituidos por materiales combustibles tienen una clase de reacción al fuego de: C-s2, d0 a B-s1, d0 dependiendo del material y el fabricante, que los hace aptos para su aplicación en prácticamente cualquier edificio. Esta situación se debe al tipo de ensayos requeridos para su certificación como producto de fachada (ver capítulo 5).

En la actualidad, la mayoría de las investigaciones relacionadas con este tipo de riesgo se han realizado en SATE con aislante de EPS. Este material en relación con otros termoplásticos se considera el que tiene peor comportamiento a la exposición del fuego (I. Kotthoff et al.,2016). En general, en sistemas SATE se asocia un peligro más relevante cuando se trata de aislantes combustibles fusibles (que generan caída de gotas incandescentes) —como el EPS y el XPS— que en materiales no fusibles —como el PIR y el PUR ▫ (Y. Martin, 2017). Otros materiales combustibles como la fibra de madera pueden también presentar fenómenos menos críticos como la combustión lenta (smouldering) (Hakkarainen et al., 2002). Actualmente, existen pocas investigaciones sobre este tema.

En 2012, los servicios de seguridad contra incendios alemanes, después de varios casos de incendio relacionados con EPS en sistemas SATE, comenzaron a recopilar datos sobre este tipo de incidentes. El registro contiene más de 90 casos con 11 víctimas mortales y 124 heridos. Es especialmente notable el hecho de que las víctimas normalmente están en las plantas superiores al origen del fuego (A. Hofmann-Böllinghaus, 2017).

Algunos aspectos específicos relacionados con el sistema SATE y aislamientos combustibles en situación de incendio son:

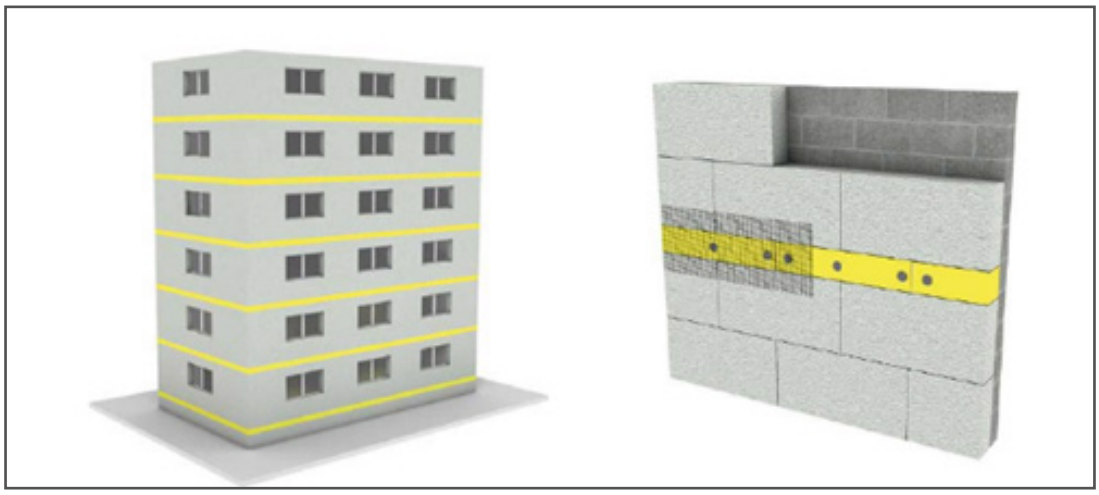


Figura 2.15. Franjas continuas de material aislante no combustible (200 mm) recomendadas en la normativa en vigor de Francia.
Fuente: Y. Martin, 2017

- Pérdida de integridad del revestimiento de mortero por deshidratación con aparición de grietas, exponiendo el material aislante al fuego.
- Ignición del material aislante bajo la capa de mortero, si esta no ha perdido su integridad, con la consecuente caída de gotas si el material aislante es fusible.
- Contribución significativa del material aislante a la intensidad del incendio y su propagación.
- Producción de humos opacos y gases tóxicos.
- La altura de las llamas normalmente puede superar los 10 m, por lo que las franjas de material incombustible (Figura 2.15) propuestas en la normativa de países como Alemania y Francia puede ser insuficiente para evitar la propagación del fuego.

En los sistemas SATE, al igual que en el caso anteriormente expuesto de los paneles sándwich, los ensayos que determinan la aptitud del sistema de fachada no reproducen las condiciones que se pueden dar durante la propagación del fuego por fachada (capítulo 5). Es importante poner de manifiesto esta situación, considerando que durante los próximos años un número muy importante de edificios en toda España tendrá que renovar su envolvente térmica con sistemas SATE.

E. Propagación a través de una hoja principal con elementos combustibles

La tendencia a resolver las fachadas con sistemas ligeros, multicapa, formados por diversos materiales, cada

uno de ellos especializado en satisfacer una función en concreto, puede llevar a diseñar fachadas con elementos combustibles incorporados en la propia hoja principal. No estamos hablando de revestimientos sino de la hoja principal, que actúa como soporte y cierre de la fachada, y su capacidad de entrar en ignición y favorecer la propagación del fuego.

Este sería el caso de un panel sándwich o multicapa dispuesto como único mecanismo de cierre de la fachada: panel sándwich de GRC —glass reinforced concrete— o de hormigón, sándwich metálico, panel de composite o fibra sintética, madera, etc. La mayoría de los paneles de hormigón o GRC macizan los perímetros del panel quedando el núcleo completamente confinado. Este no es el caso de los paneles de chapas metálicas donde las chapas sitas a ambos lados del núcleo aislante no se tocan y dejan expuesto el material del núcleo en todos los cantos. La tendencia en los paneles de hormigón y GRC es buscar esta misma estructura y desconexión entre capas, y por lo tanto dejar el material aislante más desprotegido.

Tal y como se menciona en el punto anterior, la propagación del fuego en este tipo de paneles ocurre cuando el revestimiento del panel pierde su integridad dando lugar a la propagación a través del material combustible del núcleo, es decir que la reacción al fuego del material de las láminas exteriores, así como el grado de confinamiento del núcleo ligero, son importantes a la

Figura 2.16. Hoja principal de panel contralaminado de madera (izquierda). Hoja principal panel sándwich de núcleo polimérico (derecha).
Fuente: https://altermateria.com/. http://3xn.com/project/horten-headquarters.

hora de valorar el riesgo que este tipo de productos comporta. En este sentido los paneles de chapas metálicas son los más vulnerables.

El cada vez más habitual uso de la madera como elemento de soporte debe también ser contemplado a efectos de propagación (Figura 2.16).

2.1.2. Importancia del diseño de las fachadas y el control de la ejecución

El fuego es un fenómeno complejo sensible a diferentes factores, uno de los cuales es la configuración geométrica del recinto en el que se produce el incendio y de las superficies por las que se propaga. La fachada, por su verticalidad, es un medio "ideal" de propagación del incendio, y su diseño puede influir en cómo se desarrolla dicha propagación.

La fachada, por su verticalidad, es un medio "ideal" de propagación del incendio, y su diseño puede influir en cómo se desarrolla dicha propagación.

El diseño de la fachada comprende diversos aspectos relacionados con su geometría como son: el tamaño y la forma de las ventanas, la disposición de elementos salientes (aleros, balcones, parteluces, entre otros), volúmenes y retranqueos, elementos de control solar, etc. También la disposición de los diferentes elementos que conforman los sistemas y tipologías de fachada.

El diseño de la fachada puede contribuir a la propagación del fuego o por el contrario revertir sus efectos desviando o limitando su trayectoria. Los aspectos más relevantes relacionados con el diseño de la fachada son:

La configuración geométrica de las ventanas. Es un factor que puede influir significativamente en el tamaño, la trayectoria y la forma del penacho de fuego. Las fachadas con ventanas grandes representan un peligro mayor porque proyectan penachos proporcionales a su

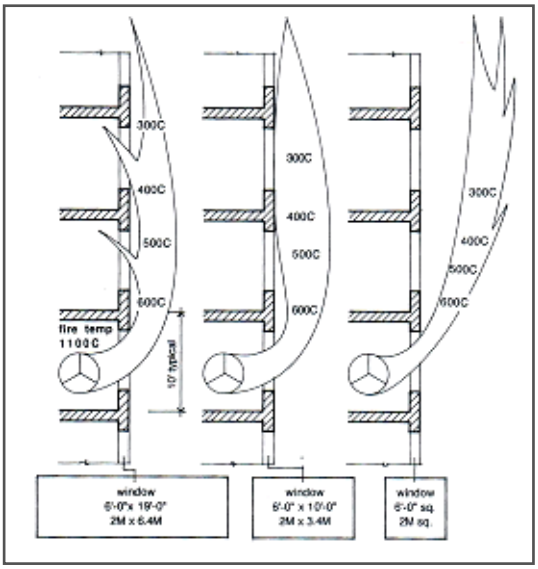


Figura 2.17. Relación del tamaño y forma de las ventanas con el comportamiento del penacho de fuego. Ventanas de distintos anchos.
Fuente: J. Patterson, 1993.

tamaño. Además, en recintos con ventanas grandes, normalmente la evolución del incendio ocurre con más rapidez e intensidad (Ee H. Yi et al., 2007). La forma de las ventanas o cuan ceñidas a la superficie permanezcan afecta a la altura de las llamas (Figura 2.17) (J. Patterson, 1993).

No existe información técnica complementaria que oriente a los profesionales para abordar ciertos riesgos asociados a cada tipología constructiva.

Elementos o cuerpos salientes. En general, los elementos salientes se pueden considerar deflectores del flujo de calor y las llamas, capaces de cambiar la trayectoria del penacho de fuego que emerge a través de las ventanas. Los elementos salientes horizontales como los aleros tienden a desviar el penacho de fuego hacia el exterior de la fachada evitando que el fuego incida sobre la superficie, mientras que los elementos verticales tipo parteluces tienden a concentrarlo y canalizarlo.

Sistemas de fachada. Los elementos que constituyen los distintos tipos o sistemas de fachada pueden conformar cavidades por las que el fuego se puede propagar o favorecer diferentes situaciones de riesgo en función de su ubicación y sus propiedades térmicas. Aun sin ser fachadas ventiladas, las fachadas aplacadas donde el revestimiento no se

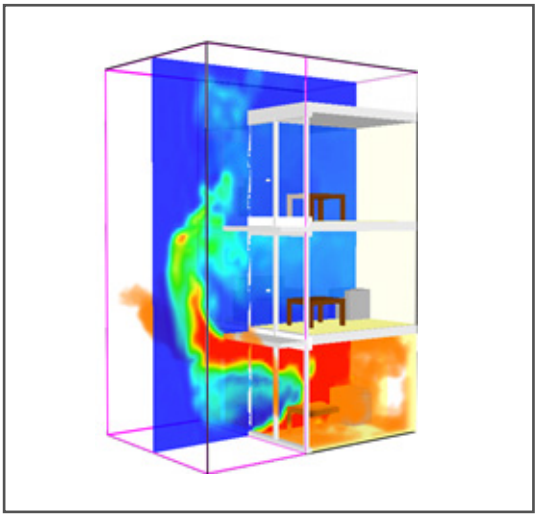


Figura 2.18. Los aleros son elementos capaces de desviar la trayectoria del fuego, evitando que el flujo de calor afecte las plantas superiores del edificio. Estudio realizado mediante modelado y simulación computacional de incendios. Fuente: M. P. Giraldo, 2012

amortera al soporte, sino que se ancla de manera mecánica, constituyen sistemas compuestos por varias capas que conforman cavidades fruto del propio sistema constructivo, aunque sin una función definida.

Los aspectos señalados destacan la importancia que puede tener cualquier decisión que se tome con relación al diseño de las fachadas, incluso en temas aparentemente simples como el tamaño de las ventanas, la disposición de un balcón o un alero, el tamaño de los montantes de un muro cortina, la elección de un material, etc. En el diseño de las fac-

hadas no solo se deben tener en cuenta aspectos estéticos, estructurales, de iluminación natural, control solar, etc., sino todos aquellos relacionados con la protección pasiva frente al fuego. En ocasiones, la mera aplicación de la normativa no garantiza que se alcancen unos niveles de seguridad suficientes.

De igual manera, resulta fundamental la correcta ejecución de las medidas de protección pasiva (detalles constructivos) y su inspección y mantenimiento. Es muy importante que los trabajos sean realizados por personal cualificado, con el conocimiento específico de materiales y procedimientos.

En España aún no existe un título o certificado que permita comprobar las competencias del personal de obras especializado en este ámbito, pero es algo en lo que están trabajando desde diferentes asociaciones de protección contra incendios.

El año pasado se publicaron dos guías de sistemas de protección pasiva contra incendios, la primera de las cuales, de Tecnifuego, contiene información sobre la ejecución en obra de sistemas de protección pasiva. La segunda, del Clúster de Seguridad Contra Incendios, pretende establecer los controles y comprobaciones necesarias (y sus registros) para asegurar la correcta instalación y mantenimiento de los sistemas de protección pasiva.

El trabajo coordinado de los diferentes agentes implicados en el proyecto (arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros, prescriptores, fabricantes, etc.) es esencial para que los aspectos mencionados tengan una repercusión en la seguridad del edificio y de las fachadas.

2.2. Consideraciones sobre la regulación vigente en materia de propagación exterior del fuego

Al observar la regulación vigente sobre propagación exterior del fuego (CTE SI sección 2) hay algunos aspectos que llaman la atención y que cabe destacar. El primero de ellos es que la normativa no ha presentado cambios sustanciales desde el año 1996 (NBE CPI 96), lo que sugiere que durante los últimos años no se ha evolucionado en este aspecto. Sin embargo, las fachadas y en general la envolvente de los edificios, ha ido experimentando evidentes cambios incorporando nuevas funciones, nuevos dispositivos tecnológicos y nuevos materiales. El segundo aspecto a destacar es que la normativa actual aporta escasa información y contempla pocas medidas de actuación, lo que da lugar a un amplio margen de interpretación que puede derivar en una inadecuada definición de los requerimientos de protección contra incendios.

Además, no se hace referencia a las diversas tipologías de fachada, tales como: las fachadas ventiladas, los muros cortina o los casos singulares de dobles pieles de vidrio. Tampoco existe información técnica complementaria que pueda orientar a los profesionales en la manera de abordar ciertos riesgos asociados

a cada tipología constructiva. Esta situación traslada una enorme responsabilidad a los profesionales e industriales involucrados en los proyectos debido a que son estos los que finalmente proponen y aplican las soluciones constructivas de protección. Una de las consecuencias de ello es que resulta difícil establecer el grado de seguridad que se alcanza mediante las medidas exigidas en diferentes casos. La justificación de las diferentes soluciones constructivas aplicadas (en muros cortina, fachadas ventiladas, etc.) puede convertirse más en un fin para cumplir con lo que la normativa exige y no en un medio para alcanzar un grado de seguridad aceptable en la edificación. Los requerimientos para cualquier tipo de fachada son la reacción y la resistencia al fuego en los términos especificados en el DB SI. La justificación se realiza aplicando directamente los valores límite especificados en el documento.

La propagación del fuego en edificios altos supone un incremento significativo del riesgo. Factores como el viento y el efecto chimenea influyen con mayor contundencia cuanto mayor es la altura del edificio. También las labores de evacuación y rescate se complican sustancialmente. Sin embargo, el CTE no contempla exigencias para este tipo de edificios, salvo la relacionada con el uso de rociadores automáticos a partir de 80 m de altura y de 28 m si se trata de hoteles o similares (residencial público).

Las medidas contempladas con relación a los materiales de fachada se perciben poco restrictivas. Así por ejemplo, la norma establece lo siguiente: “la clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10 % de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3, d2 hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda los 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque; (…) se puede admitir una clase C-s3, d2 si se cumple lo que se establece en el artículo DB SI sección 1-3.2 (barreras cortafuegos de clase E30 cada tres plantas y 10 m)”.

Este planteamiento deja gran parte del riesgo sin cubrir, ya que para muchos edificios (de planta baja más 5, por ejemplo) no existe requisito alguno en cuanto a la combustibilidad de los materiales de fachada. Por otro lado, la disposición de barreras cortafuegos no es requerida cuando los materiales aislantes cumplen con la clasificación estipulada, a pesar de que el efecto chimenea ocurre en una cámara ventilada en presencia o no de materiales combustibles. Por otro lado, las barreras deberían instalarse a la altura de cada forjado tal como lo específica, por ejemplo, la regulación británica basada en estudios previos (S. Colwell, B. Martin, 2003).

Por otro lado, la clase B-s3, d2 corresponde a un material combustible con contribución muy limitada al fuego (B), opacidad alta de los humos producidos

(s3) y alta caída de gotas o partículas inflamadas (d2). Resulta extraño que no se limite la aplicación en fachada de productos con el máximo de opacidad de humos y de caída de gotas inflamadas. En otros países de Europa la caída de gotas ha de ser d0, es decir, nula. La Ordenanza Municipal de Condiciones de Protección Contra Incendios de Barcelona (OMCPI) hace esta corrección al documento nacional y exige la clasificación sin caída de gotas (B-s3, d0). En el capítulo 4 se puede ver una aproximación por países de los requerimientos normativos en materia de seguridad contra incendios en Europa.

El otro aspecto concerniente a los materiales y productos de fachada está relacionado con los métodos de ensayo empleados para certificar la aptitud de productos y sistemas de fachada. Tal como se explica en el capítulo 5, los ensayos que se realizan a los productos y sistemas integrales de fachada no reproducen las condiciones de exposición al fuego típicas que se dan en una situación de incendio por el exterior, lo que está dando lugar a validar, para casi cualquier aplicación, productos potencialmente peligrosos en este tipo de incidentes de fuego.

2.3. Conclusiones del capítulo

La propagación del fuego por fachada es un asunto que merece especial atención dada la facilidad y la rapidez con la que puede ocurrir, contribuyendo, en determinados casos, de forma significativa a la difusión del fuego en los edificios.

En las fachadas, el fuego puede propagarse por diferentes vías. Todas ellas están relacionadas con las tipologías y sistemas, el diseño y la configuración geométrica, y los materiales y productos empleados para los revestimientos, aislamientos o la hoja principal de soporte. Es fundamental identificar los factores de riesgo que se dan en cada caso para implementar las medidas de protección pertinentes.

Las disposiciones contempladas en el CTE para limitar la propagación exterior del fuego son escasas y genéricas.

De forma ideal, la normativa aplicable debería poner en evidencia estos factores de riesgo y aportar las medidas de protección necesarias para minimizarlos o evitarlos. No obstante, las disposiciones contempladas en el CTE para limitar la propagación exterior del fuego son escasas y genéricas, lo que da lugar a un amplio margen de interpretación de los requerimientos de protección. A su vez, traslada una gran responsabilidad a los profesionales y técnicos encargados de determinar las soluciones constructivas de protección pasiva. En consecuencia, es posible construir fachadas que cumplen con la normativa vigente, pero pueden resultar potencialmente peligrosas en situación de incendio, ya sea por las soluciones constructivas del sistema de fachada, el diseño, o por la combustibilidad de los materiales y productos empleados.

En el apartado 2.2 se han expuesto una serie de reflexiones sobre el marco regulador actual con relación a la reacción al fuego de los productos aplicables a las fachadas. La problemática combina lo estipulado por el CTE y los parámetros comunes establecidos por el Comité Europeo de Normalización (CEN) para armonizar los procedimientos y normas de productos de la construcción. Por un lado, cabe destacar que la norma española no considera la peligrosidad que representa en los materiales de fachada admitir el índice máximo de opacidad y de caída de partículas incandescentes (B-s3, d2).

Actualmente, es posible construir fachadas que cumplen con la normativa vigente, pero pueden resultar potencialmente peligrosas en situación de incendio.

Del lado europeo, los ensayos de certificación propuestos por el CEN abalan productos que suponen un riesgo potencial en situación de incendio. Es el caso de los paneles sándwich y los SATE cuya clasificación es apta para cualquier aplicación aun cuando estén constituidos por materiales con un grado de combustibilidad alto.

2.4. Bibliografía y otras referencias

- Wade, C. “Fire Performance of External Wall Claddings Under a Performance-based Building Code”. Fire and Materials. Vol. 19, 1995, pp. 127-132.
- Kotthoff, I., Riemesch-Speer. Mechanism of fire spread of facades and the new Technical Report of EOTA. “Large-scale fire performance testing of external wall cladding systems”. MATEC Web of Conferences 9:02010, 2013.
- Law, M. “Fire Safety of External Building Elements – The Design Approach”. Engineering Journal of the American Institute of Steel Construction. Vol. 15, 1978, pp. 59-74.
- Giraldo, M. P. Evaluación del Comportamiento del Fuego y Seguridad Contra Incendios en Diversas Tipologías de Fachadas. (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya, 2012.
- Drysdale, D. An Introduction to Fire Dynamics. Second edition, John Wiley & Sons, Nueva York, 1998. ISBN-13: 978-0471972914.
- Collwell, S., Martin, B. Fire performance of external thermal insulation for walls of multi-storey buildings, Building Research Establishment BRE, Londres, 2003. ISBN 1 86081 622 3.
- Luengo, E. “Una aproximación a los paneles sándwich”. 24 MAPFRESEGURIDAD n.º 108, cuarto trimestre 2007.
- Association of British Insurers “Technical briefing: Fire performance of sandwich panel systems”, mayo de 2003.
- Morgan, P., Shipp, M. P. “Firefighting options for fires involving sandwich panels”. FRDG Publication number 3/99.

- Collier, P. C., Baker, G. B. Improving the fire performance of polystyrene insulated panels in New Zealand. 2004.
- Van Hees, P., Johansson, P. Fire tests with rate of heat release and smoke production of sandwich panels when tested according to ISO FDIS 13784 part 1, part 2 and modified ISO FDIS 13784 part 1. 2002.
- Collier, P. C. Flame barriers for foamed plastics. Study Report No. 144. 2005.
- White, N., et al. Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components. The Fire Protection Research Foundation, 2014.
- Kotthoff, I., Hauswaldt, S., Riese, O., Riemesch-Speer, J. Investigations of the performance of facades made of ETICS with polystyrene under external fire exposure and fire safety measures for their improvement. MATEC Web of Conferences 46, 02007, 2016. DOI: 10.1051/matecconf/20164602007
- Martin, I., et al. Fire Safety of multi-storey building Facades. Confédération Construction. Belgian Building Research Institute, 2017.
- Hofmann-Böllinghaus, A., Bachemeier, P. Fire Safety of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) for Façades with Polystyrene (EPS) Insulation. 2017.
- Ee. H. Yii., Fleischmann, C. M., Buchanan, A. H. "Vent Flows in Fire Compartments with Large Openings". Journal of Fire Protection Engineering, vol. 17, no. 3, agosto 2007, pp. 211-237. DOI: 10.1177/1042391507069634
- Patterson, J. Simplified Design for Building Fire Safety. Iowa State University, John Wiley&Sons, Inc., New York, 1993. ISBN 0471572365.
- Hakkarainen, T., Oksanen, T. Fire Safety Assessment of Wooden Facades, Fire and Materials, vol. 26, 2002, pp. 7-27.

Páginas web

- Curtis, A. "Enclosure Fire Dynamics". http://slideplayer.com/slide/5277123/.
- ¬Architects for Social Housing. The Truth about Grenfell Tower. (21.07.2017) https://architectsforsocialhousing.wordpress.com/2017/07/21/the-truth-about-grenfell-tower-a-report-by-architects-for-social-housing/
- Argentina iNside News. Raúl Enrique Bibiano. Londres: Terrorífico incendio del edificio torre Grenfell Tower parecía las puertas del infierno. (14.06.2017) http://arg-in.blogspot.com/2017/06/londres-terrorifico-incendio-del.html
- Schreck, A. Gambrell, J. How a common building material turned a Dubai hotel fire into an inferno. ADAM The Associated Press. (19.01.2016) https://www.thestar.com/business/2016/01/19/how-a-common-building-material-turned-a-dubai-hotel-fire-into-an-inferno.html.
- Ilpost.it. Il grosso incendio al Marina Torch. https://www.ilpost.it/2015/02/21/incendio-marina-torch-dubai/fire-at-the-torch-tower-in-dubai-2/

- Steven Hopkins. Grenfell Tower Blaze Sees Man Charged With 'Falsely Claiming He Lost Family Members'. (30.06.2017) https://www.huffingtonpost.co.uk/entry/grenfell-tower_uk_5955fd45e4b0da2c73228763?guccounter=1
- International Fire Protection. Understanding Fire Performance of Insulated Panel Systems. Roy Weghorst, J. (24.07.2017) https://ifpmag.mdmpublishing.com/understanding-fire-performance-of-insulated-panel-systems/
- EAE - European Association for External Thermal Insulation Composite Systems. ETICS in Europe. http://www.interempresas.net/Cerramientos_y_ventanas/Articulos/108375-Ultimas-tendencias-en-el-aislamiento-termico-por-el-exterior-(SATE)-con-EPS.html
- Lotnicze Fotopolska. Incendio en conjunto de edificios de vivienda. https://www.youtube. com/watch?v=7RrOkN8DCWI&feature=youtu.be

60 ngs

TOXICIDAD

03

Ana M. Lacasta
Doctora en Ciencias Físicas. Catedrática del Departamento de Tecnología de la Arquitectura, EPSEB - UPC.

Laia Haurie
Doctora en Ciencias Químicas. Profesora agregada en la EPSEB, miembro del Departamento de Tecnología en la Arquitectura de la UPC.

La toxicidad es una problemática de vital importancia en caso de incendio. Como ha podido verse por casos como el de la Torre Grenfell de Londres, siniestro que motiva la elaboración del presente documento, la inhalación de humos es la principal causa de muerte en estos casos. Pese a ello, las normativas reguladoras en el sector de la construcción no contemplan este factor ni ofrecen soluciones al respecto, como sí ocurre en otros sectores industriales.

Debido a esto, en el siguiente capítulo se analizan los diferentes aspectos a tener en cuenta para entender la toxicidad en caso de incendio, además de revisarse la regulación que diferentes países realizan sobre la toxicidad de los humos de los materiales de construcción.

3.1. Peligrosidad de los humos en un incendio

Los humos generados en un incendio son una combinación de aire caliente, partículas en suspensión que no han quemado (hollín), y diversas concentraciones de gases más o menos tóxicos, que pueden ser irritantes y/o asfixiantes. La concentración de oxígeno (O2) es más baja que en condiciones normales. Los gases más comunes generados son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO2) y el monóxido de carbono (CO). Dependiendo del material y de las condiciones del incendio se pueden desprender otros gases como cloruro de hidrógeno o cianuro de hidrógeno. En condiciones de poca ventilación suelen producirse humos más oscuros, que contienen mayor cantidad de hollín, menor porcentaje de CO2 y mayor porcentaje de CO.

Los humos generados en un incendio son una combinación de aire caliente, partículas en suspensión que no han quemado (hollín), y diversas concentraciones de gases más o menos tóxicos, que pueden ser irritantes y/o asfixiantes.

Son varios los motivos por los que los humos de un incendio son potencialmente peligrosos:

- Difunden de una manera muy rápida de manera que, en pocos minutos, los humos generados en un fuego localizado pueden alcanzar grandes espacios. Tienden a desplazarse verticalmente hacia arriba, acumulándose en la parte superior de los recintos y ascendiendo por fachada, por cajas de escaleras y por conductos.

TOXICIDAD

- Son gases calientes, lo que dificulta la respiración y puede producir quemaduras.
- Pueden producir asfixia, ya que contienen una menor concentración de O2 y mayor de CO2, y además gases asfixiantes como CO.
- Pueden producirse gases irritantes. Inhalar estas sustancias puede producir quemaduras en los pulmones y en el tracto respiratorio.
- Contienen partículas en suspensión que tienen efectos irritantes sobre las mucosas. Provocan lagrimeo y dificultan la respiración.
- El humo, sobre todo si es denso, disminuye drásticamente la visibilidad.
- Tanto la disminución de la visibilidad como los efectos incapacitantes del humo y los gases asfixiantes e irritantes dificultan la salida de las personas y el acceso de los bomberos y, en consecuencia, muchas de las muertes por incendios se deben a la inhalación de humos.

Los productos tóxicos de los incendios comenzaron a ser reconocidos como una gran amenaza en las décadas de 1970 y 1980, y desde entonces se han realizado numerosas investigaciones en este campo (A. A. Alarifi, 2016). Un caso de gran impacto fue el incendio en el MGM Grand Hotel de Las Vegas, en 1980, en el que la mayoría de las víctimas mortales y heridos lo fueron por inhalación de humos. El incendio se inició en el casino, en la planta baja, y el fuego se limitó únicamente, a un nivel horizontal. Sin embargo, los humos se propagaron verticalmente (ver Figura 3.1), alcanzando a las personas situadas en lo alto del hotel de 26 plantas.

Los incendios ocurridos en las salas de las discotecas The Station, el 2003, en EE. UU., y la República Cromañón, el 2004, en Argentina, también despertaron las alarmas sobre la producción de gases tóxicos por parte de determinados materiales. Tanto el National Institute of Standards and Technology de EE. UU. (NIST) como el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina realizaron estudios sobre estos dos casos analizando diferentes aspectos, entre ellos la evolución de la concentración de cianuro de hidrógeno liberada por la espuma de poliuretano presente en ambas salas como revestimiento visto. Los resultados indicaron que las concentraciones de cianuro de hidrógeno generadas durante el incendio habían sido muy superiores a los valores considerados letales para ratas de laboratorio.

Los productos tóxicos de los incendios comenzaron a ser reconocidos como una gran amenaza en las décadas de los setenta y ochenta.

Más recientemente (junio de 2017), la inhalación de los gases liberados por la combustión del sistema de aislamiento térmico exterior de la Torre Grenfell de Londres puede haber sido la causa de una buena parte de los fallecidos y heridos en el incendio (D. Boyle, 2017). La espuma de poliisocianurato (PIR) utiliza-

da, cuando quema, emite gases tóxicos, incluyendo cianuro de hidrógeno y monóxido de carbono, que causan incapacidad rápida cuando se inhala. Muchas personas en la torre podrían haber tenido las ventanas abiertas, propiciando la exposición a dichos gases incapacitantes.

Diversas investigaciones a nivel internacional, especialmente las realizadas en EE. UU. y Reino Unido, muestran que la inhalación de los gases generados en un incendio es la causa más frecuente de muerte. Los estudios coinciden en que, si bien desde la introducción en los años 80 de nuevas normativas de seguridad en caso de incendio el número global de víctimas causadas por incendios se ha reducido, el porcentaje de muertes producidas por la inhalación de humo y gases tóxicos ha aumentado. Este cambio está relacionado con la entrada en el mercado de nuevos materiales, sobre todo polímeros sintéticos, con una mayor tendencia a producir gases tóxicos o irritantes —como el cloruro de hidrógeno o el cianuro de hidrógeno—. La presencia de niveles elevados de gases tóxicos en las víctimas de incendios se ha detectado también en otros países como Polonia, en los cuales el número de víctimas en incendios no ha sufrido la reducción mencionada para EE. UU. y el Reino Unido (J. R. Hall, 2011; A. A. Stec, 2017; J. Giebultowicz, 2017). En el caso de España, los datos de los últimos años, recogidos en los informes anuales “Víctimas de incendios en España” publicados por la Fundación Mapfre también muestran esta tendencia (ver Figura 3.2).

3.2. Generación de gases tóxicos en un incendio

En un incendio se generan diversos gases, tóxicos y no tóxicos, resultado de la pirólisis y combustión de los materiales y que pueden resultar en una mezcla compleja de muchos compuestos diferentes. La pirólisis es la descomposición química del material, por acción del calor, y la emisión de gases combustibles. Estos gases combustibles se mezclan con el oxígeno del aire y, si se dan las condiciones adecuadas, tiene lugar una reacción química —la combustión— con una gran liberación de calor. En la reacción de combustión se consume oxígeno y se libera vapor de agua y CO2. Cuando la combustión no es completa, quedan sustancias combustibles (inquemados) en los humos, principalmente partículas en suspensión y CO.

La potencial toxicidad de dichos gases no solo depende de la composición de los materiales de los cuales se liberan, sino también de las condiciones en las que se desarrolla el incendio, en particular de la temperatura y de la disponibilidad de oxígeno en la zona de fuego. Estos factores varían significativamente durante un incendio y entre diferentes incendios y, como consecuencia, los gases producidos en diferentes etapas de un incendio pueden variar significativamente (T. R. Hull, 2016).

Por ejemplo, los compuestos nitrogenados generados por la descomposición térmica de espumas de poliuretano a aproximadamente 400 ºC pueden comprender isocianatos y órgano-nitrilos,

pero a medida que la temperatura aumenta, predominará el cianuro de hidrógeno hasta que, en condiciones de temperaturas mayores (aproximadamente 800 ºC) y alta ventilación, los componentes principales serán los óxidos de nitrógeno (T. R. Hull, 2007).

A fin de caracterizar correctamente los gases generados, suelen considerarse diferentes etapas de incendios: combustión sin llamas (non-flaming), combustión con llamas bien ventilada (well-ventilated) y combustión con llama infraventilada (under-ventilated). Esos estadios pueden clasificarse en térmicos de flujo de calor, temperatura, disponibilidad de O2, proporción de CO2 a CO o relación de equivalencia (T. R. Hull, 2007). La relación de equivalencia, ϕ, se define en términos de la cantidad de combustible presente respecto al oxígeno necesario para combustionar completamente, y por tanto es una medida del grado de ventilación existente. Valores de ϕ bajos (ϕ < 1) indican la existencia de más oxígeno del necesario, y por tanto corresponden a condiciones con buena ventilación. En cambio, valores de ϕ grandes (ϕ ~2) corresponden a los bajos niveles de oxígeno característicos de condiciones de infraventilación.

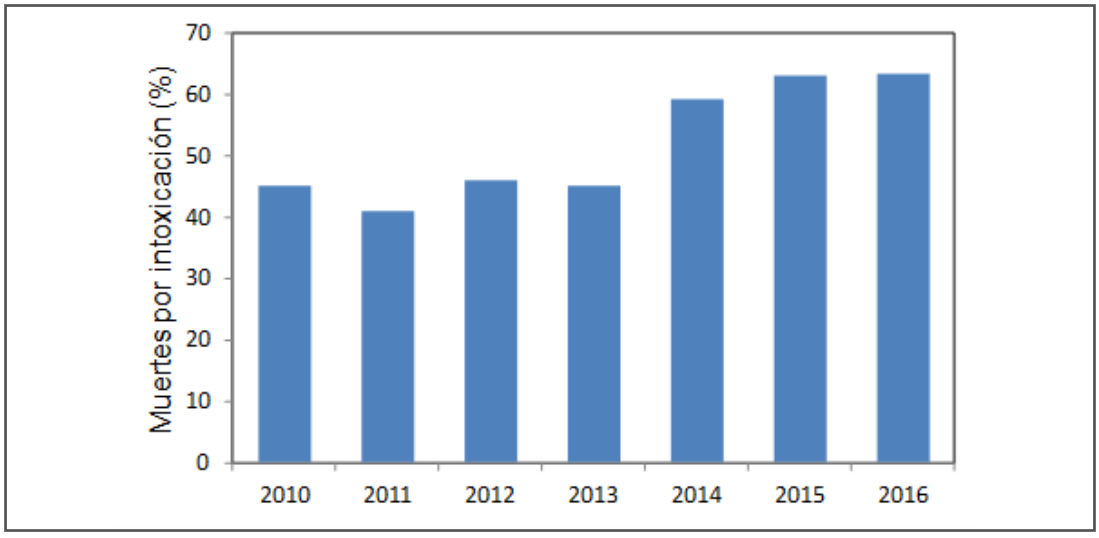


Figura 3.2. Fallecidos en incendio por inhalación de gases en España (porcentaje respecto del total de fallecidos en incendios)
Fuente: A. M. Lacasta e I. Haurie a partir de los datos que aparecen en los informes anuales "Víctimas de incendios en España" publicados por la Fundación Mapfre (MAPFRE, 2010-2017), que a su vez proceden de Servicios de Bomberos y del Instituto de Medicina Legal (IML).

3.3. Principales gases tóxicos generados en un incendio y su efecto en las personas

Los materiales utilizados en edificación que pueden generar gases tóxicos en caso de incendio son, en general, cualquier compuesto orgánico que contenga carbono: madera, papel, lana de oveja, algodón, aceite, hidrocarburos combustibles, etc. Hay que tener en cuenta, especialmente, los denominados compuestos nitrogenados que se dan en numerosos plásticos y pinturas que contienen nitrógeno en su estructura, como poliamida, poliuretano o melamina. La presencia de nitrógeno en las moléculas orgánicas da lugar a la producción de cianuro de hidrógeno que no se da en otro tipo de compuestos orgánicos.

Los gases generados incluyen:

- Gases irritantes de la vía aérea. Los más comunes son: acroleína, ácido clorhídrico, amoniaco, benceno, formaldehído y aldehído, y óxidos de azufre y de nitrógeno.
- Gases asfixiantes simples: dióxido de carbono (CO_2).
- Gases asfixiantes (tóxicos celulares): monóxido de carbono (CO) y cianuro de hidrógeno (HCN). El HCN se produce, sobre todo, en la combustión de compuestos nitrogenados.

A continuación, se describen los efectos en el organismo de los principales gases involucrados en un incendio.

Disminución de oxígeno. Tal como se ha explicado antes, el fuego es, básicamente, una reacción de combustión entre los gases combustibles generados en la pirólisis del material y el oxígeno del aire. Por tanto, en un escenario de incendio tendremos una disminución de los niveles de oxígeno, lo que afectará a las personas. Una baja concentración de oxígeno en el aire conduce a una deficiencia de oxígeno en la sangre, las células y los tejidos (hipoxia) con consecuencias que pueden llegar a ser mortales. En condiciones normales, la concentración de oxígeno es del 21 %; en concentraciones inferiores al 14 % puede producirse la muerte.

Dióxido de carbono. El CO_2 compite con el oxígeno en el proceso respiratorio, y por ello se dice que es un gas asfixiante simple. El aire normal contiene aproximadamente 300 ppm de CO_2 (0,03 %) por volumen de aire. A partir de un 10 % de CO_2 se produce ahogo o dificultad en la respiración (disnea). Además, la presencia de CO_2 en la sangre estimula la hiperventilación, aumenta la velocidad de respiración y, por tanto, el peligro de inhalación de los demás componentes tóxicos del humo del incendio.

Monóxido de carbono. El CO es uno de los componentes más significativos, ya que es el principal causante de las intoxicaciones y muertes producidas durante los incendios. El CO se combina con la hemoglobina de la sangre, en lugar del oxígeno, formando carboxihemoglobina. Por lo tanto, el CO dificulta el transporte de oxígeno a las células (asfixia celular). La guía NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión (D. T. Mayol, 1983) señala que, para una exposición de

una hora a una concentración de CO del 0,4 % los efectos fisiológicos son mortales. Se produce en la combustión incompleta de cualquier material orgánico.

Cianuro de hidrógeno. El HCN impide la absorción de oxígeno por parte de las células, ya que deja inoperativas determinadas enzimas esenciales para su funcionamiento (asfixia celular). Los efectos son mortales en concentraciones de 120-150 mg/m3 en exposiciones de entre 30 minutos y 1 hora, y mortales instantáneamente para concentraciones de 300 mg/m3 (D. T. Mayol, 1983). El cianuro de hidrógeno se puede generar en la combustión de cualquier material que contenga nitrógeno, como por ejemplo poliuretano, poliamida, resinas acrílicas o lana de oveja (H. Tuovinen, 2004). Cloruro de hidrógeno. El HCl, al igual que otros ácidos halogenados (HBr, HF) es un gas irritante de las vías respiratorias. Los valores límites para exposiciones de 30 minutos están entre 100 y 1000 ppm (A. A. Stec, 2017). Este tipo de gases se generan en la combustión de PVC y en los materiales que contienen retardantes de llama halogenados.

Óxidos de nitrógeno. Los óxidos NO y NO2 son irritantes del tracto respiratorio y de las membranas mucosas. Se producen por la combustión de compuestos nitrogenados a alta temperatura. El valor límite de exposición a 30 minutos es de 170 ppm (A. A. Stec, 2017).

Acroleína. Es un compuesto orgánico que pertenece a los aldehídos insaturados. Algunas de las principales fuentes de exposición son el humo de los cigarrillos y los vehículos de combustión. Asimismo, la acroleína se puede formar en la pirólisis de la madera y la combustión incompleta de aceites y combustibles fósiles. La acroleína es un irritante de las membranas mucosas y es absorbida en pulmones e intestino y metabolizada en el hígado. Parte de los metabolitos que no son eliminados por la orina pasan a la sangre y pueden causar daños orgánicos (J. Herrera-Martínez, 2006).

Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles. Las mezclas complejas de VOC/SVOC se generan como productos de combustión incompletos durante los incendios y se sabe que muchos de ellos son dañinos para la salud humana y el medio ambiente. Algunos ejemplos de estos compuestos son el benceno, el estireno y el fenol. El benceno es un conocido carcinógeno.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Son compuestos orgánicos que contienen anillos aromáticos. Se forman durante la combustión incompleta de materia orgánica. Algunos HAP, como los benzopirenos, han sido identificados como cancerígenos.

Partículas. Las partículas presentes en el humo dificultan la visibilidad y la respiración, especialmente si son de tamaño reducido. Los HAP pueden aglomerarse formando partículas de hollín. La aspiración de estas partículas puede causar daños graves en el aparato respiratorio (A. A. Stec, 2017).

TOXICIDAD

La manera general de tratar la potencial toxicidad de los gases generados consiste en asumir el comportamiento aditivo de tóxicos individuales y expresar la concentración de cada uno como su fracción de la concentración letal para el 50 % de la población para una exposición de 30 minutos (CL50). La suma de estas contribuciones genera una dosis efectiva fraccional (FED). Una FED igual a uno indica que la suma de concentraciones de especies individuales será letal para el 50 % de la población durante una exposición de 30 minutos. Este enfoque usa los datos existentes de letalidad de ratas, como se describe en la norma ISO 13344.

Toxicidad de los materiales aislantes térmicos en caso de incendio

Las estrategias de mejora de la eficiencia energética están impulsando la sustitución de materiales de construcción tradicionales por materiales de aislamiento ligeros que, si son combustibles, no solo pueden contribuir a la carga de fuego, sino que además pueden generar gases tóxicos (B. C. Roberts, 2015). Existen riesgos tanto si las intervenciones de mejora son por el exterior como si se realizan por el interior. En este último caso la incidencia de los gases tóxicos puede ser aún mayor.

En 2011, Stec y colaboradores (A. A. Stec, 2011) analizaron la toxicidad en caso de incendio de seis materiales aislantes térmicos habitualmente utilizados en edificación: lana de vidrio (glass wool, GW), lana de roca (stone wool, SW), espuma de poliestireno expandido (expanded polystyrene, EPS), espuma fenólica (phenolic, PhF), espuma de poliuretano (polyurethane, PUR) y espuma de poliisocianurato (polyisocyanurate, PIR). Los aislantes fueron ensayados, en un horno estacionario, bajo diferentes condiciones de ensayo. Las muestras se sometieron a diferentes temperaturas y se consideraron varios niveles de ventilación, caracterizados por diferentes valores de la relación de equivalencia, ϕ, introducida en la sección 3.2. Concretamente se quiso distinguir entre situaciones con buena ventilación (W-V) y situaciones infraventiladas (U-V).

La contribución a la toxicidad de los materiales inorgánicos (lana de vidrio o lana de roca) es muy pequeña en comparación con cualquier otro aislante.

Dos de los materiales —la lana de roca (SW) y la lana de vidrio (GW)— no mostraron llama en ningún caso, aunque sí generaron humos. El resto de los materiales no mostraron llama a 350 oC pero sí a 600 oC. Para todos los casos, se analizó la contribución de los componentes tóxicos individuales, así como la dosis efectiva fraccional (FED), según el método descrito en la sección 3.3. La Figura 3.3 resume algunos de los resultados obtenidos.

Los resultados muestran que la contribución a la toxicidad del fuego de los materiales inorgánicos, GW and SW, es muy pequeña en comparación con la de cualquiera de los otros aislantes. Las espumas orgánicas muestran, en todos los casos,

menores producciones de CO en condiciones bien ventiladas, en comparación con las condiciones infraventiladas. Para los dos materiales que contienen nitrógeno, PUR y PIR, las generaciones de cianuro de hidrógeno también aumentan con la disminución de la ventilación. En términos globales, los materiales que mostraron un peor comportamiento (mayor FED) fueron el PIR y el PUR.

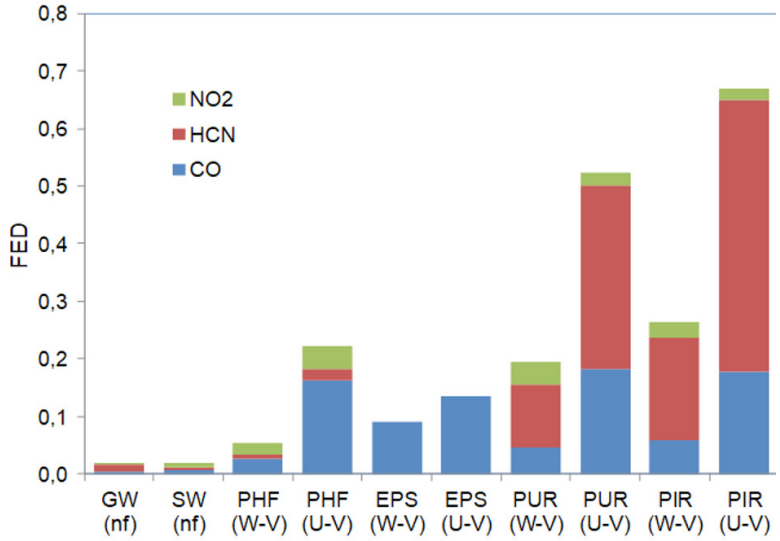
Otro aspecto que se ha analizado por parte de algunos autores es el efecto de los tratamientos retardantes de llama en la toxicidad resultante. Dichos tratamientos se aplican para mejorar la reacción al fuego de las espumas orgánicas. Sin embargo, esto implica la adición de sustancias que, dependiendo de su composición, pueden producir gases tóxicos adicionales durante la combustión, como haluros de hidrógeno, nitrógeno, fósforo y óxidos de azufre (J. Giebultowicz, 2017). Además, al hacer que la combustión sea menos eficiente, también puede aumentar la producción de los productos de combustión comunes. Por ejemplo, en el caso de espumas rígidas de poliuretano se obtuvieron, para algunos tipos de retardante, relaciones CO/CO2 considerablemente más elevadas que en las espumas sin tratar (D. Adeosun, 2014).

3.4. Normativas existentes en otros países y en otros sectores

Actualmente la normativa europea referente a la clasificación de la reacción al fuego de los materiales de construcción se centra en la evaluación de los parámetros relacionados con la ignición y liberación de calor. Se contempla también la producción de gotas inflamadas y la opacidad de los humos, pero no la toxicidad de los mismos.

Un informe reciente de la Comisión Europea (T. Yates, 2017) indica que algunos países europeos regulan la toxicidad de los materiales de construcción en determinadas circunstancias. **Francia** limita el uso de materiales con una clasificación inferior a B-s1 si contienen cloro o nitrógeno en su composición debido a la posible liberación de cloruro de hidrógeno o cianuro de hidrógeno. En **Polonia** la regulación de 2012 del Ministerio de Infraestructuras referente a las características técnicas que deben cumplir los edificios hace referencia a las normas PN-EN 13501 *Fire classification of construction products and building elements y PN- B-02855 Fire protection of buildings - Test method for the secretion of toxic products of decomposition and combustion of materials*. En estas normas se definen tres niveles de toxicidad de los productos de construcción, pero únicamente afectan a los materiales de acabados y mobiliario en edificios de pública concurrencia.

En **Suecia** existen una serie de recomendaciones en los límites de CO, CO2 y producción de partículas en caso de incendio realizadas por el Swedish National Board of Housing, Building and Planning. Estas recomendaciones están pensadas para ser aplicadas cuando los agentes involucrados en la construcción del edificio escojan garantizar la seguri-



Leyenda:
GW: lana de vidrio (glass wool)
SW: lana de roca (stone wool)
EPS: espuma de poliestireno expandido (expanded polystyrene)
PhF: espuma fenólica (phenolic)
PUR: espuma de poliuretano (polyurethane)
PIR: espuma de poliisocianurato (polyisocyanurate).
W-V: alta ventilación
U-V infraventilación
NF: no generaron llama (non flaming).

Nota: FED: Dosis efectiva fraccional. Se indican los nombres de cada material aislante, así como las condiciones de alta ventilación (W-V) o infraventilación (U-V). Se indica que los materiales GW y SW no generaron llama (non-flaming, NF).

Figura 3.3. Relación de la concentración de los tres gases tóxicos principales respecto a su concentración letal.
Fuente: A. M. Lacasta y L. Haurie a partir de los datos obtenidos por Stec y colaboradores (A. A. Stec et al., 2011).

dad en caso de incendio mediante el diseño de prestaciones y no a través del cumplimiento de los requisitos prescriptivos.

De forma similar, en **Lituania** no se regula la toxicidad de los humos generados en un incendio en las normativas prescriptivas referentes a materiales de construcción, pero existe una regulación de la toxicidad recogida en los Requisitos Básicos de Seguridad en Caso de Incendio si se utiliza el diseño por prestaciones.

En **Bélgica** existe un control de la producción de gases corrosivos por parte de los cables eléctricos.

TOXICIDAD

En **Alemania** había existido una regulación referente a la toxicidad de los humos de productos como los cables. Sin embargo, se decidió eliminar la evaluación de la toxicidad por la introducción de controles que limitan la producción de humos, a través de la evaluación de la opacidad de los humos generados en un incendio.

Fuera de la Unión Europea, **China** controla la toxicidad de los humos producidos en caso de incendio especialmente para espumas aislantes aplicadas en edificios de pública concurrencia. **Rusia** utiliza el test específico GOST sobre animales para determinar los niveles de CO, CO2, HCN, NOx y OI. En **Japón** se utiliza la normativa JIS A 1321:1976 para determinar la toxicidad de los productos de construcción, aunque quedan exentos de esta determinación los productos que tengan una baja liberación de calor en el cono calorimétrico.

España sigue la tendencia europea en la que se controla principalmente la contribución a la propagación del incendio por parte de los materiales de construcción. El Código Técnico de la Edificación en el documento básico de Seguridad en caso de incendio (CTE DB-SI) indica que la reacción al fuego de los materiales se evaluará mediante la clasificación europea que únicamente regula la opacidad de los humos. Por otro lado, el CTE DB-SI indica que se deben instalar sistemas de control y evacuación del humo generado en un incendio para garantizar la evacuación de los ocupantes del edificio. Al igual que en otros países europeos, existen requisitos relativos a la toxicidad de los humos de los materiales en el caso de cableados para instalación eléctrica, que aparecen en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

España sigue la tendencia europea de controlar, principalmente, la contribución a la propagación del incendio por parte de los materiales de construcción.

En otros sectores como el naval y el ferroviario, en los que se considera que la evacuación es muy difícil o imposible, se aplican normativas que cuantifican la toxicidad de los humos de los materiales utilizados. El sector naval utiliza la norma IMO Solas II-2 que exige el análisis de sustancias tóxicas como CO, HCl, HBr, HF, HCN, SO2 y NO, incapacitando a los materiales que superen unos valores umbrales. En el anexo 1, parte 2, apéndice 2 de dicha norma, se encuentra el “Procedimiento de ensayo de exposición al fuego para la producción de gases tóxicos”.

El ensayo específico para conocer la emisión de gases nocivos es el descrito en la norma I*SO 19702:2006 Toxicity testing of fire effluents - Guidance for analysis of gases and vapours in fire effluents using FTIR gas analysis*. El sector ferroviario se rige por la normativa europea EN 45545-2 Requisitos de prestaciones frente al fuego de materiales y componentes. Se recoge el ensayo de

toxicidad y opacidad de humos según la ISO 5659-2 para determinar diferentes sustancias tóxicas: CO, HCl, HBr, HF, HCN, SO2 y NO. Se limitan las emisiones de sustancias tóxicas permitidas para los materiales utilizados en la construcción ferroviaria.

3.5. Conclusiones del capítulo

La inhalación de los gases es la causa más frecuente de muerte en caso de incendio. Dependiendo de la composición de los materiales y de las condiciones en las que se desarrolla el incendio, estos gases pueden ser altamente tóxicos, tal como han demostrado numerosos trabajos científicos.

Entre los materiales aislantes térmicos utilizados en fachadas, las espumas orgánicas son las que presentan una mayor peligrosidad, especialmente las que liberan cianuro de hidrógeno, como las espumas de poliuretano (PUR) o de poliisocianurato (PIR).

La inhalación de los gases es la causa más frecuente de muerte en caso de incendio.

A pesar de que es bien sabido que los gases tóxicos suponen un riesgo para la salud a corto y medio plazo, sigue existiendo una falta de regulación en España respecto a la toxicidad de los gases emitidos por los materiales de construcción en caso de incendio. Sí existe normativa, en cambio, en otros sectores como el naval o el ferroviario.

Probablemente la normativa debería aplicar diferentes criterios en cuanto a toxicidad en función de las características del edificio. En el caso de edificios de gran altura en los cuales la evacuación puede presentar mayores dificultades y la propagación por fachadas adquirir mayor relevancia, se tendrían que incluir limitaciones a la producción de gases tóxicos.

3.6. Bibliografía y otras referencias

- Alarifi, A. A., Phylaktou, H. N., Andrews, G. E. “What kills people in fire? Heat or Smoke?”. The 9th Saudi Student’s Conference. Birmingham, Reino Unido, 2016.
- Adeosun, D. Analysis of Fire Performance, Smoke Development and Combustion Gases from Flame Retarded Rigid Polyurethane Foams. (Tesis doctoral). University of Waterloo, 2014.
- Boyle, D., Knapton, S. “Grenfell Tower victims ‘poisoned by cyanide’ after insulation released highly toxic gas”. The Telegraph (22 de junio de 2017). En línea: http://www.telegraph.co.uk/news/2017/06/22/grenfell-tower-victims-poisoned-cyanide-insulation-released/ [consulta: 15 de marzo de 2018].
- Doroudiani, S., Doroudiani, B., Doroudiani, Z. “Materials that release toxic fumes during fire”. Toxicity of Building Materials. 2012, pp. 241-282.
- Fundación MAPFRE, Víctimas de

incendios en España en 2010 - Víctimas de incendios en España en 2016.
- Giebułtowicz, J. “Analysis of fire deaths in Poland and influence of smoke toxicity”. Forensic science international, vol. 277, 2012, pp. 77-87.
- Hall, J. R. “Fatal effects of fire”. National Fire Protection Association. Fire Analysis and Research Division, 2011.
- Herrera-Martínez J., Hernández-García R. I., Berdeja-Martínez B. M. “Toxicidad de acroleína (contaminante ambiental) en tráquea y pulmones de ratas”. Bioquimia, vol. 31, n.º 3, 2006, pp. 90-96.
- Hull, T. R., Paul, K. T. “Bench-scale assessment of combustion toxicity - A critical analysis of current protocols”. Fire Safety Journal , vol. 42, n.º 5, 2007, pp. 340-365.
- Hull, T. R., Brein, D., Stec, A. A. “Quantification of toxic hazard from fires in buildings”. Journal of Building Engineering, vol. 8, 2016, pp. 313-318.
- ISO 13344:2004, Estimation of the Lethal Toxic Potency of Fire Effluents, 2004.
- Mayol, D. T. NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión,1983.
- Roberts, B. C., Webber, M. E., Ezekoye, O. A. “Development of a multi-objective optimization tool for selecting thermal insulation materials in sustainable designs”. Energy and Buildings, vol. 105, 2015, pp. 358-367.
- Stec, A. A., Hull, T. R. “Assessment of the fire toxicity of building insulation materials”. Energy and Buildings, vol. 43, n.º 2-3, 2011, pp. 498-506.
- Stec, A. A. “Fire toxicity-The elephant in the room?”. Fire Safety Journal, vol. 91, 2017, pp. 79-90.
- Tuovinen H., Blomqvist P., Saric F. “Modelling of hydrogen cyanide formation in room fires”. Fire Safety Journal, vol. 39(8), 2004, pp. 737-755.
- Yates, T. Study to evaluate the need to regulate within the Framework of Regulation (EU 305/2011 on the toxicity of smoke produced by construction products in fires. European Commission, 2017. En línea: http://ec.europa.eu/docsroom/documents/27346

BENCHMARKING EUROPEO EN REFERENCIA A LA NORMATIVA 04

COMPARATIVA DE LA NORMATIVA EUROPEA Y ESPAÑOLA

Jordi Bolea
Consultor. Ha ocupado diversos cargos de responsabilidad técnica, de calidad y de desarrollo de producto, además de representar a diferentes entidades en numerosos comités de normalización españoles y europeos en el sector de la protección contra incendios.

La regulación sobre fachadas en relación con los incendios en el marco europeo es muy dispar, a pesar de que la tendencia deseable (y hacia la que se avanza poco a poco) es la de armonizar las diferentes normativas existentes.

En este escenario heterogéneo, el objetivo del siguiente capítulo es comparar las exigencias españolas, enmarcándolas en el entorno europeo para ver el posicionamiento de nuestro país y poder plantear posibles acciones de mejora. Cabe destacar que la recopilación normativa realizada no pretende aportar datos exhaustivos de cada uno de los parámetros regulados (cosa que sería prácticamente imposible debido a las diferencias evidentes de forma y contenido de las reglamentaciones analizadas), sino únicamente servir de referencia para situarnos. Es por ello que las fichas resumen de normativa presentadas pueden diferir ligeramente.

4.1. Introducción

La llamada “reacción al fuego” de los materiales de construcción, se puede definir de manera simple como “la capacidad que tienen los productos de construcción (formados por uno o varios materiales) para desarrollar un fuego”. Con frecuencia el mercado confunde el fenómeno de la llamada “reacción al fuego” de los materiales y la resistencia al fuego que afecta a los sistemas constructivos, en cierto modo existe un punto en el que ambos conceptos se acercan por lo que los ensayos para la caracterización del comportamiento al fuego de fachadas no requieren tanto medir la capacidad de resistencia como los límites a su capacidad de propagación.

La UE proporciona la caja de herramientas en forma de normas armonizadas, y los estados miembros regulan su nivel de seguridad contra incendios de modo independiente.

En la Unión Europea, las normas de ensayo y clasificación (EN 13501.1) del comportamiento al fuego de los productos de construcción se han armonizado e implementado en todos los países miembros, proceso que ha durado más de una década.

Sin embargo, mientras que los métodos de ensayo y clasificación están armonizados, las reglamentaciones o códigos de construcción nacionales, incluidos sus requisitos de seguridad contra incendios, son responsabilidad de cada Estado miembro. La UE proporciona la caja de herramientas en forma de normas

armonizadas, y los Estados miembros regulan su nivel de seguridad contra incendios de modo independiente.

Los niveles de exigencia de seguridad contra incendios difieren de un país a otro: algunos Estados miembros utilizan códigos basados en prestaciones, otros utilizan sistemas prescriptivos basados en su propia tradición constructiva, tecnología o experiencia en incendios producidos en sus países.

Comparar las normas nacionales de seguridad contra incendio no es fácil. Se observa que, al entrar en detalle en la legislación de cada país, innumerables excepciones, como aplicaciones, técnicas específicas, tradiciones regionales, materiales empleados, casuística altura, tamaño, uso del edificio, etc. hacen imposible realizar comparaciones. Por lo tanto, se ha limitado este estudio a tres tipologías de edificios: los de uso docente, los de uso hospitalario y los edificios residenciales de gran altura.

Se han elegido estas tipologías de edificios ya que se ha considerado que las estrategias nacionales de seguridad (en teoría) deberían ser más exigentes en este tipo de edificios que en una casa unifamiliar o edificios de poca altura donde las normas son a menudo más relajadas. Asimismo, se han estudiado las legislaciones de diversos países, todos ellos de ámbito europeo y, con el fin de ofrecer una imagen de mayor realismo, incorporamos el “nivel mínimo” de exigencia que representaría la clase de reacción al fuego mínima exigible a los edificios en cada país.

Los datos aportados han sido obtenidos mayoritariamente de estudios nacionales o internacionales sobre el comportamiento al fuego de sistemas constructivos, además de informes y presentaciones en jornadas técnicas y conferencias. La imposibilidad de verificar la corrección de estos datos implica la posible existencia de inexactitudes o errores debidos, mayoritariamente, a la diferente interpretación de conceptos entre países y a la dificultad de conocer con todo detalle las interioridades de todas y cada una de las reglamentaciones nacionales, o a una malinterpretación idiomática.

Para facilitar la intercomparación de requisitos se ha optado por el uso de tablas fácilmente interpretables y comparables donde se ha indicado: la normativa de referencia de cada país utilizada en el estudio (probablemente no toda la aplicable), los requisitos exigidos para las cubiertas, las fachadas SATE, las fachadas con cámaras de aire y las fachadas ventiladas. El resultado no ha sido siempre el deseado debido a la dificultad de comparar algunas legislaciones. En cuanto a los edificios, se han elegido tres tipologías consideradas “extremas” por su uso y, por lo tanto, las primeras que requerirían que se reconsiderasen en una futura revisión del CTE SI, son: los centros docentes —por la aglomeración de personas, frecuentemente menores—, los hospitales —edificios donde acceden

personas desconocedoras del mismo, con residentes con problemas de motricidad, etc.—, y finalmente los edificios de gran altura —normalmente con servicios de oficinas o residenciales donde el acceso de los equipos de rescate es dificultoso y el ataque por el exterior imposible—. Se ha intentado utilizar un marco de requisitos que se detalla a continuación (Tabla 4.1):

Definición	Altura sobre rasante (m)	N.º de plantas	m2	Localización	Ámbito del estudio
Centros docentes	15	5	> 600	ciudad	SÍ
Hospitales	70	16	>10 000	ciudad	SÍ
Edificios	18	6	>150	ciudad	SÍ
Edificios de altura	de 18 a 100	> 6	> 2200	ciudad	SÍ
Edificios high-rise	de 150 a 300	> 40			NO
Edificios supertall	> 300	> 70			NO

Tabla 4.1. Marco de requisitos orientativo
Fuente: J. Bolea y M. Sánchez

4.2 Fichas resumen de las normativas sobre fachadas de los países europeos

Alemania (3)
Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Musterbauordnung MBO, septiembre 2012
- Musterbauordnung MBO, septiembre 2012
- Musterbauordnung MBO, septiembre 2012
- Muster-Hochhaus-Richtlinie – MHHR, abril 2008
- Muster-Schulbau-Richtlinie – MSchulbauR abril 2009
- Muster-Hochhaus-Richtlinie – MHHR, abril 2008
- Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR, noviembre 2005
- Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR, noviembre 2005
- Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR, marzo 2005
- Brandenburgische Krankenhaus- und Pflegeheim-Bauverordnung – BbgKPBauV, diciembre 2006

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	A2-s1, d0	A1/A2	A2, B, C	A1, A2
CÁMARAS DE AIRE		Precauciones contra la propagación del fuego	Precauciones contra la propagación del fuego	Precauciones contra la propagación del fuego
FACHADAS VENTILADAS		Precauciones contra la propagación del fuego	Precauciones contra la propagación del fuego	Precauciones contra la propagación del fuego

BENCHMARKING EUROPEO

Suecia (1-3-7)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)
- BBR 19, 2012, capítulo 5
- BBR 19, 2012, capítulo 5
- BBR 19, 2012, capítulo 5

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	A2-s1, d0	B-s1, d0 (*)	B-s1, d0 (*)	B-s1, d0 (*)
CÁMARAS DE AIRE		A2-s1, d0 o Barreras corta-fuegos (*)	A2-s1, d0 o Barreras corta-fuegos (*)	A2-s1, d0 o Barreras corta-fuegos (*)
FACHADAS VENTILADAS		A2-s1, d0 o Barreras corta-fuegos (*)	A2-s1, d0 o Barreras corta-fuegos (*)	A2-s1, d0 o Barreras corta-fuegos (*)

(*) Alternativamente SP105 Fire Test

BENCHMARKING EUROPEO

Italia (2-3-4)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- D. M. 18.09.2002 (si no se indica lo contrario); GL12 e IGL12
- D. M. 26 de agosto 1992 (where not expressly declared); GL12 e IGL12; GL13
- D. M. 16.05.1987 (where not expressly declared); GL12 e IGL12; GL13
- D. M. 31.03.2003 on specific requirements regarding products for air distribution pipelines and conditioning systems
- D. M. 31.03.2003 on specific requirements regarding products for air distribution pipelines and conditioning systems
- D. M. 31.03.2003 on specific requirements regarding products for air distribution pipelines and conditioning systems

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	B-s3, d0	C-s3, d2 (si la protección es A2) B-s3, d0 (todo el sistema)	E (si la protección es A1) (*) B-s3, d0	E (si la protección es A1) (*) C-s3, d2 (si la protección es A2) B-s3, d0 (todo el sistema)
CÁMARAS DE AIRE		E (si la protección es A1) (*) C-s3, d2 (si la protección es A2) B-s3, d0 (sistema)	E (si la protección es A1) (*) B-s3, d0 (todo el sistema)	
FACHADAS VENTILADAS		B-s3, d0	B-s3, d0 B-s3, d0 (sistema) Primeros 3 m B-s3, d0 Alrededor de huecos y ventanas B-s3, d0 C-s3, d2 (si está protegido por A2)E (si la protección es A1) (*)	B-s3, d0

(*) Protección A1 de 15 mm como mínimo

España (4-6)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Documento: DB-SI “Seguridad en caso de incendio”. Febrero de 2010. Código técnico de
- la Edificación (CTE) Documento: DB-SI “Seguridad en caso de incendio”. Febrero de 2010.
- Código técnico de la Edificación (CTE)
- Documento: DB-SI “Seguridad en caso de incendio”. Febrero de 2010. Código técnico de la Edificación (CTE)

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	No disponible	Primeros 3,5 m. B-s3, d2 para edificios >18 m	Primeros 3,5 m. B-s3, d2 para edificios >18 m	Primeros 3,5 m. B-s3, d2 para edificios >18 m
CÁMARAS DE AIRE		--	--	--
FACHADAS VENTILADAS		Primeros 3,5 m. B-s3, d2 para edificios >18 m	Primeros 3,5 m. B-s3, d2 para edificios >18 m	Primeros 3,5 m. B-s3, d2 para edificios >18 m

CTE SI-2.1.4

Los edificios de menos de 18 metros en sus fachadas no accesibles no tienen ningún tipo de requerimientos en relación con la clasificación de la reacción al fuego de los productos.

Tampoco aquellas fachadas colindantes a cubiertas o terrazas no accesibles.

Como alternativa a la exigencia de una clase de reacción al fuego B-s3, d2 para los materiales existentes en las cámaras ventiladas de fachadas de más de 18 m de altura, se puede admitir, a partir de los 3,5 m establecidos desde el arranque, una clase C-s3, d2 para ellos si se cumple lo que se establece en el artículo SI

1-3.2 (tres plantas y 10 m, como máximo, de desarrollo vertical de la cámara) y lo que se indica en un comentario al mismo, es decir, si las barreras que interrumpen dicho desarrollo vertical son E30.

RSCIEI Anexo II A-3.1

Los requisitos de comportamiento al fuego de fachadas se establecen en C-s3, d0.

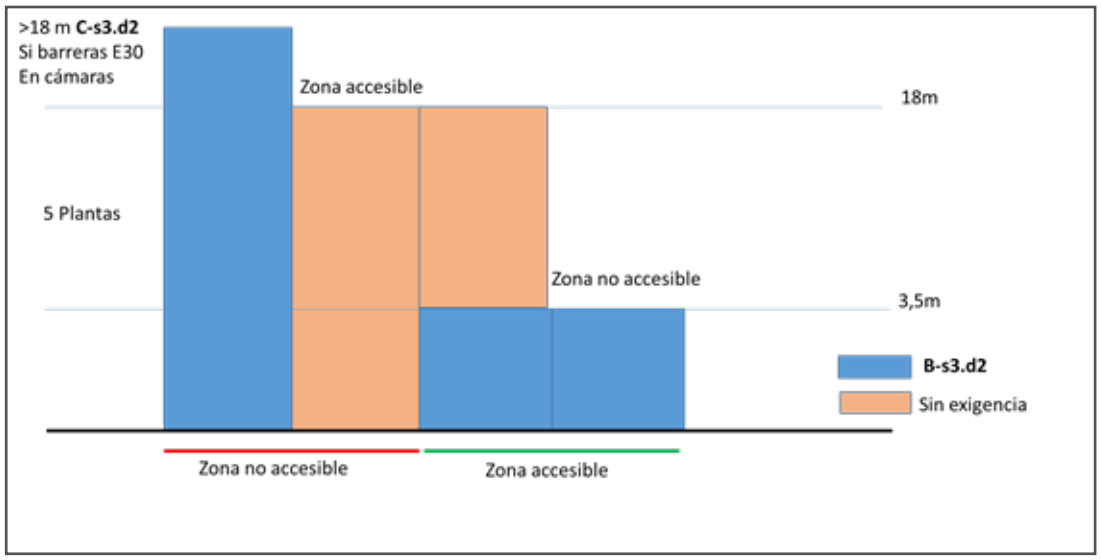


Figura 3.1. Requisitos de reacción al fuego de las fachadas en la reglamentación española.
Fuente: J. Bolea a partir de CTE SI

BENCHMARKING EUROPEO

Holanda (3)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Bouwbesluit 2012, capítulo 2
- Bouwbesluit 2012, capítulo 2 Bouwbesluit 2012, capítulo 2.14:
- Only functional requirement: building has to be the same safety level as a lowrise Building è Guide to Safety of highrise buildings, (SBRCURnet, 2013)

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	No disponible	B-s3, d2	NO requisitos	NO requisitos
CÁMARAS DE AIRE		--	NO requisitos	NO requisitos
FACHADAS VENTILADAS		-	NO requisitos	NO requisitos

(*) Sin requisitos en una construcción pesada. En una construcción ligera, se exige aislamiento no combustible

BENCHMARKING EUROPEO

Gran Bretaña (1-3-4-6)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Approved Document B, Volume 2, Buildings other than dwellinghouses – 2013, which then refers the reader/ designer to Firecode – fire safety in the NHS Health Technical Memorandum 05-02:2007 - Guidance in suport of functional provisions for healthcare premises
- Approved Document B, Volume 2, Buildings other than dwellinghouses – 2013, which then refers the reader/ designer to Building Bulletin 100 – "Design for fire safety in schools"
- Approved Document B, Volume 1, dwelling houses – 2006 and Approved Document B, Volume 2, Buildings other than dwelling houses – 2013. Volume 2 incudes accommodation blocks of multi-occupancy

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	Distancia linde: < 1 m- B-s3, d2 ≥ 1 m. Sin limitación	B-s3, d2	C-s3, d2 y BS 8414 para el sistema	A2-s1, d0 Alternativa: Ensayo BS 8414-1
CÁMARAS DE AIRE			Pueden instalarse materiales si están protegidos por muros de ladrillo	
FACHADAS VENTILADAS		BS 8414 para el sistema	C-s3, d2 y BS 8414 para el sistema	A2-s1, d0 y Ensayo BS 8414 para el sistema

(*) Ensayo de fuego por el exterior, reacción al fuego de producto no es requisito

The Building Regulation 2000, Fire Safety Volume 2, Buildings other than dwellings.

En las fachadas no accesibles de los edificios de menos de 18 m no es exigible ningún requisito en relación con su comportamiento al fuego. Las fachadas accesibles de estos edificios tendrán una clasificación B-s3, d2 o mejor.

Los edificios que superen los 18 m con fachadas accesibles justificarán un comportamiento al fuego B-s3, d2 o mejor. Aquellos edificios de altura superior a 18 m con fachadas no accesibles podrán presentar una clasificación C-s3, d0 en sus primeros 18 m; el resto de su altura deberá ser B-s3, d0 o mejor.

El Ministerio de Fomento se basó en esta normativa para establecer la “altura de evacuación” establecida en 18 m a partir de la cual se toman medidas para limitar el riesgo de propagación.(1)

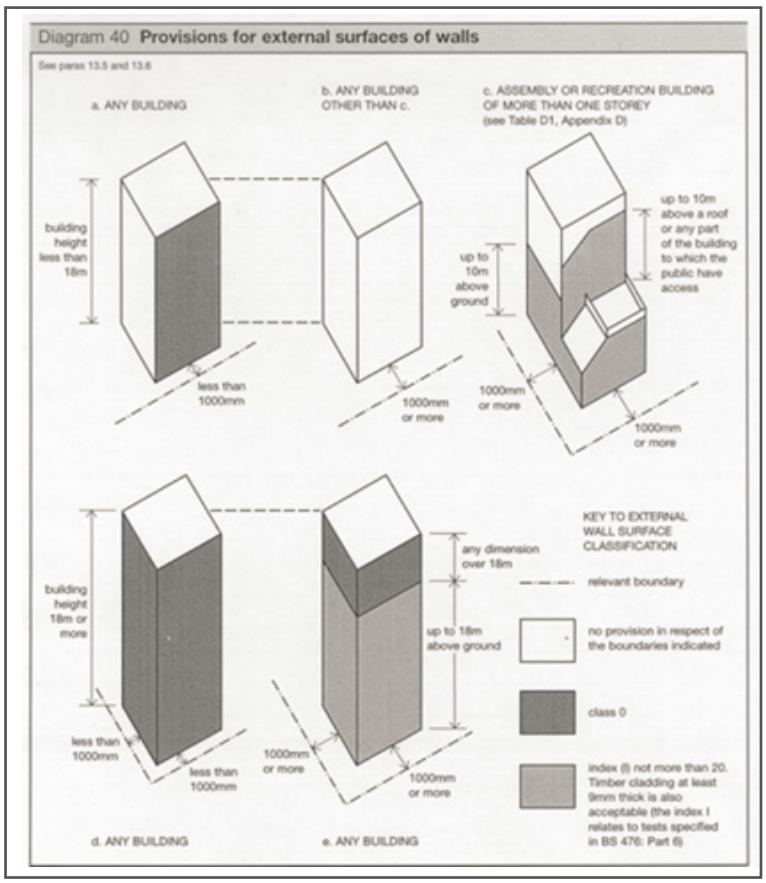


Figura 3.2. Disposiciones de las fachadas Fuente: The Building Regulation 2000, Fire Safety, vol. 2

BENCHMARKING EUROPEO

República Checa (3-7)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Act No. 133/1985 Coll. ČSN 73 0802:2009 – Fire protection of buildings –Non-industrial buildings ČSN 73 0810:2009
- 2010 – Fire protection of buildings – General requirements
- ČSN 73 0835:2006 – Fire protection of buildings –Buildings for sanitary maters and social care
- Act No. 133/1985 Coll. ČSN 73 0802:2009 – Fire protection of buildings – Non-industrial buildings ČSN 73 0810:2009
- 2010 – Fire protection of buildings – General requirements
- Act No. 133/1985 Coll. ČSN 73 0802:2009 – Fire protection of buildings – Non-industrial buildings ČSN 73 0810:2009
- 2010 – Fire protection of buildings – General requirements
- ČSN 73 0833:2010 – Fire protection of buildings Buildings for dwelling and lodging

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	A-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
CÁMARAS DE AIRE			E	F (*)
FACHADAS VENTILADAS		A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0

(*) Si el aislamiento no entra en combustión durante el ensayo de resistencia al fuego

BENCHMARKING EUROPEO

República Eslovaca (3-4-7)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Regulation 94/2004 (inc. amendments) STN 92 0201 – 1 to 4 Fire protection of buildings– General requirements
- STN 92 0203 Fire protection of buildings. Continuous power supply responding for fire
- Regulation 94/2004 (inc. amendments) STN 92 0201 – 1 to 4 Fire protection of buildings – General requirements
- STN 92 0203 Fire protection of buildings. Continuous power supply responding for fire
- Regulation 94/2004 (inc. amendments) STN 92 0201 – 1 to 4 Fire protection of buildings– General requirements

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	B-s1, d0 Si, barreras A2-s1, d0	A2-s1, d0	A1/A2-s1, d0	A2-s1, d0
CÁMARAS DE AIRE		A2-s1, d0	A1/A2-s1, d0	A2-s1, d0
FACHADAS VENTILADAS		A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0

Regulation 94/2004

El gráfico muestra una manera visual de explicar los requisitos de comportamiento al fuego de los sistemas de fachada SATE o ETICS (External Thermal Insulation Composite System) —denominados en España SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior) — en la República de Eslovaquia y en la República Checa.

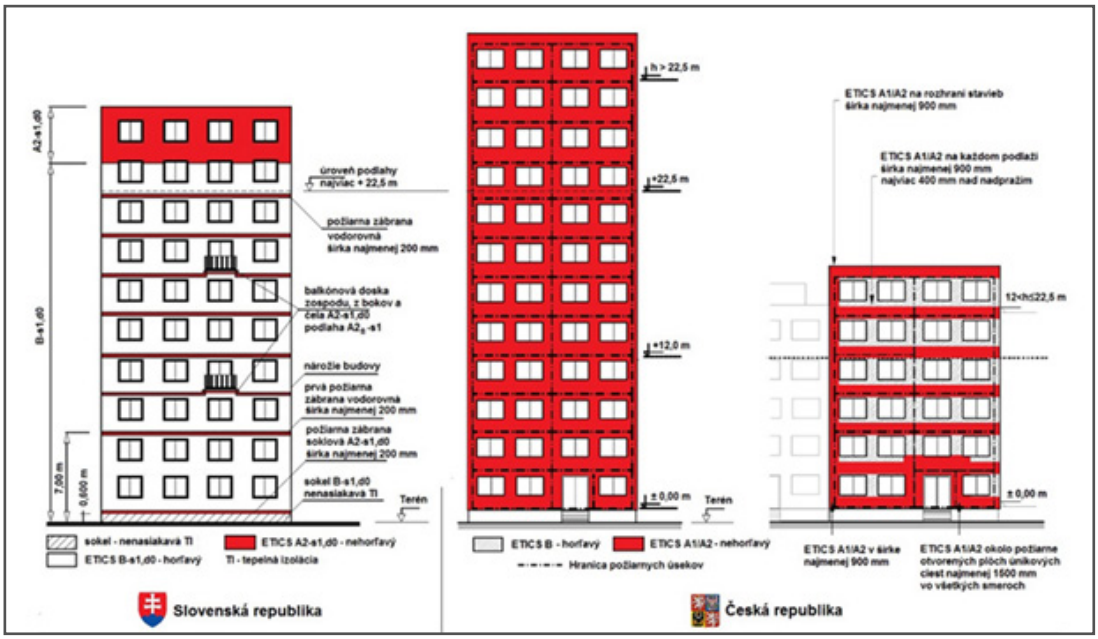


Figura 3.3. Comparativa requisitos para fachadas SATE en Eslovaquia y Chequia
Fuente: Rockwool Slovenija

Grecia (4-7)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Article 12a – Y. A.81813/5428/1993 (ΦΕΚ 647 τ. A') –
- Y. A. 4229/2498/1994 (ΦΕΚ 312 τ. B') & 3 -
- Y. A.58185/2474/1991 (ΦΕΚ 360 τ. A')
- Article 7 & 3 – Y. A.58185/2474/1991 (ΦΕΚ 360 τ. A')
- Article 3 & 5 & 13 - Y. A.58185/2474/1991 (ΦΕΚ 360 τ. A')

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE		--	--	--
CÁMARAS DE AIRE		--	--	--
FACHADAS VENTILADAS		--	--	--

Finlandia (1-3)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)
- BC of FI, E1, 2011
- BC of FI, E1, 2011
- BC of FI, E1, 2011

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	B-s1, d0	--	--	B-s1, d0 (*)
CÁMARAS DE AIRE		--	--	--
FACHADAS VENTILADAS		B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0

(*) Si el aislamiento térmico es inferior a la clase B-s1, d0 debe estar protegido y colocado de tal manera que pueda evitarse la propagación del fuego a través del aislamiento, de un sector de fuego a otro y/o de un edificio a otro edificio. En estos casos, una capa o barrera de mortero o una hoja de metal no se considera una protección suficiente

Francia (1-3-4-6)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Règlement sécurité incendie ERP Instruction technique 249 relative aux façades (Arrêté 24 mai 2010).
- Arrêté du 10.12.2004 (JO du 22 01.2005)
- Règlement sécurité incendie ERP. Instruction technique 249 relative aux façades (Arrêté 24 mai 2010).
- Arrêté du 13.01.2004 (JO du 14 02.2004)
- Règlement sécurité incendie ERP Instruction technique 249 relative aux façades (Arrêté 24 mai 2010).
- Arrêté du 30.12.2011 portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	A2-s3, d0 (aislamiento) / D-s3, d0 (sistema) Alternativamente B-s3, d0 Sistema SATE de material combustible con barrera cortafuegos en cada planta u otra solución que cumpla con LEPIR II	A2-s3, d0 (aislamiento) / C-s3, d0 (sistema) Alternativamente B-s3, d0 Sistema SATE de material combustible con barrera cortafuegos en cada planta o otra solución que cumpla con LEPIR II	A2-s3, d0 (aislamiento) / C-s3, d0 (sistema) Alternativamente B-s3, d0 Sistema SATE de material combustible con barrera cortafuegos en cada planta o otra solución que cumpla con LEPIR II	A2-s3, d0 (para el sistema completo)

(*) ISO 13785-1:2002 Reaction-to-fire tests for façades - Part 1: Intermediate-scale test
ISO 13785-2:2002 Reaction-to-fire tests for façades - Part 2: Large-scale test
BS 8414-1:2015+A1:2017 Fire Performance of external cladding systems. (Reino Unido)
SP Fire 105 External wall assemblies and façade cladding. Reaction to fire (Suecia)
ULC S 134 M Standard Method of Fire Test of Exterior Wall Assemblies.

BENCHMARKING EUROPEO

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
CÁMARAS DE AIRE	E60 (i -> o) y E30 (o -> i)	E 60 (i -> o) y E 30 (o -> i)	E 60 (i -> o) y E 30 (o -> i)	A2-s3, d0 (para todos los componentes)
FACHADAS VENTILADAS	A2-s3, d0 (aislamiento) / D-s3, d0 (sistema) con barrera cortafuegos cada dos plantas o alternativamente D-s3, d0 (sistema) con barrera cortafuegos en cada planta O otra solución que cumpla con LEPIR II	A2-s3, d0 (aislamiento) / C-s3, d0 (sistema) con barrera cortafuegos cada planta o alternativamente D-s2, d0 (máx. 100 mm de producto aislante) / C-s3, d0 (sistema) con barrera cortafuegos en cada planta, u otra solución que cumpla con LEPIR II	A2-s3, d0 (aislamiento) / C-s3, d0 (sistema) con barrera cortafuegos cada dos plantas o alternativamente D-s2, d0 (máx. 100 mm de producto aislante) / C-s3, d0 (sistema) con barrera cortafuegos en cada planta, u otra solución que cumpla con LEPIR II	A2-s3, d0 (para todos los componentes)

(*) ISO 13785-1:2002 Reaction-to-fire tests for façades - Part 1: Intermediate-scale test
ISO 13785-2:2002 Reaction-to-fire tests for façades - Part 2: Large-scale test
BS 8414-1:2015+A1:2017 Fire Performance of external cladding systems. (Reino Unido)
SP Fire 105 External wall assemblies and façade cladding. Reaction to fire (Suecia)
ULC S 134 M Standard Method of Fire Test of Exterior Wall Assemblies.

La IT 249

Se proponen diferentes soluciones para reducir la propagación de incendios a través de las fachadas provistas con soluciones ETICS/SATE.

- P1: Malla fijada mecánicamente al borde del marco de la ventana
- P2: Refuerzo de la malla
- P3: Barrera cortafuegos de lana mineral alrededor de la ventana
- P4: Barrera cortafuegos entre sectores de incendios

En el Reglamento de Seguridad contra Riesgo de Incendios se establece que el acabado exterior de las fachadas debe ser al menos D-s3, d0 siempre que se cumpla la Regla C+D.

- C+D ≥1º m si M ≤ 130 MJ/m^2
- C+D ≥ 1,3º m si M > 130 MJ/m^2
- En caso contrario, el acabado debe ser como mínimo C-s3, d0

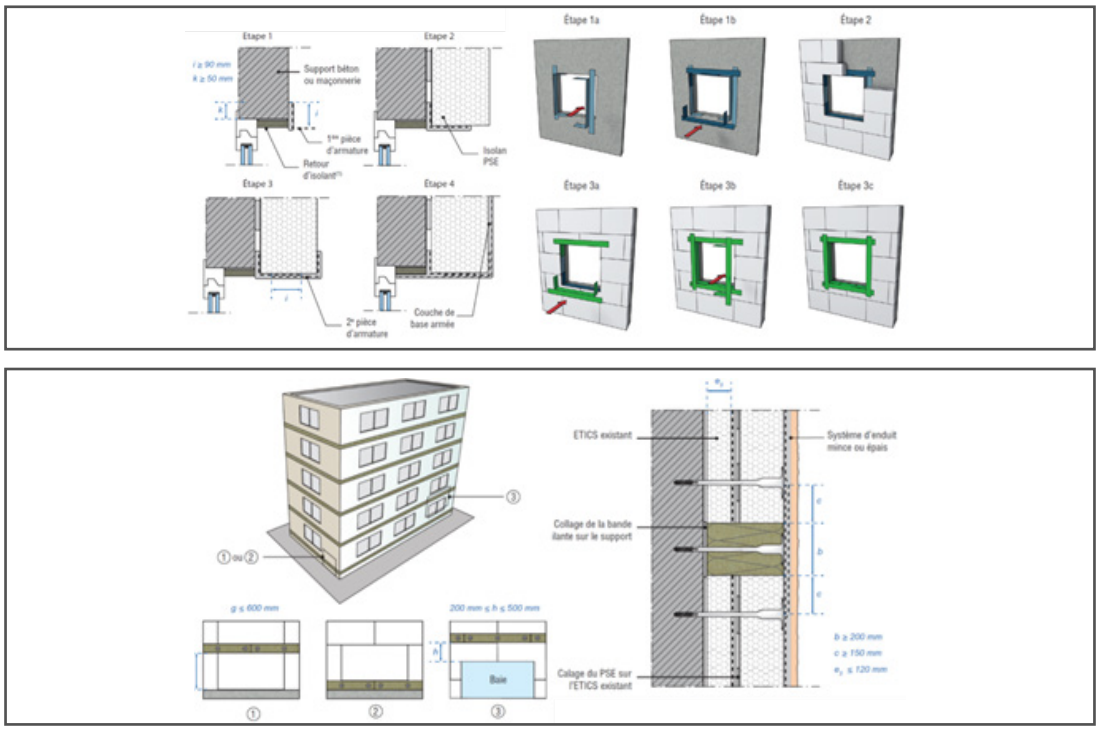


Figura 3.4: Detalles de aplicación de aislamiento SATE en Francia
Fuente: Protection contre l'incendie des façades béton ou maçonnerie revêtues de systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé (ETICS-PSE) Guide de Préconisations. Ministère de l'Intérieur (Francia)

Portugal (2-4)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- DL º 220/2008, de 12 Novembro – Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em edificios. Diário da República, 1.ª série - N.º 250 - 29 de Dezembro de 2008
- DL º 220/2008, de 12 Novembro – Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em edificios. Diário da República, 1.ª série - N.º 250 - 29 de Dezembro de 2008
- DL º 220/2008, de 12 Novembro – Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em edificios. Diário da República, 1.ª série - N.º 250 - 29 de Dezembro de 2008

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
CUBIERTAS				
FACHADAS SATE	D-s3, d1	B-s3, d0 E-d2 (Aislamiento)	B-s3, d0(*)	B-s2, d0 (*)
CÁMARAS DE AIRE	B-s2, d0	B-s2, d0	B-s2, d0	A2-s2, d0
FACHADAS VENTILADAS		B-s3, d0(*)	B-s3, d0(*)	B-s2, d0(*)

(*) Se aplica al sistema completo y también al aislamiento

BENCHMARKING EUROPEO

Austria (3)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- No dsiponible

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	D-s3, d1			
CÁMARAS DE AIRE				
FACHADAS VENTILADAS				

BENCHMARKING EUROPEO

Noruega (3)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- “Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK17)” Chapter 11. Safety in case of fire
- Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK17)” Chapter 11. Safety in case of fire
- “Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK17)” Chapter 11. Safety in case of fire

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	D-s3, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
CÁMARAS DE AIRE				
FACHADAS VENTILADAS				

Croacia (4)

Documentos (Nombre, Año, Sección del documento)

- Ministerio del Interior Ordinance on Fire Resistance and other Requirements for Buildings in Case of Fire (Official Gazette 29/2013, 87/2015)
- Ministerio del Interior Ordinance on Fire Resistance and other Requirements for Buildings in Case of Fire (Official Gazette 29/2013, 87/2015
- Ministerio del Interior Ordinance on Fire Resistance and other Requirements for Buildings in Case of Fire (Official Gazette 29/2013, 87/2015)

Requisitos mínimos en relación con la reacción al fuego, para productos empleados en

	MÍNIMO	HOSPITALES	CENTROS DOCENTES	EDIFICIOS GRAN ALTURA
FACHADAS SATE	D-d1	B-d1	B-d1	A2-d1
CÁMARAS DE AIRE	D-d1	B-d1	B-d1	A2-d1
FACHADAS VENTILADAS	D-d1	B-d1	B-d1	A2-d1

4.3. Conclusiones del capítulo

De las informaciones recogidas en este documento extraemos las siguientes conclusiones:

- Los niveles de seguridad en los diferentes países estudiados son muy heterogéneos incluso con iguales parámetros de construcción y objetivos.
- Una demostración de lo anterior es que algunos países regulan el comportamiento de los materiales —es decir la reacción al fuego de cada producto— mientras que otros regulan exclusivamente el comportamiento del sistema, o del kit suministrado.
- La compartimentación de locales es la base de la mayor parte de las estrategias de seguridad contra incendios en todos los países estudiados, sin embargo, con diferencias significativas con respecto al tamaño permitido del compartimento contra incendios.
- La protección activa contra incendios no es la opción más preconizada. Ni siquiera en los edificios de gran altura, solo la mitad de los países estudiados obligan a la instalación de sistemas de rociadores. Los rociadores aparentemente se consideran una característica de seguridad adicional, en lugar de reemplazar (parcialmente) la protección pasiva contra incendios.
- La combustibilidad de los productos de construcción utilizados y, en particular, el aislamiento térmico utilizado en fachadas es tenido en cuenta en la mayoría de los países estudiados.
- El diseño basado en prestaciones solo podrá abordar todas las inquietudes de los diferentes países si los modelos de incendio incluyen el comportamiento al fuego de los productos de construcción.

Considerando la altura del edificio, no es sorprendente que cuatro países requieran que el aislamiento utilizado en SATE sea al menos de clase A2-s1, d0, y otros dos requieran al menos B-s3, d0. Dos países no tienen, o tienen un requisito limitado para el aislamiento si está protegido por un revestimiento protector. Por otra parte, cuatro de los países analizados no tienen ningún requisito en absoluto. El Reino Unido y Suecia son los únicos dos países en el estudio que permiten el uso de sistemas ensayados con métodos a gran escala. Los requisitos son casi idénticos para el aislamiento utilizado en fachadas ventiladas o en SATE, excepto en Suecia e Italia, que tienen requisitos más estrictos.

Por otro lado, se han analizado los requisitos para edificios residenciales de gran altura de 16 países. Sorprendentemente, se descubrió que tres países (los Países Bajos, Bélgica y Grecia) no cuentan con requisitos para los productos individuales utilizados en el sistema de fachadas, centrándose únicamente en las prestaciones de todo el sistema. Sin embargo, no tienen una prueba de seguridad contra incendios para fachadas basada en situaciones reales a gran escala. Dos países, Reino Unido y Suecia, permiten el uso de productos que

no cumplen los requisitos del producto si todo el sistema supera una prueba nacional a gran escala. Los otros 11 países tienen requisitos estrictos para medir la combustibilidad de los productos utilizados en las fachadas con una combustibilidad limitada (B-s3, d0) a No combustible (A2-s1, d0).

4.4. Bibliografía y otras referencias

- (1) Criterios para la limitación de la propagación vertical en fachadas MIFO, agosto de 2011 (aislar.com/wp-content/uploads/2017/06/173c-2424cdfc2ab4ab5b922bc3cb2718.pdf)
- (2) La necesaria revisión de la normativa de seguridad en caso de incendio después del incendio de la Torre Grenfell. (www.euskadikokontsumitzaileak.com/es/documentacion/estudios/necesaria-revision-normativa-seguridad-caso-incendios-despues-incendio-orre+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es)
- (3) Hughes, S. y Albiac, J. Comparing National Fire Regulations in EU for 3 different buildings. Messerschmidt, Fire Safe Europe, Bélgica.
- (4) Investigación propia en la normativa original.
- (5) Development of a European approach to assess the fire performance of facades https://ec.europa.eu/growth/content/development-european-approach-assess-fire-performance-facades-0_en
- (6) Gonzalez Mayans, A. Análisis de las prestaciones de la limitación de propagación de incendios en fachadas. Servicio de Prevención, Bomberos de la Generalitat de Catalunya.
- (7) Façades and fire safety actions EU countries (www.firesafeeurope.eu)
- (8) Building regulations on fire safety in Europe. School of Architecture and Building Engineering, University of Liverpool, Reino Unido
- (9) Visscher, H. J., Meijer, F. M. OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies, Delft University of Technology, Países Bajos
- Messerschmidt, B. Future proofing the Euroclass system. Brandposten, 2016 https://firesafeeurope.eu/brandoposten-euroclass
- Messerschmidt, B. et al. Influence of fire barriers on fire performance of facades with combustible insulation. https://www.matec-conferences.org/.../matecconf_ 05006.html
- Pauley, J. Connecting the dots on today's fire problem. NFPA https://community.nfpa.org/community/nfpa-today/blog/2017/06/21/connecting-the-dots-on-today-s-fire-proble
- Reacción al fuego de una fachada con sistema SATE wwww.anfapa.com/downloads/ 72_anfaoa_reaccion-al-fuego.pdf
- Mikkola, E. Comparison of national fire safety requirements within COST Action FP1404. International Wood Products Journal https://www.ethz.ch/.../N152-09-Comparison%20of%20national%...

ANÁLISIS DEL MARCO REGLAMENTARIO Y NORMATIVO PARA ENSAYOS

05

Jordi Mirabent
Ingeniero industrial, director técnico del Departamento de Productos Industriales de APPLUS+.

Alberto Diego
Ingeniero industrial, responsable de evaluación técnica de productos de protección contra el fuego del Departamento de Calidad de Productos del ITeC – Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya.

El siguiente capítulo, en el cual se analiza el marco reglamentario y normativo para ensayos (de resistencia y reacción al fuego de materiales constructivos, así como de propagación por fachada), pretende poner en contexto las diferencias entre las condiciones en las que se realizan los ensayos y las de uso final de los materiales y sistemas que se dan en la realidad.

Se puede definir resistencia al fuego como el periodo de tiempo que un elemento constructivo es capaz de mantener su función en situación de incendio.

El fuego es un fenómeno complejo, no escalable, de manera que lo que sucede en un entorno controlado y reducido —como es un ensayo normalizado— puede diferir notablemente de lo que sucede en un incendio real, donde hay muchos más factores implicados, muchos de ellos aleatorios o imprevisibles. Esta disyuntiva ensayo-realidad es especialmente relevante a la hora de diseñar las fachadas de los edificios y puede ser un punto de partida para proponer mejoras en la regulación existente.

5.1. Introducción

En capítulos anteriores se ha visto la importancia del diseño y la ejecución para evitar el desarrollo de un incendio por fachada, prestando especial atención a las principales vías de propagación. También se ha apuntado a las limitaciones de la regulación vigente y de los ensayos empleados para certificar la aptitud de productos y sistemas de fachada.

A continuación, se verán las principales características de los métodos de ensayo utilizados habitualmente, poniendo el foco de atención en sus fortalezas y debilidades.

Se analizarán, pues, las características regulatorias empleadas en las reglamentaciones (española y europeas) para abordar el riesgo de propagación por fachada, esto es:

- Resistencia al fuego
- Reacción al fuego
- Propagación del fuego

Se ha valorado la adecuación de dichas características, en relación con los métodos de ensayo asociados, para cubrir efectivamente las características

y condiciones del desarrollo de un fuego real en fachada.

Finalmente, se describirán y analizarán los denominados métodos de ensayo de fachada a gran escala, vinculados a la característica de propagación del fuego, característica no considerada en el Código Técnico de la Edificación.

5.2. Característica regulatoria de resistencia al fuego

5.2.1.Concepto y alcance

La resistencia al fuego puede definirse como el periodo de tiempo en que un elemento constructivo es capaz de mantener su función en situación de incendio. Así, esta definición flexible adopta una u otra interpretación dependiendo de cuál sea dicho elemento constructivo. Esto se expresa mediante el uso de diferentes símbolos.

Los ensayos se realizan en hornos normalizados, habitualmente de 3 x 3 m.

Por ejemplo, si nos referimos a un elemento estructural, su resistencia al fuego consistirá en el tiempo que dicho elemento sea capaz de mantener su función portante bajo la acción de un incendio (y se expresa mediante el símbolo “R”). De manera equivalente, si consideramos un elemento sectorizador, su resistencia al fuego se evalúa mediante la integridad (“E” – paso de llamas y gases calientes) y el aislamiento (“I” – transferencia de temperatura al lado no expuesto al fuego).

Las normas de ensayo de resistencia al fuego establecen los procedimientos para valorar la capacidad de un determinado elemento o sistema constructivo para conservar su prestación en caso de incendio.

5.2.2. Metodología de ensayo

Los ensayos se realizan en hornos normalizados, habitualmente de 3 x 3 m, aunque los laboratorios pueden disponer de equipos para el ensayo de dimensiones mayores.

Se relacionan a continuación las normas que se están usando actualmente, a falta de norma específica para el ensayo de fachada en condiciones representativas, para justificar el comportamiento al fuego de los elementos exteriores de los edificios o de sus partes. Hay que añadir que no existe una sistemática definida en cuanto a la norma a utilizar, sino que en cada caso el fabricante presenta el ensayo que cree que se ajusta mejor a su producto.

EN 1364-1: Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 1: Paredes.

Es aplicable a paredes no portantes interiores y exteriores con y sin acristalamiento.

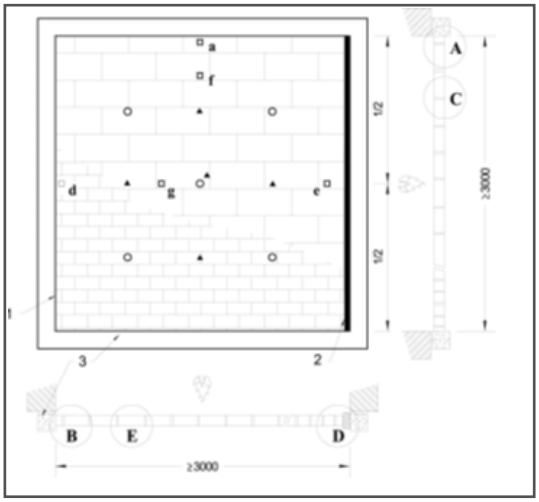


Figura 5.1. Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 1: Paredes
Fuente: EN 1364-1

EN 1365-1: Resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 1: Paredes.

Es aplicable a muros internos y externos. La resistencia al fuego de las paredes externas se puede determinar bajo condiciones de exposición a fuego interior o exterior.

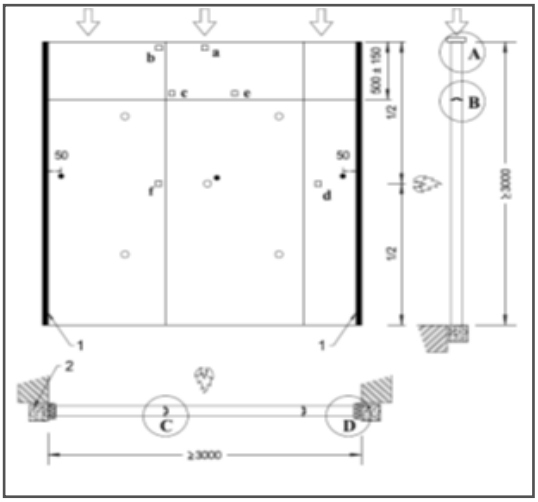


Figura 5.2. Resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 1: Paredes
Fuente: EN 1365-1

EN 1364-3: Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 3: Fachadas ligeras. Configuración completa (conjunto completo).

Determina la resistencia al fuego de fachadas ligeras en el encuentro de forjado y fachada —configuración completa, fachadas tipo B (con acristalamiento resistente al fuego)—. Permite considerar fuego interior y exterior.

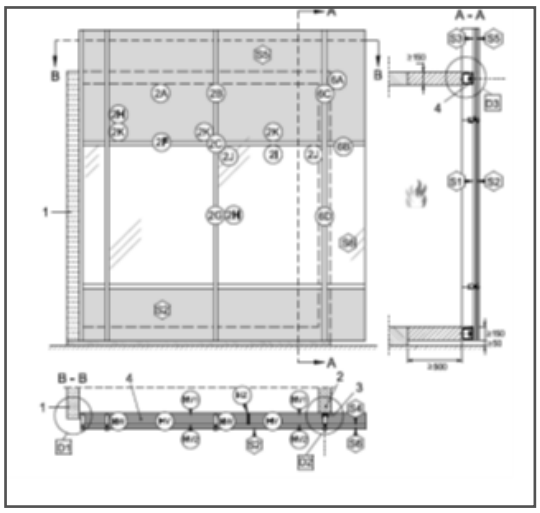


Figura 5.3. Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 3: Fachadas ligeras. Configuración completa.
Fuente: EN 1364-3.

EN 1364-4: Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 4: Fachadas ligeras. Configuración parcial.

Determina la resistencia al fuego de fachadas tipo A (sin acristalamiento resistente al fuego), partes de fachadas ligeras, del sello perimetral y la fijación del sistema a la fachada ligera al elemento de suelo. Fuego interior y exterior del panel de antepecho (spandrel).

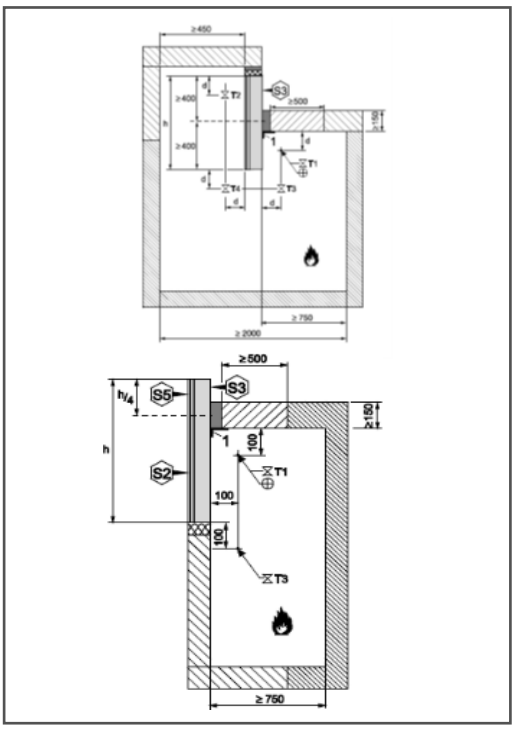


Figura 5.4. Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 4: Fachadas ligeras. Configuración parcial.
Fuente: EN 1364-4.

EN 1366-3: Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 3: Sellantes de penetración.

Determina la capacidad de un sellante de penetración para mantener la resistencia al fuego de un elemento separador en la posición en la que ha sido penetrado por un servicio.

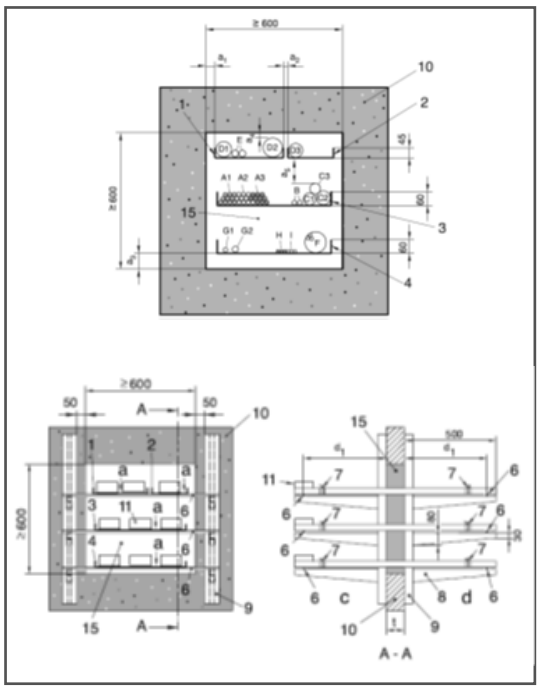


Figura 5.5. Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 3: Sellantes de penetración.
Fuente: EN 1366-3

EN 1366-4: Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 4: Sellados de junta lineal

Determina la resistencia al fuego de juntas lineales en función de su uso final previsto.

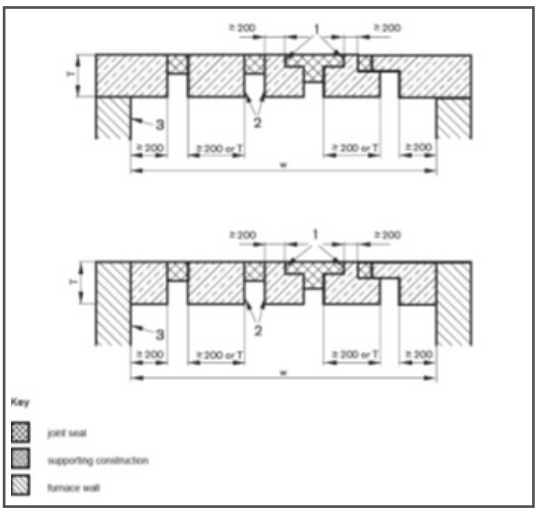
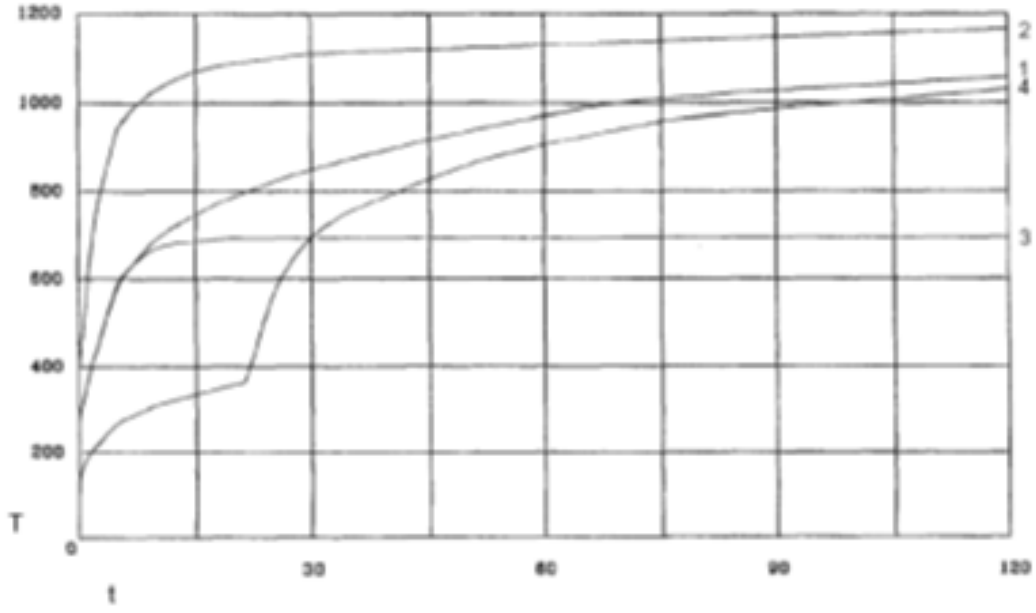


Figura 5.6. Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 4: Sellados de junta lineal.
Fuente: EN 1366-4

EN 1363-2: Ensayos de resistencia al fuego. Parte 2: Procedimientos alternativos y adicionales

En algunos casos, los elementos pueden estar expuestos a condiciones que son menos severas que cuando ese elemento de construcción o estructura está expuesto en un sector de incendio. Un ejemplo de esto son los muros en el perímetro del edificio que pudieran quedar expuestos a un fuego exterior o a llamas que sobresalen a través de las ventanas. Por este motivo, es necesario asegurar que la naturaleza de la protección al fuego es tal que se evite la reentrada del fuego en el edificio.

Debido a la naturaleza de los fuegos exteriores, que presentan la posibilidad adicional de una disipación del calor, esta curva proporciona un nivel más bajo de exposición térmica que otras opciones (estabilización a 680 ºC a partir del minuto 20).



1: Curva normalizada
2: Curva de hidrocarburos
3: Curva de fuego exterior
4: Curva de calentamiento lento

Figura 5.7. Curvas de calentamiento
Fuente: EN 1363-2

prEN 1364-6: Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Part 6: Cavity Barriers.

Determina la resistencia al fuego de las barreras para cavidades. Esta norma se aplica a barreras abiertas o cerradas, verticales u horizontales, sin carga. Se utilizan para proporcionar separación del fuego a espacios no particionados o ventilados.

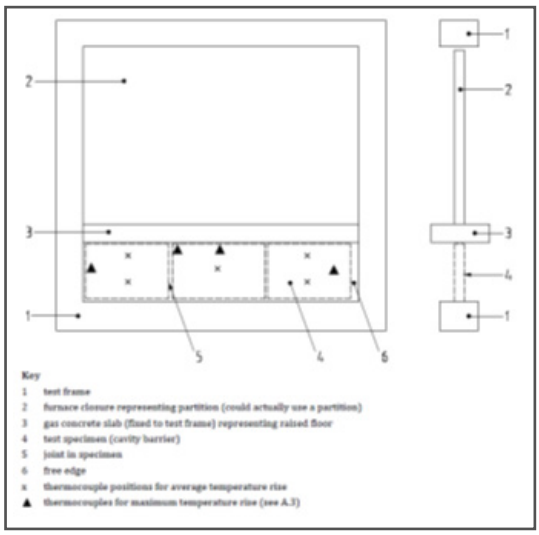


Figura 5.8. Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Part 6: Cavity Barriers.
Fuente: Ensayo EN 1364-6

5.2.3. Valoración de la resistencia al fuego en el ámbito de fachada

Las normas relacionadas en el apartado anterior pueden aportar un primer nivel de información en relación con un fuego de fachada, si bien ninguna de ellas se ha desarrollado para el análisis de la seguridad frente al riesgo específico del desarrollo de un incendio a través de la fachada.

Excepto la norma EN 1364-4, todas contemplan una de las caras expuestas a las condiciones de calentamiento, verificándose sobre la cara contraria las prestaciones de integridad (E) y aislamiento térmico (I). Esta configuración de ensayo no contempla la verificación de la propagación del incendio por la fachada, ya sea por un foco interior al edificio o por uno exterior.

Ninguna de las normas anteriores se ha desarrollado para el análisis de la seguridad frente al riesgo específico de un incendio a través de la fachada.

La norma EN 1364-4, que refiere el ensayo de configuraciones parciales de fachadas ligeras, permite la elección de una condición de ensayo que contempla una regulación con curva normalizada de fuego interior en la cara interior del elemento, permitiendo condiciones de temperatura inferiores en la cara exterior. Otras condiciones de ensayo, a elegir

por el fabricante, prevén la regulación en todas las zonas con curva de calentamiento interior o exterior.

La norma prEN 1364-6 se encuentra en fase de desarrollo y, como se ha indicado, se ha previsto para evaluar las barreras que deberían instalarse en las cavidades presentes en el interior de los muros cortina y en el interior de otros elementos que puedan favorecer la propagación del incendio. También tendrá sus limitaciones, ya que no contempla la propagación exterior.

5.3. Característica regulatoria de reacción al fuego

5.3.1. Concepto y alcance

La reacción al fuego es una característica concebida para analizar en qué medida un material o producto contribuye al desarrollo de un incendio en la fase inicial de este.

La clasificación de reacción al fuego determina la liberación de energía (calor) y la tasa de liberación (la velocidad a que lo hace), expresando el comportamiento de un producto mediante los símbolos que van de A1 (incombustible) a F (altamente combustible).

Luego, mediante el subíndice “s” se determina la generación de humos (el volumen y la velocidad). Se mide la opacidad, no la toxicidad. s1 significa que la generación de humos es muy limitada, mientras que s3 indica una elevada producción de humos. Por otro lado, mediante el subíndice “d”, se mide el goteo de partículas inflamadas: d0 indica que el producto no produce gotas, mientras que d2 gotea y produce la ignición de un papel situado debajo.

Entonces, combinando la aportación de calor, humos y gotas incandescentes, obtenemos la clasificación de reacción al fuego, por ej. C-s3, d0 (estaríamos hablando de un material con combustibili-

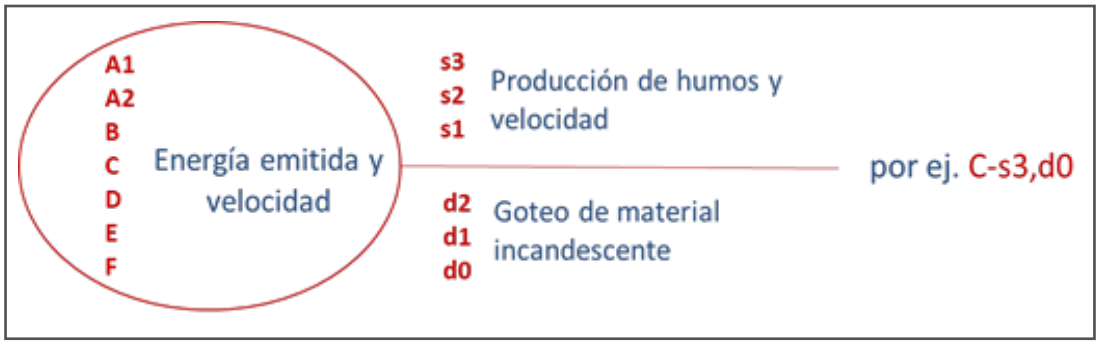


Figura 5.9. Clasificación de la reacción al fuego
Fuente: A. DIEGO y J. MIRABENT

dad media, que genera mucho humo y no gotea al arder). En la figura 2.9 se resume de manera esquemática el sistema de clasificación.

A continuación, se analiza en detalle la metodología de ensayo para valorar si esta característica es adecuada para analizar y reglamentar el riesgo de la propagación del fuego por fachada.

5.3.2. Metodología de ensayo

En el ámbito de la Unión Europea se ha establecido el sistema de clasificación de Euroclases de acuerdo con el Reglamento delegado (UE) 2016/364, donde se detallan las diferentes clases, los métodos de ensayo asociados y los criterios de clasificación.

En el caso de productos instalados en fachada, aplican los siguientes métodos de ensayo y clasificación:

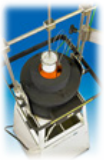
- EN ISO 1182 Ensayos de reacción al fuego de productos. Ensayo de no combustibilidad.
- EN ISO 1716 Ensayos de reacción al fuego de productos. Determinación del calor bruto de combustión (valor calorífico).
- EN 13823 Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelos, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo.
- EN ISO 11925-2 Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única.
- EN 13501-1 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.
-

En la Tabla 5.1 se resumen las características básicas de los métodos de ensayo.

En relación con el tamaño de las muestras empleadas en los métodos de ensayo, se tiene: un cilindro de 5 cm según EN ISO 1182 (determina la combustibilidad); 0,5 gramos de material molido según EN ISO 1716 (poder calorífico); un prisma de 25 cm según EN ISO 11925-2 (propagación de llama). Se trata, por lo tanto, de pruebas de material, no de producto ni mucho menos de sistema.

Tan solo el ensayo del Single Burning Item (EN 13823, donde se mide calor y humos generados, propagación de llama y goteo de material incandescente) acepta una representación limitada de los sistemas en condiciones de uso final. Se trata de una muestra de dos alas, en forma de esquina, de 1,5 m de altura. Se pueden instalar varias capas (hasta una profundidad de 20 cm) y reproducir juntas lineales u otras características del sistema. Sin embargo, volviendo a la definición de la reacción al fuego incluida en el apartado anterior, ¿qué significa en

REGLAMENTO PARA ENSAYOS

Norma	Muestras		Exposición	Duración	Determinaciones
EN ISO 1182	Probetas cilíndricas (50 mm x 45 mm Ø)		750 ºC	30 minutos con un máximo de 60 minutos	ΔT (ºC), Δm (%) y aparición de llama (duración). Clase A1, A2.
EN ISO 1716	Probetas de material molido (0,5 g)				Mide los MJ/kg producidos por la combustión de la muestra, a partir del incremento de T. Clase A1, A2.
EN 13823 (SBI)	Probetas formando una esquina a 90º. Dos alas de 1,5 m x 1 m y 1,5 m x 0,5 m		Quemador de propano de 30 kW	21 minutos	Se mide la velocidad de producción y la energía desarrollada durante el ensayo. Se mide la tasa de producción de humo.
EN ISO 11925-2	Probetas de (250 mm x 90 mm)		Quemador “Bunsen” de propano	15 s / 30 s	Mide la propagación de la llama y goteo.

la fase inicial del incendio? El ensayo SBI simula una papelera en llamas que arde en la esquina de una habitación interior, por lo que la potencia de fuego aplicada es relativamente baja.

Puede observarse, por lo tanto, que los métodos existentes son principalmente de caracterización de material, en pequeñas dimensiones, y que existe un único método que permite representar –hasta cierto punto– una solución constructiva, pero expuesta a un ataque muy limitado y durante un periodo de tiempo corto.

5.3.3. Valoración de la reacción al fuego en el ámbito de fachada

A continuación, se analizan los requisitos de reacción al fuego y, por lo tanto, los requisitos en cuanto a la selección de materiales, establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico de Seguridad contra Incendios (DB SI), para los productos instalados en la fachada de un edificio.

Puede observarse (ver la Figura 5.10) como para edificios de más de 18 metros de altura se exige la presencia de productos de baja combustibilidad (clase B-s3, d2 o mejor), aunque no se preocupa de la generación de humos ni la caída de material incandescente. Para edificios de hasta 18 metros (seis plantas), si la parte inferior no es accesible al público, no existe requisito alguno; mientras que, si la zona inferior de la fachada sí es accesible al público, se exige la misma clase B-s3, d2 en el arranque (primeros 3,5 metros), dejando libre la selección de materiales en el resto de la altura.

Al margen de valorar los niveles de exigencia establecidos (o no establecidos), puede verse por ejemplo que para edificios de hasta 18 metros solo se enfo-

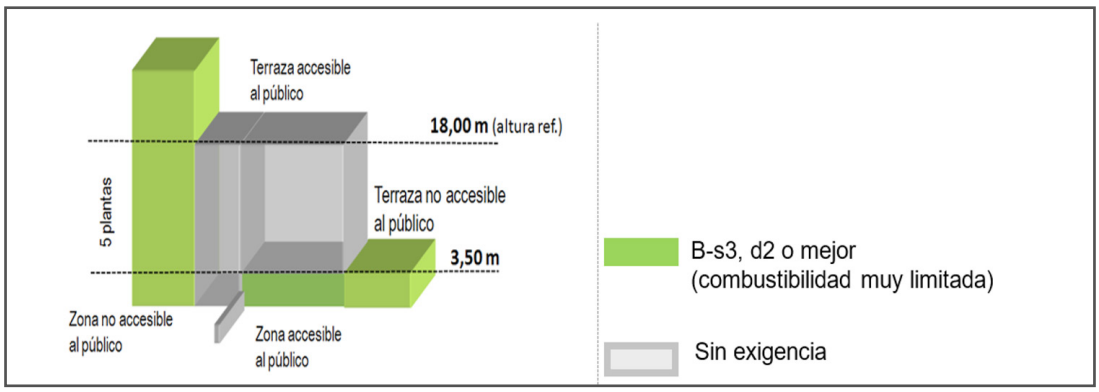


Figura 5.10. Requisitos de reacción al fuego de las fachadas en la reglamentación española
Fuente: M. P. Giraldo, 2012

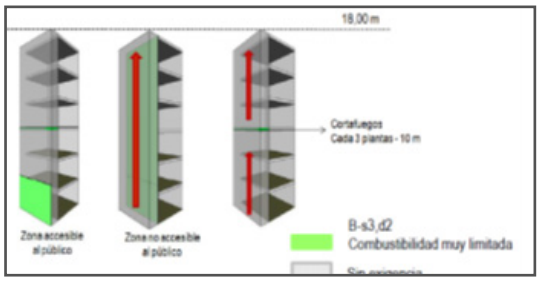


Figura 5.11. Requisitos de reacción al fuego de las fachadas ventiladas en la reglamentación española
Fuente: M. P. Giraldo, 2012

ca el riesgo de un fuego incidiendo en la fachada desde el exterior, por ejemplo, a causa de un contenedor en llamas, pero no en el caso de que el fuego provenga de un incendio interior saliendo por una ventana.

Por lo tanto, para edificios de seis plantas podríamos concluir que no preocupa en exceso la combustibilidad de los materiales instalados y la influencia que tendrían en la propagación del incendio por fachada. Para edificios de gran altura, la reglamentación sí se preocupa de la combustibilidad, para evitar esa propagación del fuego. Sin embargo, veremos a continuación como un producto o sistema puede obtener una clase B-s3, d2 debido a las características de los métodos de ensayo, pero que en cambio expuesto a un fuego en fachada podría propagar el dicho fuego.

Otro aspecto de la reglamentación que cabe destacar es que, en general, los requisitos establecidos no distinguen entre tipología de fachada, cuando los mecanismos de propagación del fuego están intrínsecamente ligados a la tipología constructiva instalada. En el apartado 2.3.2 se aporta información sobre cómo otras reglamentaciones europeas vinculan los requisitos de reacción al fuego a la tipología de fachada, a condiciones o limitaciones de diseño, medidas de protección pasiva y también de protección activa.

Los requisitos establecidos por la reglamentación no distinguen entre tipologías de fachada, cuando los mecanismos de propagación del fuego están intrínsecamente ligados a estas.

La única tipología constructiva que sí requiere una atención particular en el CTE es la fachada ventilada, para la que se establecen también requisitos de reacción en la cámara oculta (ver la Figura 2.11). Para edificios de hasta 18 metros, se permite el desarrollo continuado, sin interrupciones, siempre que los productos instalados presenten una clase B-s3, d2 o mejor; mientras, si se dispone una barrera cortafuego cada 10 metros o tres plantas, no existe requisito alguno y se puede instalar lo que se quiera.

En edificios de más de 18 metros de altura, se debe disponer de productos de clase B-s3, d2 o mejor en la cámara ventilada y, de acuerdo con un comentario

introducido por el Ministerio en el CTE, se permite también la presencia de materiales C-s3, d2 si se disponen barreras cortafuegos cada 10 metros o tres plantas.

Además de volver a encontrar aquí la misma pregunta sobre si los resultados de clase B-s3, d2 son relevantes frente a un fuego en fachada, pueden valorarse también los criterios en cuanto a barreras cortafuego. Se exige colocarlas para ciertas clases de reacción al fuego (combustibilidad media-alta), cuando lo primero que cabe señalar es que el fuego puede propagar por la cámara ventilada aun sin presencia de material combustible, debido al efecto chimenea, como ha quedado demostrado en múltiples ensayos a gran escala.

Por otro lado, en los casos en que se exigen barreras, se permiten 10 metros sin interrupción, cuando numerosas investigaciones y ensayos a gran escala indican que tales medidas de protección pasiva solo tendrán opción de cumplir su función si se instalan a una distancia inferior entre ellas: cada planta y, en según qué casos, acompañadas de franjas cortafuegos verticales.

Una vez vistas las exigencias establecidas, cabe analizar si la clasificación de reacción al fuego es útil, por sí sola, para afrontar el riesgo particular de propagación por fachada, considerando las características de un incendio en fachada. Al reducir la escala en los métodos de ensayo que se han visto, en cuanto a dimensiones y carga de fuego, se pierden de vista una serie de factores que influyen en la propagación. Podrían apuntarse:

- La potencia de incendio (en el SBI se hablaría de 30 kW, mientras que un incendio plenamente desarrollado cuando irrumpe en fachada podría generar una potencia 500 veces mayor).
- El tipo y dirección de la exposición: localizada en las superficies exteriores de acuerdo con los métodos de ensayo de reacción al fuego o incidiendo en el elemento constructivo por todas partes en el caso de un incendio real en fachada: superficie, canto y parte trasera.
- Las características del escenario de incendio en fachada y las condiciones ambientales, notablemente distintas a las de los métodos de reacción.
- La dificultad (o simplemente la imposibilidad) de reproducir los sistemas constructivos de una fachada en ese trocito de esquina de la muestra del ensayo SBI (cabe pensar, por ejemplo, en el efecto chimenea en cámaras ventiladas).

Todo esto puede conducir a que un sistema de clase B-s1, d0 de reacción al fuego (combustibilidad muy limitada), por ejemplo, un SATE, haya obtenido esa prestación por la protección que es capaz de aportar el mortero de revestimiento ante esa exposición limitada en el SBI (30 kW durante 21 minutos, en ambiente interior). Sin embargo, ante la incidencia de un incendio real en facha-

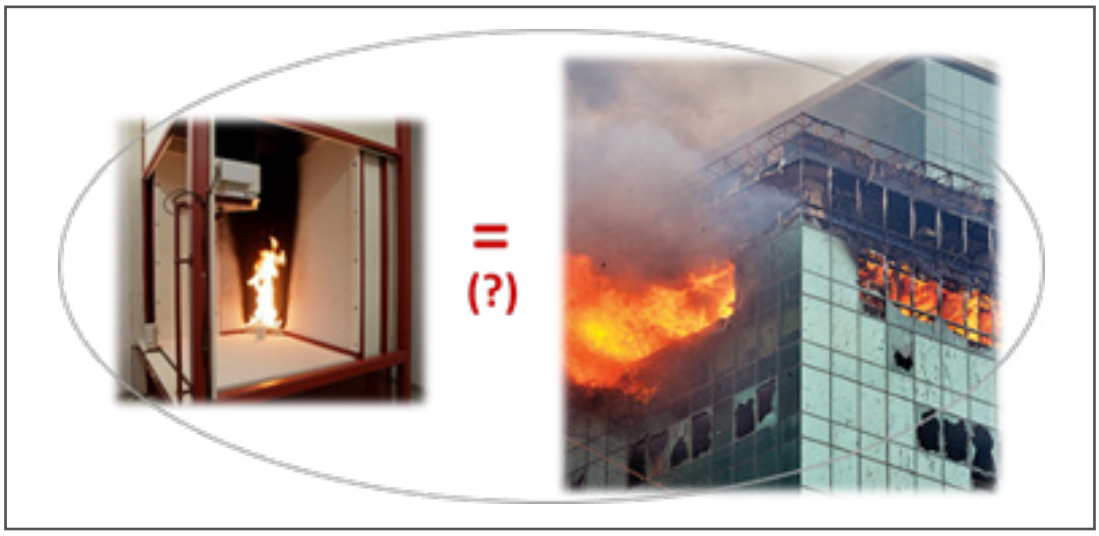


Figura 5.12. Ensayo del SBI vs situación real de fuego en fachada
Fuente: http://www.vttexpertservices.com/s

da, el fuego podría alcanzar la capa de aislamiento interior y, de ser combustible, propagarse fachada arriba o incluso, en algunas circunstancias, fachada abajo.

Por lo tanto, la información que nos proporciona una clasificación de reacción al fuego B-s3, d2 (es decir, un producto o sistema de combustibilidad muy limitada), sobre la que se establecen los requisitos reglamentarios, podría quedar en entredicho en un escenario de incendio en fachada, al ser la exposición —y entonces también el comportamiento del sistema— muy diferenciada a la representada por los métodos de ensayo de la reacción al fuego (ver la Figura 5.12).

5.4. Característica regulatoria de propagación del fuego

5.4.1. Concepto y alcance

En 14 países de la Unión Europea existe, además de la reacción y la resistencia al fuego, una característica adicional para gobernar el riesgo del incendio en fachada: la propagación del fuego.

Esta característica se determina mediante los ensayos a gran escala, que son ensayos a escala 1:1, tanto en lo que se refiere a las dimensiones de la muestra como a la carga de fuego aplicada. Son ensayos que pretenden representar condiciones lo más realistas posibles. Más adelante en este capítulo, se des-

criben los métodos de ensayo disponibles en la actualidad y el proyecto de estandarización a nivel europeo.

Es decir, ya no se emplea un modelo simplificado basado en la caracterización de sus partes como es hacerlo por vía de la reacción al fuego (caracterización con las limitaciones comentadas, además), sino que se pretende evaluar el riesgo en su totalidad. Últimamente, se está comprobando que el diseño de las fachadas en base a determinaciones parciales de reacción al fuego puede no estar prediciendo con suficiente fiabilidad el desarrollo real del incendio. Por ello, puede resultar adecuado complementarlo con una característica distinta (y unos métodos de ensayo distintos) para evaluar de manera más fidedigna el comportamiento del fuego en el conjunto de la fachada.

5.4.2. Utilización en reglamentaciones europeas

Pese a lo indicado en apartados anteriores, no puede decirse que la reacción al fuego sea una característica mal diseñada o poco útil. Sin embargo, es necesario conocer cuál es la información que aporta para poder emplearla correctamente en cada situación. Todos los países de la Unión Europea utilizan la reacción al fuego para regular en el ámbito de la fachada, a pesar de que varían, eso sí, los niveles de exigencia.

Además, hay países en los que existe un mayor desarrollo de las cláusulas regulatorias, diferenciando los criterios establecidos en función de la tipología de fachada y vinculando los requisitos de reacción al fuego a ciertas condiciones de diseño, a medidas de protección pasiva y, en ocasiones, también a medidas de protección activa.

Así, es habitual ver reglamentaciones que, en edificios a partir de 25 m (orientativamente), solo permiten el uso de materiales incombustibles instalados en la fachada. Para edificios de menor altura, se disponen medidas según la tipología constructiva: cuando se instala un revestimiento combustible por el exterior, la disposición de franjas horizontales de material A1 o A2-d1, s0, cada cierta distancia (normalmente en cada piso), que rompan la continuidad de esa capa combustible; o también franjas incombustibles alrededor del perímetro de las ventanas; si se trata de una fachada ventilada, la disposición de barreras cortafuego en la cámara, intumescentes o metálicas (también, normalmente en cada piso).

Las dimensiones y características de estas interrupciones (u otros elementos de protección, como alerones) dependen de la carga de fuego presente en los elementos de fachada, así como del uso del edificio.

Algunas reglamentaciones establecen un porcentaje máximo de ventanas en relación con la superficie total de fachada, para determinadas configuraciones y usos de los edificios. O especifican criterios de ubicación de las mismas (desalineadas en vertical) para ciertas

tipologías de fachada y dependiendo de los materiales empleados.

Por otro lado, pueden encontrarse, por ejemplo, requisitos sobre el vidrio para muros cortina y, en fachadas de doble piel, se debe disponer, además, de sistema automático de extinción entre las dos pieles. En fachadas ventiladas, pueden encontrarse requisitos sobre la anchura máxima de la cámara. Para ambos sistemas, se establecen también requisitos de resistencia al fuego de las fijaciones mecánicas de la subestructura de fachada.

En función de las características de los elementos de fachada, algunas reglamentaciones consideran la incidencia que tendría un incendio en rutas de evacuación o áreas exteriores seguras. Algunos países establecen incluso criterios de diseño para paneles fotovoltaicos o fachadas verdes.

En la siguiente elación se recoge un compendio de requisitos adicionales (además de aquellos establecidos para la reacción y la resistencia al fuego), así como criterios de diseño o medidas de protección, en distintos países de la Unión Europea.

Austria

Limitación de la propagación de la llama a lo largo (y en el interior) de la fachada y limitación de desprendimientos que puedan dañar a bomberos o a personas durante su evacuación. En edificios con más de cuatro pisos por encima del nivel del suelo. Esto se puede ensayar según ÖNORM B3800-5.

Bélgica

Rociadores automáticos como solución alternativa en casos específicos.

Croacia

Para edificios de hasta 22 m de altura divididos en distintos sectores de incendio, los revestimientos de fachada combustibles y/o aislamientos térmicos se deben interrumpir con materiales incombustibles (reacción al fuego A1 o A2-s1, d0) en los límites de los sectores de incendio. Estas interrupciones se deben ejecutar vertical y horizontalmente en distintas longitudes (de 1 a 5 m) dependiendo de la localización del edificio.

Para edificios de hasta 22 m de altura considerados como un solo sector de incendio, los revestimientos de fachada combustibles y/o los aislamientos térmicos se deben interrumpir con materiales incombustibles (reacción al fuego A1 o A2-s1, d0) en forma de dintel protector alrededor de las aberturas y en franjas en todo el perímetro de los edificios, cada dos pisos. Para fachadas ventiladas, se requieren interrupciones cada dos pisos en forma de barreras reactivas o intumescentes, barreras de lámina de acero, etc.

Para edificios de altura superior a 22 m, los revestimientos de fachada y/o aislamientos térmicos deben ser incombustibles según EN 13501-1 (reacción al fuego A1 o A2-s1, d0).

República Checa

Para edificios de entre 12 y 22,5 m de altura se requiere:

1. 900 mm de barrera horizontal de

productos A1/A2 en cada piso, situadas a 1 m del nivel del suelo como máximo, y barreras de 250 mm alrededor de las aberturas de ventilación y cajas de interruptores. Cualquier alternativa a 1) se debe ensayar según ISO 13785-1 para asegurarse de que no haya propagación de la llama superior a 0,5 m, con 100 kW, durante 30 min (el anexo nacional de ISO 13785-1 especifica medidas y criterios adicionales).

2. 1,5 m de ancho de barrera vertical de productos A1/A2 a ambos lados y alrededor de escaleras exteriores, en balcones para vías de evacuación y en todo el recorrido de evacuación por debajo de estas vías.
3. Los pasillos se recubrirán con productos A1/A2.
4. Las caras inferiores de balcones por encima de una cierta medida se recubrirán con productos A1/A2.
5. Conductores eléctricos no aislados: las correspondientes paredes hasta 250 mm se recubrirán con productos A1/A2, a ambos lados.
6. 900 mm de ancho de barrera vertical con productos A1/A2 entre edificios adyacentes.
7. Las ventanas de rutas de evacuación interna se recubrirán con productos A1/A2 hasta un mínimo de 1,5 m alrededor y en todas direcciones.

Cualquier solución alternativa para 2) a 7) debe contener un mínimo de 25 mm de grosor de capa de protección en la superficie de A1/A2 y ser ensayada según ISO 13785-1 para asegurarse de que no haya propagación de la llama superior a 0,5 m, con 100 kW, durante 30 min, y ensayada según ISO 13785-2, para asegurarse de que no haya pérdida de integridad de la capa superficial y tener una temperatura menor a la de ignición de las capas de combustible, por debajo de 3 MW durante 30 min. En estos lugares, se piden los mismos requerimientos si se aplica un SATE adicional encima del SATE combustible. Se debe calcular el potencial calorífico para productos aislantes con mayor grosor a 200 mm de clase inferior a A1/A2.

Dinamarca

Ver los criterios para Suecia.

Francia

Requerimientos para la propagación de la llama a través de fachadas (en superficie externa y también a través de cavidades y uniones fachada-forjado).

Los requerimientos se cumplen siguiendo las reglas basadas en el cálculo de la masa de combustible disponible y los convenios técnicos sobre la instalación (reglas C+D). Cuando estas reglas no se puedan cumplir, se necesita un ensayo de acuerdo con el método LEPIR 2.

Alemania

Para edificios entre 7 y 22 m de altura: los sistemas se deben ensayar según DIN 4102-20 y, adicionalmente para SATE con aislamiento EPS, se deben ensayar con fuego procedente del exterior.

Para edificios de gran altura (> 22 m): todos los materiales deben ser incom-

bustibles según EN 13501-1 (reacción al fuego A1 o A2-s1, d0).

Para edificios singulares, las autoridades alemanas pueden exigir requerimientos adicionales.

Grecia

Requerimientos adicionales en relación con el área de aberturas permitida en toda la fachada en edificios con ocupación mayor a 1000 personas:

- Distancia (fachada – edificio vecino): < 3 m, fracción del área de aberturas: < 15 %.
- Distancia (fachada – edificio vecino): 3 5 m, fracción del área de aberturas: < 25 %.
- Distancia (fachada – edificio vecino): 5 10 m, fracción del área de aberturas: < 50 %.
- Distancia (fachada – edificio vecino): > 10 m, fracción del área de aberturas: < 80 %.

Hungría

Según MSZ 14800-6 se puede clasificar el límite de propagación de la llama (Th = 0 min, Th = 15 min, Th = 30 min, Th = 45 min).

El reglamento contra incendios da instrucciones sobre requerimientos de ciertos edificios (dependiendo de la altura, materiales, clases de riesgo, etc.).

Italia

1. Como medida alternativa para fachadas de doble piel: sistema de extinción automático posicionado entre las dos paredes, activados por la apropiada detección de incendio presente en cada piso del edificio. Los aparatos localizados en cada piso deben estar encarados hacia la pared interna de la fachada. En caso de tener elementos de vidrio (muro cortina), estos deben ser de vidrio templado y provistos de tratamiento “HST” (Heat Soak Test).
2. No hay requerimientos de resistencia al fuego para elementos de fachada que correspondan a sectores donde la densidad de carga de fuego sea menor a 200 MJ/m^2.
3. No hay requerimientos de resistencia al fuego para elementos de fachada que correspondan a sectores donde la densidad de carga de fuego sea superior a 200 MJ/m^2, si disponen de un sistema de extinción automático.
4. En el caso de que las fachadas se compongan de materiales frágiles o materiales que, en caso de incendio, puedan implicar una rotura o desprendimientos, se debe asegurar que las salidas de rutas de evacuación y los lugares exteriores seguros están protegidos de la caída de partes de la fachada. El diseño del sistema de evacuación debe tener en cuenta la dificultad de acceder al edificio desde fuera, en caso de incendio, por parte de los equipos de rescate. No obstante, es posible incluir ventanas que puedan ser fácilmente abiertas por los equipos de rescate y desde fuera, según los requisitos de accesibilidad de los medios de bomberos.
5. El uso de la cavidad (fachadas de doble piel) para la evacuación de los ocupantes está prohibido.

Liechtenstein
Ver los criterios para Suiza.

Noruega
Sistemas que no sean A2-s1, d0, instalados en edificios de gran altura u hospitales, hoteles, hogares de cuidado, por ejemplo, se deben validar con un ensayo según SP Fire 105 o de acuerdo con un método de ensayo equivalente.

Polonia
Clasificación según la propagación de la llama a través de fachadas de acuerdo a método de ensayo a gran escala:

- NRO clase “sin propagación de la llama”
- SRO clase “leve propagación de la llama”
- SIRO clase “gran propagación de la llama”

República de Irlanda
En edificios de altura > 18 m, justificación de la no propagación de la llama mediante BS8414 (BR 135).

Rumanía
Requisitos adicionales para edificios altos: materiales A1 o A2-s1, d0 con resistencia al fuego de 15 minutos, utilizando separaciones verticales mínimas de 1,20 m y E30.

Requisitos adicionales para muros cortina: usar separaciones verticales sin acristalamiento mínimas de 1,20 m y E30. Al nivel del suelo, usar separaciones en espacio libre entre el muro cortina y el forjado, con el mismo grosor que este, de materiales A1 o A2-s1, d0 y E30.

Medida alternativa: sistemas de protección con agua. Los muros cortina serán anclados con elementos de acero procedentes de la estructura del edificio.

Requisitos para fachadas ventiladas: la cavidad será de máximo 5 cm, usando huecos verticales con interrupciones constantes (cada 1 o 2 pisos), de acuerdo con el uso, número de pisos y altura del edificio, usando barreras reactivas o intumescentes (variantes distintas) como elementos de interrupción E30; usando barreras de chapa de acero con un espesor mínimo de 1,5 mm.

Las aberturas, acristaladas o no, se deben proteger con dinteles y jambas.
Para las fachadas de paneles fotovoltaicos y las fachadas verdes hay otros requisitos adicionales.

Reino Unido
BS 8414 y BR 135 se pueden usar para demostrar la prestación en caso de incendio de construcciones exteriores de fachada, para sistemas que no sigan o no puedan cumplir las prestaciones en caso de incendio para las características dadas en la guía, para componentes individuales.

República Eslovaca
El requisito de ensayo a escala real es necesario en caso de que no se cumplan las recomendaciones estándar de diseño seguro.

Suecia
Limitación de la propagación de la llama a lo largo (y en el interior) de la fachada y limitación de desprendimientos que puedan dañar a las personas en evacuación o a los bomberos. Se puede ensayar de acuerdo con SP Fire 105.

Suiza
Limitación de la propagación de la llama a lo largo (y en el interior) del recubrimiento de la fachada.

Edificios de media altura (11-30 m): los revestimientos exteriores combustibles deben ser interrumpidos, para que un incendio en la fachada no se pueda propagar más de dos pisos por encima del piso de origen del incendio, antes de que los bomberos actúen (aprox. 20-30 min).

Edificios de gran altura (> 30 m): el sistema de revestimiento debe estar formado por materiales incombustibles (A1 o A2-s1, d0), con la excepción de partes no relevantes en términos de área. Estos requisitos se pueden alcanzar con el uso de medidas estándar como el uso de materiales incombustibles, barreras constructivas o el uso de una construcción aprobada. El procedimiento de aprobación requiere la justificación de la prestación de propagación del fuego de acuerdo con DIN 4102-20, ÖNorm B 3800-5 o el procedimiento suizo de ensayo para sistemas de revestimiento exteriores de fachadas.

5.4.3. Valoración de la propagación del fuego en el ámbito de fachada

Tal como se ha visto en los apartados 5.1 y 5.2, las características de resistencia y reacción al fuego, así como los distintos métodos de ensayo generados para su obtención, no han sido concebidas para determinar el comportamiento de un sistema constructivo de fachada ante el riesgo específico del desarrollo y la propagación del fuego, en las condiciones ambientales que se dan en un elemento delimitador con el exterior y considerando las dimensiones reales de la construcción.

A tal fin, puede verse que la característica adecuada para evaluar y reglamentar la transmisión de un incendio a través de la fachada de un edificio es la denominada propagación del fuego. Como su propio nombre indica, esta característica alude directamente al riesgo específico que plantea un incendio que alcance la fachada: el desarrollo —extremadamente rápido en algunas circunstancias— del mismo a través de la piel del edificio, propagando el incendio a otros puntos del mismo y pudiendo comprometer la estrategia de sectorización implantada.

Por lo tanto, se debería incorporar la consideración de la característica de propagación del fuego a fin de analizar con rigor y de manera fiable el fenómeno, de manera directa y en condiciones representativas, en vez de abordarlo mediante el análisis de características que solo lo tratan de manera indirecta o parcial.

Es importante señalar que la incorporación de la característica de propagación del fuego no implica necesariamente

(o siempre) la realización de ensayos a gran escala. Como se indica en el apartado 5.5, es mediante este tipo de ensayo como se consigue determinar la propagación. Pero esto podría quedar como opción para aquellos casos en que no sea posible justificar el comportamiento satisfactorio de la solución constructiva mediante condiciones de diseño, medidas de protección pasiva y activa, en combinación con el uso de los requisitos de reacción y resistencia al fuego.

Es decir, en primer lugar, se debería desarrollar un cuerpo de reglas en función de la tipología de fachada instalada (soluciones consideradas satisfactorias, en las que no ocurrirá la propagación del fuego), en base a las disposiciones reglamentarias oportunas extraídas de las reglamentaciones de referencia, así como en base a la experiencia disponible en ensayos a gran escala. Y, para aquellas soluciones que escapan de ese ámbito de conocimiento establecido, se debería realizar el ensayo a gran escala a modo justificativo.

5.5. Ensayos a gran escala

5.5.1. Concepto y alcance

Tal como se ha comentado anteriormente, los llamados ensayos de fuego a gran escala son pruebas que se realizan a escala 1:1, tanto en lo que se refiere a las dimensiones de la muestra, como también en lo que se refiere a la carga de fuego. Pretenden, por lo tanto, representar condiciones lo más cercanas posibles a la realidad.

No existe en la actualidad un método de ensayo a gran escala armonizado a nivel europeo. Sin embargo, como parte del proceso de estandarización y también como consecuencia de los incendios con desarrollo por fachada ocurridos en varios países en los últimos años, el CEN (organismo europeo encargado de la redacción de normativa de ensayo) encargó en 2017 a un grupo de expertos la realización de un estudio para analizar la situación reglamentaria y normativa en relación con este riesgo, en los países de la Unión Europea.

Dicho estudio contempla el análisis de la situación, obtenido mediante encuestas dirigidas a cada país, incluyendo también la valoración de las prestaciones y requerimientos exigibles a los sistemas de fachada. Finalmente, el estudio propone un primer borrador de procedimiento armonizado de ensayo y clasificación.

Los resultados de las encuestas realizadas presentan una gran diversidad en cuanto a la definición inicial del concepto de fachada. Igualmente, los requerimientos normativos y reglamentarios también muestran una gran dispersión. Para acotar el ámbito del objeto de estudio, desde el grupo de trabajo se ha propuesto la siguiente definición para fachada: “A complete external wall construction of any type (massive wall or curtain wall, etc.) or constitution (masonry, combustible material, etc.)”.

Como se ha visto anteriormente, algunos países de la Unión Europea consideran de forma específica en sus regla-

REGLAMENTO PARA ENSAYOS

Método de ensayo	País	Campo de aplicación	Escala	Configuración
1. PN-B-02867:2013	Polonia	Todo tipo de fachadas	Escala intermedia	Pared simple sin ventanas
BS 8414-1:2015 y BS 8414-2:2015	Gran Bretaña, República de Irlanda	Aplicable al sistema ensayado	Gran escala	Ángulo recto, dos alas
DIN 4102-20	Suiza, Alemania	Sistema complementario de fachadas (cada elemento de la fachada debe tener una clasificación de baja combustibilidad según DIN 4102-1 o EN 13501-1) para clasificar el sistema como de baja combustibilidad	Escala intermedia	Ángulo recto, dos alas
ÖNorm B 3800-5	Suiza, Austria	El ensayo descrito es válido para ensayar: -fachadas ventiladas -fachadas no ventiladas	Escala intermedia	Ángulo recto, dos alas
Prüfbestimmung für Aussenwandbeklei-dungssysteme	Suiza, Liechtenstein	Sistema aplicable a elementos lineales y superficies planas (pinturas, morteros, etc.) Utilizadas en el exterior de fachadas.		

REGLAMENTO PARA ENSAYOS

Método de ensayo	País	Campo de aplicación	Escala	Configuración
Prüfbestimmung für Aussenwandbeklei-dungssysteme	Suiza, Liechtenstein	Frente a un fuego procedente de la ventana de un apartamento en llamas.		
Technical regulation A 2.2.1.5	Alemania	Ensayo para SATE con aislante combustible, muestra las prestaciones del sistema cuando es atacado por un fuego procedente del exterior representado por 200 kg de listones de madera.	*Full scale*	Ángulo recto, dos alas
Lepir 2	Francia	Todos los sistemas de fachada, ventanas inclusive.	Gran escala	Una sola pared
MSZ 14800-6:2009	Hungría	No hay normativa para extrapolar los resultados del ensayo.	Gran escala	Una sola pared con dos ventanas
Engineering Guidance 16 (unofficial test method)	Finlandia	Utilizar en sistemas SATE para construcciones de > 8 pisos con material aislante inflamable.	Gran escala	Una sola pared
ISO 13785-1	República Checa		Escala intermedia	Ángulo recto, dos alas

REGLAMENTO PARA ENSAYOS

Método de ensayo	País	Campo de aplicación	Escala	Configuración
ISO 13785-2	República Eslovaca	Según la normativa eslovaca, es aplicable a sistemas SATE. Utilizar esta norma solamente en el caso de no utilizar soluciones normalizadas (ver más limitaciones adicionales).	Gran escala	Ángulo recto, dos alas
SP Fire 105	Suecia, Noruega, Dinamarca	El ensayo puede aplicarse solamente a: -Sistemas de fachada -Revestimientos de fachada (SATE) Fijados a una pared existente. Este ensayo solamente puede aplicarse a construcciones verticales. Este método no puede aplicarse para la determinación de la resistencia mecánica al fuego de una fachada expuesta al fuego.	Gran escala	Una sola pared

mentaciones el riesgo de propagación del fuego por fachada, lo que ha dado lugar a la emisión de normas de ensayo que contemplan este riesgo.

5.5.2. Metodología de ensayo

A continuación, se indican algunos ejemplos de la normativa de ensayo prevista para evaluar la propagación del fuego por fachada.

A todas estas normas de ensayo europeas, hay que añadir la NFPA 285 (EE. UU.).

De entre todas las normas mencionadas que contemplan ensayos a gran escala, orientados específicamente a la caracterización de los sistemas de fachada en cuanto a su comportamiento frente a situaciones de incendio, se presenta a continuación un resumen del procedimiento de ensayo y clasificación de dos de las normas más aceptadas.

Se ha seleccionado la norma BS 8414 parte 1 y 2 por ser la que está sirviendo de base para la redacción de una futura norma europea. También se describe el procedimiento previsto en la norma NFPA 285, por ser norma de uso en EE. UU. y ser, además, una norma de gran aceptación en los países de Oriente Medio.

Estas normas se usan para evaluar las características de propagación del fuego en las paredes exteriores sin capacidad portante y los paneles utilizados como componentes de muros cortina que estén construidos con materiales combustibles o que los incorporen en su interior.

A. Procedimiento de ensayo según la norma BS 8414

- BS 8414-1: Fire performance of external cladding systems. Test methods for non-loadbearing external cladding systems applied to the face of a building.
- BS 8414-2: Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems fixed to and supported by a structural steel frame.

La norma BS 8414-1 especifica un método para evaluar el comportamiento de los sistemas de revestimiento exterior no portantes cuando se aplican a la cara de un edificio y se exponen a un fuego externo bajo condiciones controladas. La exposición al fuego se considera representativa de una fuente de incendio externa o de un incendio totalmente desarrollado en una habitación, ventilando a través de una abertura tal como una ventana y que expone el revestimiento a los efectos de llamas externas.

Los sistemas de muros cortina o sistemas que incluyan paneles de vidrio, etc., fijados y soportados por un marco estructural de acero se evalúan con la norma BS 8414-2.

Las figuras adjuntas ilustran el procedimiento de ensayo: el fuego se simula mediante la combustión de un hogar a base de listones de madera, produciendo su combustión una energía de unos 4500 MJ en los 30 minutos de ensayo.

Aparte de las observaciones en cu-

anto a la propagación superficial, caída de material incandescente o en llamas, goteo, etc., los termopares instalados permiten la medida de la temperatura en las zonas previstas, permitiendo también este dato la clasificación bajo el criterio de propagación del fuego.

El procedimiento de clasificación

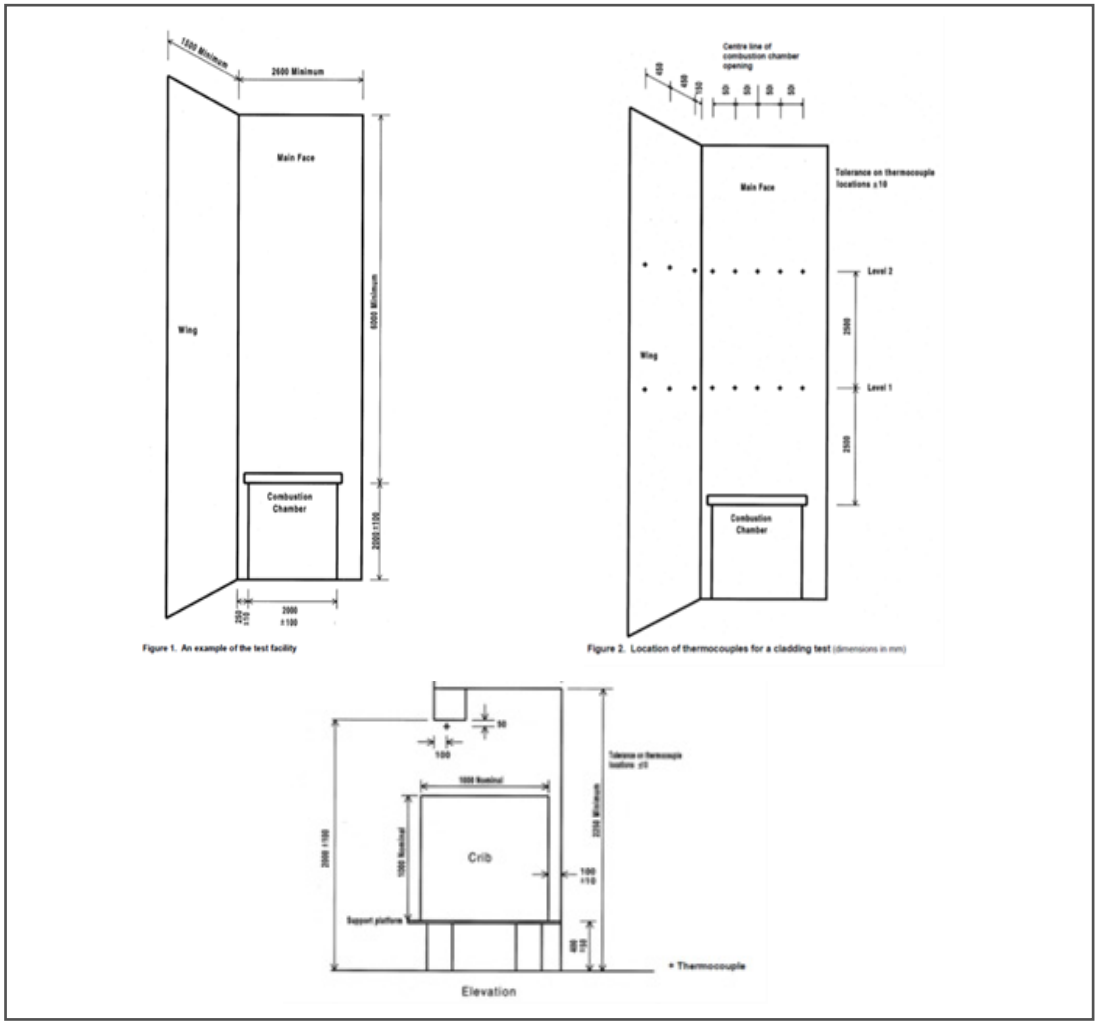


Figura 5.13. Procedimientos de ensayo según la norma BS 8414-1 y BS 8414-2
Fuente: BS 8414-1 y BS 8414-2

para un ensayo según la BS 8414 es el denominado BRE Global - BR 135 Classified external cladding systems.

Las normas BS 8414 partes 1 y 2 especifican los procedimientos de ensayo, pero no se indican los criterios de clasificación. Por este motivo en la normativa inglesa se ha introducido una nueva norma que permite realizar la clasificación de los sistemas ensayados. Estos criterios y el procedimiento para aplicarlos se indican en la norma BS 135: Fire performance of external thermal insulation for walls of multistorey buildings.

El sistema investigado se evalúa en función de tres criterios:

- Propagación externa del fuego
- Propagación interna del fuego
- Comportamiento mecánico

La clasificación se aplica únicamente al sistema tal como se ensaya y se detalla en el informe de clasificación. En este sentido, el informe de clasificación solo puede cubrir los detalles del sistema tal como se han probado.

Para evaluar los distintos criterios se hace necesario determinar y medir varios parámetros, como sigue:

Tiempo de inicio de la propagación del fuego (ts):

La propagación del incendio se mide por termopares colocados en los niveles 1 y 2. El tiempo de inicio (ts) de la propagación del incendio comienza cuando la primera temperatura registrada por cualquier termopar externo en el nivel 1 es igual o superior a 200 °C a la inicial (Ts), y permanece por encima de este valor durante al menos 30 segundos.

La temperatura (Ts) se define como la temperatura media de los termopares situados en el nivel 1 durante los cinco minutos anteriores a la ignición del hogar de listones.

Criterios de clasificación:

- Propagación externa del fuego.
  Se considera que el fallo debido a la propagación externa del fuego se produce si el aumento de temperatura por encima de la Ts de cualquiera de los termopares externos en el nivel 2 excede los 600 °C durante un período de al menos 30 segundos, en los 15 minutos posteriores al tiempo de inicio.
- Propagación interna del fuego
  Se considera que el fallo debido a la propagación interna del fuego ha ocurrido si el aumento de temperatura por encima de la Ts de cualquiera de los termopares internos en el nivel 2 supera los 600 °C, durante un período de al menos 30 segundos, en los 15 minutos posteriores al tiempo de inicio.

Adicionalmente, para los sistemas ensayados según la parte 2, se considera también fallo por propagación interna cuando se produce la combustión del sistema, de forma que el fuego alcanza la superficie interna y se observa una lla-

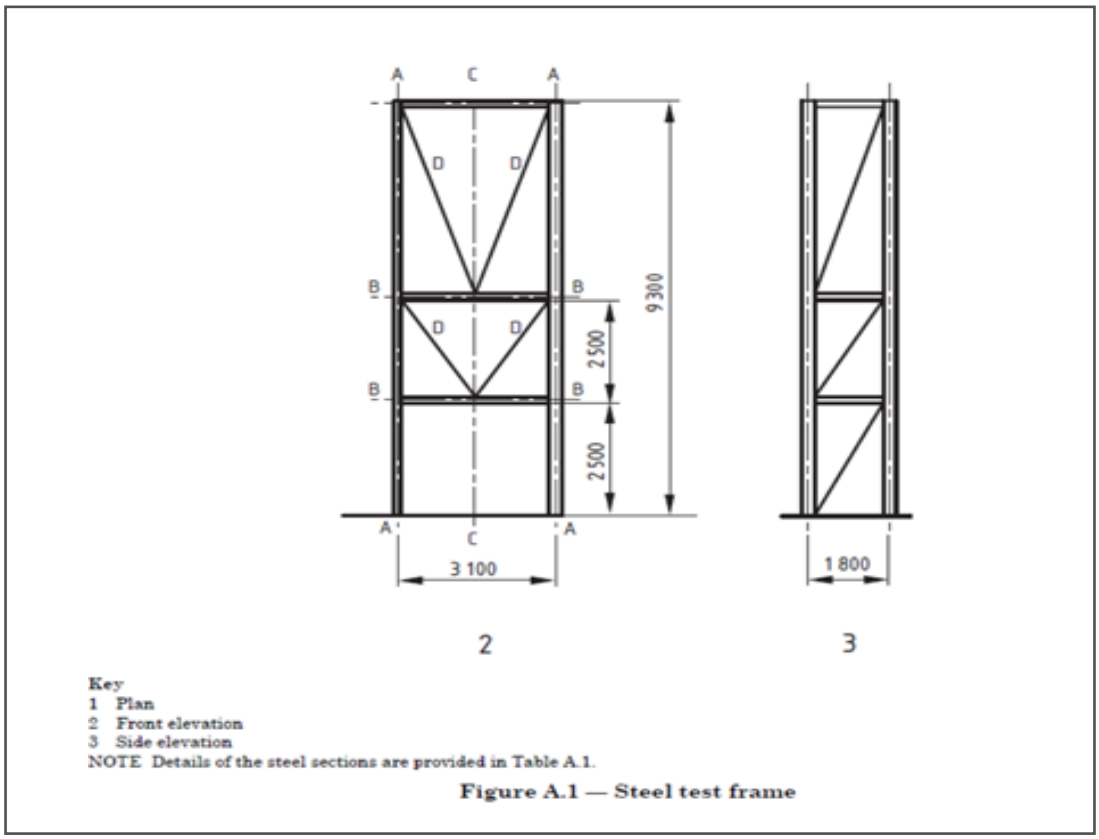


Figura 5.14. Procedimientos de ensayo según la norma BS 8414-2
Fuente: BS 8414-2

ma continua, con duración superior a 60 segundos, en la superficie interna de la probeta, en una altura igual o superior a 0,5 m por encima de la cámara de combustión, y en los 15 minutos posteriores al tiempo de inicio del ensayo (ts).

- Comportamiento mecánico. No se han establecido criterios de fallo para el comportamiento mecánico. Sin embargo, la combustión continua del sistema después de la extinción de la fuente de ignición se incluirá en los informes de ensayo y clasificación, junto con los detalles de cualquier colapso del sistema, desprendimiento, delaminación, llamas, goteo, etc. El comportamiento mecánico debe considerarse como parte de la evaluación general del riesgo asociado al

sistema ensayado.

B. Procedimiento de ensayo según la norma NFPA 285

NFPA 285: Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Loadbearing Wall Assemblies Containing Combustible Components.

La norma NFPA 285 especifica también un método para evaluar el comportamiento de los sistemas de revestimiento exterior no portantes cuando se aplican a la cara de un edificio. En este caso, las condiciones de exposición al fuego consideran un fuego externo y otro interno, activos simultáneamente durante el ensayo. La exposición al fuego se considera representativa de una fuente de incendio externa y de un incendio totalmente desarrollado en una habitación, ventilando a través de una abertura — tal como una ventana— y que expone el revestimiento a los efectos de llamas externas.

Para la evaluación de la propagación del fuego se considera:

- La capacidad del conjunto de fachada para resistir la propagación de la llama sobre la cara exterior de la pared.

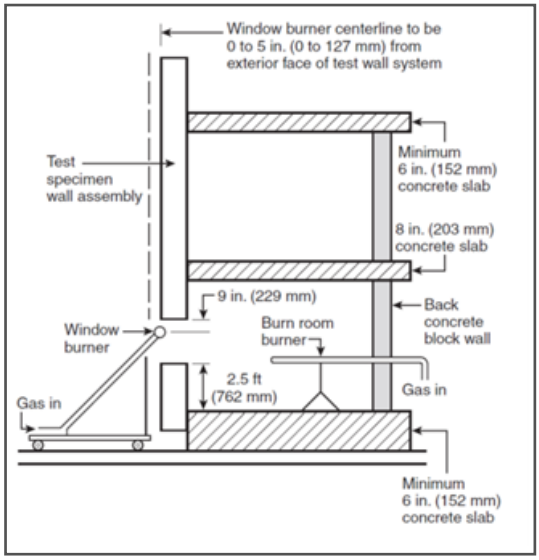


Figura 5.15. Procedimientos de ensayo según la norma NFPA 285 (vista lateral) Fuente: NFPA 285

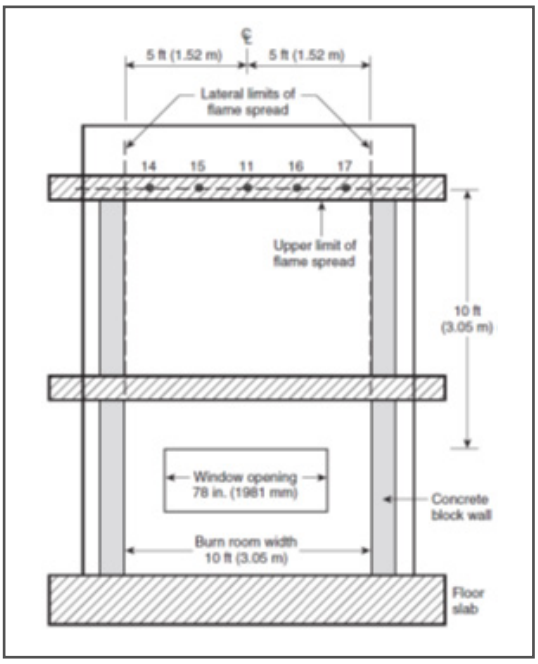


Figura 5.16. Procedimientos de ensayo según la norma NFPA 285 (vista frontal) Fuente: NFPA 285

- La capacidad del conjunto de fachada para resistir la propagación vertical de la llama y de un piso a otro.
- La capacidad del conjunto de fachada para resistir la propagación vertical de la llama por la superficie interior de la pared y de un piso a otro.
- La capacidad del conjunto de pared para resistir la propagación horizontal desde la zona de fuego a otras dependencias o espacios.

Las figuras siguientes ilustran el procedimiento de ensayo. El fuego se simula con quemadores normalizados, situados uno en el interior del recinto de ensayo inferior y otro en el exterior, a la altura de la ventana, tal como se puede apreciar en las figuras siguientes.

El quemador exterior genera una llama de hasta 400 kW de potencia, mientras que la potencia del quemador interior es de hasta 900 kW. El combustible empleado en este caso es gas natural. Se instalan termopares en la fachada y en el recinto superior, en las zonas previstas por la norma, con el fin de permitir verificar la propagación del fuego.

En cuanto a los criterios de clasificación, se considera:

Propagación de la llama por el exterior

Se considera que se produce propagación de la llama si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Presencia de llamas por encima de 3,05 m.
- Presencia de llamas laterales más allá de 1,52 m de la línea central.
- Dependiendo de la zona de medida, se considera fallo por propagación de llama si la temperatura supera en 417 ºC la temperatura inicial o los 538 ºC.

Recinto superior

- La temperatura en el interior del recinto superior no debe superar los 278 ºC respecto a la temperatura ambiente inicial.
- No se permiten llamas.

Espacios adyacentes

- No se permiten llamas más allá de la intersección entre la fachada y las paredes laterales del equipo de ensayo.

5.5.3. Proyecto de armonización europea

A. Resumen del proyecto

El objetivo principal del proyecto es proporcionar a los reguladores de los Estados miembros un medio para regular el comportamiento al fuego de los sistemas de fachadas sobre la base de un enfoque europeo acordado, siendo la parte más difícil e importante de la tarea la definición de un sistema de clasificación que, considerando las regulaciones nacionales y el requisito de cumplir con el Reglamento de Productos de Construcción (CPR por sus siglas en inglés), sea aceptable para todos los Estados miembros.

El sistema de clasificación deberá ser transparente, ajustarse al marco de las reglamentaciones nacionales existentes y ser lo más simple posible, es decir, utilizar la cantidad mínima de clases requeridas para permitir a los Estados miembros mantener de forma efectiva sus niveles de seguridad requeridos.

También se ha determinado que el método de evaluación debe ser aplicable a una gama lo más amplia posible de sistemas de fachadas disponibles en el mercado, incluidas fachadas acristaladas, fachadas ecológicas (verdes) y otras tecnologías emergentes. El estudio previo prevé un "ámbito de aplicación" que cubre los siguientes elementos: paredes, fachadas y sistemas de revestimiento soportados por la estructura, como por ejemplo: Exterior Thermal Insulation Composite Systems (EIFS, ETIC or synthetic stucco), metal composite material cladding systems (MCM), high□pressure laminate facade and cladding systems, Structural Insulation Panel Systems (SIPS), insulated sandwich panel systems, rainscreen cladding or ventilated facades, Weather□ resistive barriers (WRB), wooden facades, external walls, etc.

En el estudio se han considerado trabajos previos realizados en EOTA y EGOLF, así como reglamentos y métodos de ensayo usados actualmente en Europa, con el objeto de recopilar datos y experiencia sobre las normativas nacionales vigentes y las metodologías de prueba empleadas en Europa para permitir desarrollar el esquema inicial de ensayo y clasificación.

Adicionalmente y pendiente de desarrollo en un futuro está la consideración de los kits de fachada, interacción con la estructura del edificio (ventanas, ventilaciones), aplicaciones directas y extendidas a partir de una configuración de ensayo, distintos escenarios de incendio, etc.

Se espera que las conclusiones del proyecto permitan a los organismos reguladores revisar los requisitos para garantizar los niveles de seguridad necesarios. Asimismo, ha de permitir a la industria clarificar y entender los métodos de ensayo y clasificación propuestos para los sistemas de fachada.

B. Propuesta de método de ensayo europeo

A continuación, se describen los puntos principales del método propuesto:

- Escenario de fuego: dos escenarios de incendios, tomando como modelo lo indicado en BS 8414 y DIN 4102-20, representan una salida de incendios a través de una abertura de una habitación con un fuego completamente desarrollado.
- Dimensiones mínimas: para la exposición a fuegos medianos, una fachada de 3,5 x 7 m, con un ala de 1,5 x 7 m. Para la exposición a fuegos mayores, una fachada de 3,5 x 8 m, con un ala de 1,5 x 8 m.
- Combustible y cámara de combustión: hogares a base de listones de forma similar a BS 8414 y DIN 4102-20.
- Apertura secundaria: una abertura

secundaria para evaluar la estructura y el comportamiento del sistema de fachada alrededor de las aberturas. Esto es especialmente importante para los sistemas de fachada ventilada.
- Junta entre fachada y forjado: para fachadas conectadas al forjado del edificio se prevé que dicha unión esté presente en el ensayo.
- Propagación lateral: se verificará mediante termopares.
- Tiempo de ensayo: 30 minutos, con 30 minutos adicionales de observación posterior.

Criterios de clasificación:

- Propagación por el exterior y por el interior, en dirección vertical y horizontal.
- Desprendimiento de materiales, caída de restos inflamados y goteo.
- Unión entre fachada y suelos, si está presente, se verificará mediante termopares.
- Una clasificación en clase LS1 también cubre las clases LS2, LS3 y LS4.
- Una clasificación en clase LS2 también cubre la clase LS4.

Exposición al fuego	Clasificación	Requisitos de clasificación
Exposición a gran escala	LS1	Cumplir requerimientos de propagación de llama y caída de materiales
	LS2	Cumplir requerimientos de propagación de llama, pero no de caída de materiales
Exposición a media escala	LS3	Cumplir requerimientos de propagación de llama y caída de materiales
	LS4	Cumplir requerimientos de propagación de llama, pero no de caída de materiales

Tabla 5.4. Clasificación propuesta en el estudio
Fuente: A. Diego y J. Mirabent

- Una clasificación en clase LS3 también cubre la clase LS4.

5.5.4. Experiencia de los ensayos post-grenfell

Tras el incendio de la Torre Grenfell de Londres, el verano de 2017, el gobierno del Reino Unido inició un programa de acciones que incluía la identificación de edificios de la misma tipología, ensayos de combustibilidad de los paneles de revestimiento instalados, recomendación de medidas temporales de seguridad o visitas de los bomberos a edificios de gran altura. También una serie de siete ensayos a gran escala en el laboratorio inglés BRE de acuerdo con la norma británica BS 8414-1, con el propósito de analizar variantes de la tipología constructiva de fachada instalada en Grenfell: esto es, una fachada ventilada con aislamiento en cámara y revestimiento exterior de paneles composite de aluminio

Revestimiento ACM	Aislamiento en cámara	Resultados
Núcleo de 3 mm de PE* (sin retardante al fuego)	Panel de espuma PIR** (100 mm)	KO (8 minutos)
	Panel de lana de roca (180 mm)	KO (7 minutos)
Núcleo de 3 mm de PE (con retardante al fuego)	Panel de espuma PIR (100 mm)	KO (25 minutos)
	Panel de espuma fenólica (100 mm)	KO (28 minutos)
	Panel de lana de roca (180 mm)	OK
Núcleo de clase A2 (prácticamente incombustible)	Panel de espuma PIR (100 mm)	OK
	Panel de lana de roca (180 mm)	OK
* PE: polietileno ** PIR: poliisocianurato		

Tabla 5.5. Ensayos de investigación post-Grenfell a gran escala
Fuente: Informe BRE. https://www.bre.co.uk/

(ACM: típicamente, pieles de aluminio de 0,5 mm de espesor y núcleo de entre 2 y 6 mm de espesor).

Las muestras ensayadas presentan 8 m de altura, con un ala ancha de 2,6 m (donde se ubica la cámara de combustión que simula la ventana por la que se emite el incendio post-flashover) y otra ala de 1,5 m para analizar el efecto de la esquina.

En todos los sistemas se instalaron, en la cámara ventilada, barreras cortafuegos a la altura de cada forjado. También franjas verticales de material incombustible. Se verá más adelante la relevancia de estas medidas de protección pasiva en el resultado de los ensayos. En la siguiente tabla se resumen los siete sistemas ensayados y los resultados obtenidos (Grenfell se asemejaría al primer caso).

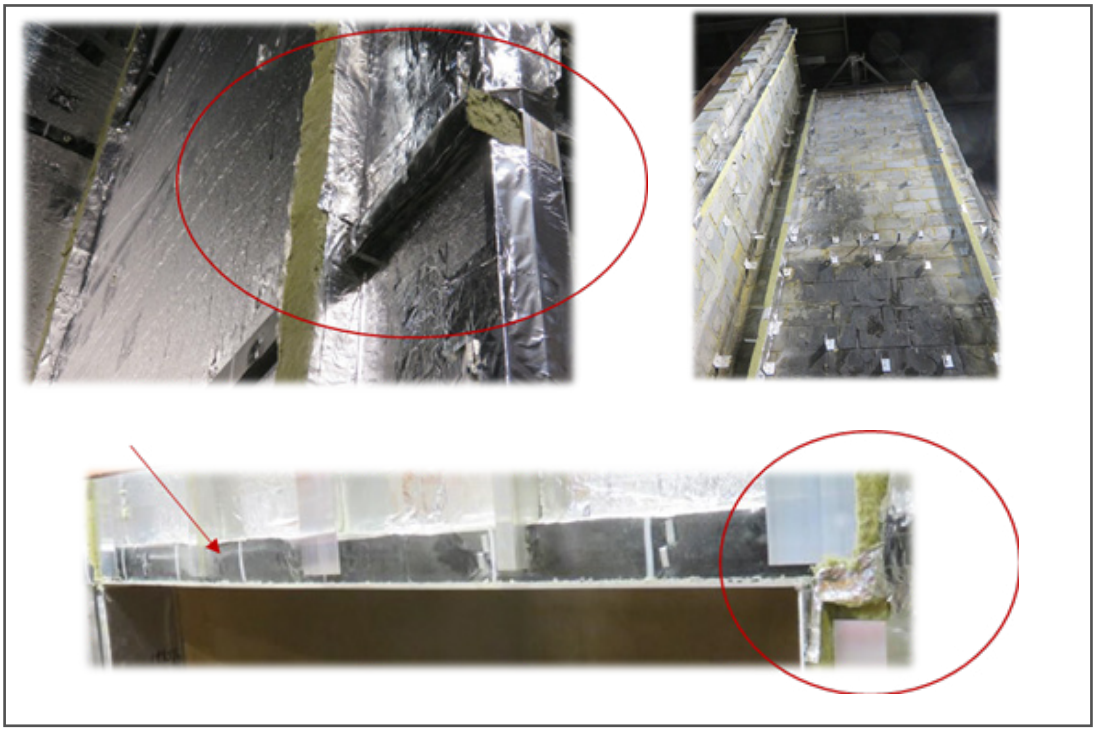


Figura 5.17. Detalles de la muestra con aislamiento PIR y ACM de núcleo mineral
Fuente: Informes BRE. https://www.bre.co.uk/

Lo que se ve a primera vista es que parece tener mayor influencia el panel de revestimiento (a pesar de tener un núcleo de tan solo 3 mm) que el aislamiento. Los dos primeros casos (ACM con núcleo de polietileno sin tratar) fallan a los 7-8 minutos. Del siguiente paquete de tres ensayos (polietileno tratado con retardante al fuego), las soluciones tardan casi media hora en fallar si llevan aislamiento combustible en cámara, mientras que no se produce fallo con aislamiento incombustible. Y el tercer paquete (ACM con núcleo mineral), fue exitoso independientemente del aislamiento instalado en cámara.

Veamos a continuación por qué en esta serie de ensayos el revestimiento ACM ha tenido tanta influencia, tomando como ejemplo el que tal vez sea el resultado más sorprendente: la probeta con aislamiento PIR y ACM de núcleo mineral (penúltima en la tabla).

Arriba se indicaba la importancia que habían tenido en los resultados las barreras cortafuegos instaladas en la cámara de aire. En la Figura 5.17 se observa la ejecución de las barreras horizontales (lana de roca de dimensiones algo superiores al espesor del aislamiento, complementadas con una lámina de material intumescente que permite la ventilación en la cámara en situación normal a través del hueco que deja, pero que se expande bajo la acción térmica del fuego para sellar ese hueco). Se observan también las franjas verticales continuas de lana de roca, a tope contra el revestimiento ACM exterior. De este modo, se logra una compartimentación, o sectorización, de la cámara de aire.

En la fotografía de arriba a la derecha, pueden observarse las huellas de las llamas en el muro exterior, una vez retirado el sistema de fachada ventilada tras el ensayo. En el tramo inmediatamente superior a la ventana de origen, el aislamiento PIR ha ardido. En el siguiente tramo —por encima de la siguiente barrera¬ cortafuegos— aún se ven algunas trazas, pero el aislamiento no llegó a quemar totalmente. Y ahí se detuvo. Los medios de protección pasiva lograron frenar el incendio en la cámara, confinándolo entre las barreras (cabe señalar que la estrategia de compartimentación de la cámara se ejecutó con barreras muy próximas las unas a las otras, de ahí probablemente su éxito). Al ser el revestimiento ACM incombustible, en el caso comentado, el incendio tampoco se transmitió a través del mismo. Contrariamente, en las soluciones de revestimiento con núcleo PE, no importa que se haya dispuesto una compartimentación ejemplar en cámara porque el fuego discurrirá por el composite, utilizándolo de puente.

De lo anterior se extrae una orientación de cuáles podrían ser las medidas de protección pasiva efectivas para atajar el riesgo de la propagación por cámara ventilada: una compartimentación de dicha cámara instalada de manera ejemplar. Sin embargo, cabe señalar que los resultados anteriores se deben tomar con cautela. Se trata

LEPIR 2 (Francia)

SP Fire 105 (Suecia)

Figura 5.18. Ejemplos de métodos de ensayo a gran escala
Fuente: LEPIR 2, SPFIRE 105

de pruebas en laboratorio, donde la ejecución de la solución constructiva y de las medidas de protección alcanza niveles de calidad inimaginables en obra. La ejecución es una parte crucial de la seguridad contra incendios; a pesar de disponer de productos y sistemas bien diseñados, ensayados y evaluados, una correcta instalación hará que todo ese esfuerzo y tecnología sirva de algo o de nada.

Por último, además de la mencionada serie de siete ensayos, el laboratorio británico BRE ha hecho pública la lista de soluciones ensayadas de acuerdo a la BS 8414 y clasificadas satisfactoriamente de acuerdo al BR 135. Estos sistemas se pueden encontrar en la web del BRE: www.bre.co.uk/regulatory-testing.

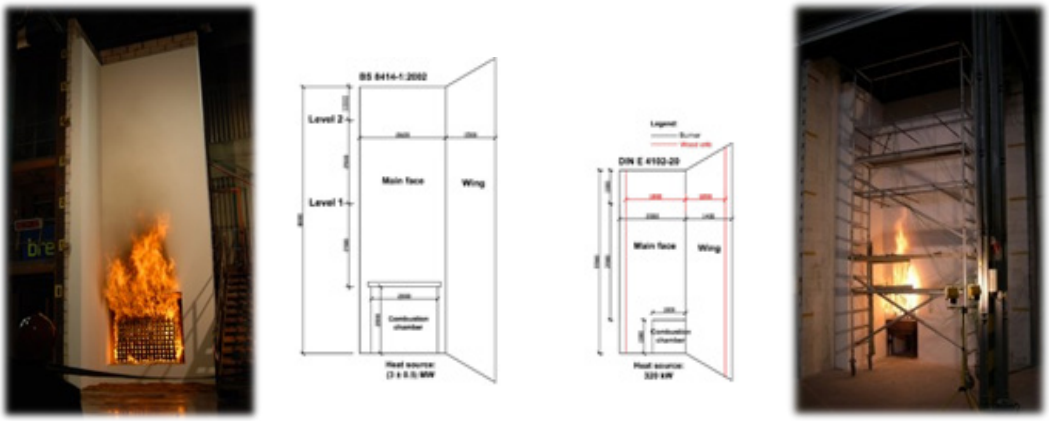
En la tabla publicada aparece la información general de los componentes y sistemas ensayados. Para la obtención de una información más detallada que permitiera instalar los sistemas recogidos, se debería consultar con la empresa responsable, ya que una prestación adecuada se logrará únicamente con el debido diseño, materiales, puesta en obra y mantenimiento.

5.5.5. Valoración de los ensayos a gran escala en el ámbito de fachada

Dando por válido que el fenómeno del incendio no es escalable por su complejidad, es necesario, pues, aproximar los ensayos a los diferentes escenarios de fuego real. Se ha visto que los diferentes procedimientos de ensayo a gran escala tienen una serie de diferencias en su metodología que los hacen poco comparables los unos a los otros (ver ejemplos en la Figura 5.18).

Algunos consideran el fuego saliendo del interior a través de una ventana, otros impactando desde fuera (simulando un contenedor en llamas). Las dimensiones de las muestras ensayadas varían notablemente: de 6 a casi 10 m de altura, con anchuras de 2 a 5 m. Además, algunos métodos prevén la disposición de un ala que forma una esquina, geometría que tiende a promover la propagación, ya que por un lado el fuego impacta sobre el material instalado en ángulo y por otro se produce una canalización ascendente del flujo de calor.

Difiere asimismo la carga de fuego y las características de la cámara de combustión (reproduciendo diferentes intensidades de incendio). Hay casos en que se consideran aberturas secundarias para analizar qué sucede en los detalles cons-



BS 8414-1 (Reino Unido) DIN 4102-20 (Alemania)

Figura 5.19. Ejemplos de métodos de ensayo a gran escala
Fuente: BS 8414-1, DIN 4102-20

tructivos alrededor de una ventana. Por último, se observan también diferencias en los criterios de medición, así como en los parámetros de evaluación de los resultados.

Las particularidades de los métodos de ensayo a gran escala difieren. Tampoco habrá dos incendios iguales. Pero, en general, los métodos a gran escala se preocupan de determinar la propagación de la llama, tanto vertical como horizontal, a través de una solución constructiva real y en condiciones representativas. También determinan posibles desprendimientos y caída de material incandescente. Estaremos de acuerdo en que los beneficios en relación con la reacción al fuego, en cuanto a la capacidad de análisis del riesgo que nos ocupa, son notables.

En algunos casos, la única manera fiable de demostrar que el comportamiento del sistema en situación de incendio es satisfactorio es mediante un ensayo a gran escala.

Por lo tanto, en algunos casos particulares, la única manera de demostrar de manera fiable que el comportamiento del sistema en situación de incendio es satisfactorio es mediante un ensayo a gran escala. En ese sentido, hasta que esté disponible el método europeo armonizado, se debería contemplar la posibilidad de aceptar los resultados obtenidos de acuerdo con cualquiera de los métodos referidos, debidamente validados, interpretados y evaluados por un organismo experto con capacidad para ello, que establezca además el campo de aplicación (variaciones permitidas respecto a la muestra ensayada para las cuales la prestación obtenida sigue siendo válida).

Por último, también cabe señalar la importancia que pueden tener estos ensayos a gran escala en el desarrollo de la ingeniería de incendios. Para avanzar en la precisión y fiabilidad de los métodos de modelado y simulación computacional, es imprescindible recabar datos experimentales en condiciones representativas de la realidad. Si no se acumula una cierta experiencia y datos reales de ensayos, careceremos de la información necesaria para contrastar las predicciones de la simulación y, por lo tanto, para ajustar el software y validar el modelo de cálculo.

5.6. Conclusiones del capítulo

Crecen las evidencias de que, mediante el uso —únicamente— de las características regulatorias de reacción y resistencia al fuego no se logra gestionar adecuadamente el riesgo de la propagación de un incendio por fachada. En consecuencia, el enfoque se debería completar añadiendo en las reglamentaciones, cuando sea necesario, el uso de la característica de propagación del fuego.

La evaluación de la propagación del fuego por fachada se basa en los ensayos a escala 1:1 (en cuanto a dimen-

siones y carga de fuego), ya que las metodologías de ensayo para la reacción y resistencia al fuego no están diseñadas para reproducir el escenario ni valorar el riesgo específico en el desarrollo de un incendio por fachada. Esto no significa que la evaluación de la propagación del fuego requiera siempre de dicho ensayo 1:1, sino que también pueden establecerse criterios o limitaciones de diseño, así como requisitos de protección (principalmente) pasiva; eso sí, considerando la perspectiva de la propagación como complemento de la reacción y resistencia al fuego. Tanto la necesidad de realizar el ensayo a escala 1:1, como el establecimiento de criterios de diseño o requisitos de protección, debe ir siempre vinculada a la tipología, altura y uso del edificio.

En ausencia, por el momento, de un método de ensayo a escala 1:1 armonizado a nivel europeo, se recomienda el uso de la BS 8414 o la DIN 4102-20, que son los métodos más comúnmente utilizados y previsiblemente la base para el método europeo armonizado.

5.7. Bibliografía y otras referencias

- Hackitt, D. J. Independent Review of Building Regulations and Fire Safety – Final Report. Secretary of State for Housing, Communities and Local Government by Command of Her Majesty, Reino Unido, mayo de 2018.
- Development of a European approach to assess the fire performance of facades. Draft Final Report 10.11.2017 – CEN/TC 127 N 3050 – European Commission
- Informes de ensayo de investigación post-Grenfell:
  - BRE B137611-1037 (DCLG test 1)
  - BRE B137611-1037 (DCLG test 2)
  - BRE B137611-1037 (DCLG test 3)
  - BRE B137611-1037 (DCLG test 4)
  - BRE B137611-1037 (DCLG test 5)
  - BRE B137611-1037 (DCLG test 6)
  - BRE B137611-1037 (DCLG test 7)
- Fire safety of multi-storey building facades. Belgian Building Research Institute, 2017.
- Instruction Technique nº 249 relative aux façades. Ministère de l'intérieur, de l'outre-mer et des collectivités territoriales, Francia, 24.05.2010
- Normas de ensayo: La normativa de ensayo (europea, nacional e internacional) utilizada para el análisis de metodología expuesto en este capítulo se encuentra referenciada en el propio cuerpo del capítulo.
- Código Técnico de la Edificación – Documento Básico de Seguridad contra Incendios. Ministerio de Fomento.

MEDIDAS ADICIONALES EN SEGURIDAD E HIGIENE ASOCIADAS A LAS OBRAS

06

Jesús Fernández
Tresat Coordinadores de Seguridad, S.L.P.

En este capítulo se presenta un resumen de un estudio sobre las aplicaciones en fachada en base a la reacción al fuego de estas por lo que respecta a la materia de seguridad y salud en la construcción. Este resumen ha sido elaborado por el mismo autor con el fin de complementar el estudio en el apartado de los riesgos existentes en la fase de obra.

Abarca las evaluaciones, medidas de prevención, riesgos y acciones a considerar para la aplicación de un aislante respecto a otro, y está dirigido a especificar las medidas necesarias a emplear o distinguir ante la colocación de un producto respecto a otro.

Ha sido extractado del estudio de investigación elaborado por la compañía Tresat Coordinadores de Seguridad, S.L.P. (en adelante Tresat), de la cuál forman parte el redactor de este capítulo. El título del informe de investigación es: “Análisis de documentación en materia de seguridad y salud sobre sistemas de aislamiento en fachadas”.

Fue realizado por un equipo de dos arquitectos técnicos y un ingeniero industrial. Los tres técnicos están especializados en la coordinación de seguridad en obra y cuentan con más de 20 años de experiencia que avalan el contenido con hechos y las obras ejecutadas en las cuales han intervenido.

En concreto, la investigación consiste en analizar la documentación de proyecto y obra relacionada con la seguridad para dar a conocer al cliente qué datos e informaciones utilizan los proyectistas y los departamentos de prevención de riesgos laborales sobre los mencionados sistemas de aislamiento.En el informe se analizan también los contenidos de programas informáticos existentes en el mercado cuya utilidad es la redacción de estudios y planes de seguridad y salud.

De esta manera, se tienen en cuenta los diferentes agentes implicados en la prevención de riesgos: proyectista (redactor del estudio de seguridad y salud del proyecto), contratista (redactor del plan de seguridad y salud de la obra y de los procedimientos de trabajo), dirección facultativa de obra (puede facilitar instrucciones durante la ejecución de la obra) y coordinador de seguridad de salud (aprueba el Plan de seguridad y solicita al contratista las actualizaciones del mismo durante la ejecución de la obra).

Para realizar este trabajo Tresat se basa en obras reales y en documentación privada de sus intervenciones de coordinación de seguridad y salud. Entre esta documentación figuran estudios de seguridad y salud, planes de seguridad de obras y declaraciones y comunicados que en temas de seguridad informan los responsables para prevenir riesgos en obras de construcción.

Finalmente, el documento acaba con un cuadro sinóptico donde se resumen esas decisiones y se extraen conclusi-

ones técnicas que permiten hacer valoraciones y evaluar riesgos —no siempre tenidos en cuenta— inherentes en obra con respecto a los productos comparados.

6.1. Metodologia utilizada

Basándose en la experiencia de más de 15 años en obras, se ha revisado la hemeroteca de la empresa para poder escoger cuatro obras tipo donde existe una fachada con revestimientos aislantes.

De un total de 175 obras consultadas, Tresat ha seleccionado cuatro para ilustrar el contenido y conclusiones del presente informe.

Cada obra es representada por un estudio de seguridad y salud (ESS) o por un plan de seguridad y salud (PSS). Dentro de estos documentos se intenta localizar la partida unitaria que corresponde a la implantación de un revestimiento aislante. En caso de que el documento no incluya una partida específica, se intentan localizar los apartados que incluyan evaluaciones de riesgos y las medidas preventivas a adoptar en la realización de los trabajos.

Se dan muchos casos en los que las partidas son genéricas y no definen el tipo de aislamiento a aplicar, de manera que en el presente informe se ha decidido simplificar utilizando la denominación "implantación de aislante" para todos los proyectos consultados. Tras la búsqueda de la partida de referencia, se ha buscado en los documentos del proyecto y de obra los riesgos inherentes en la ejecución de los trabajos. Los resultados obtenidos se incluyen en el cuadro de datos para establecer una comparativa y conseguir extraer una conclusión firme y veraz.

6.2. Recursos utilizados

Guías y manuales

Se consulta la biblioteca de Tresat, en la que se dispone de diferentes guías de prevención de riesgos en obras y libros de evaluación de riesgos de mutuas y servicios de prevención (Fremap, Servei Prevenció Gaudí, Mutua Universal).

Programas informáticos

Parte no representada en una obra, pero primordial para redactar el proyecto y el plan de seguridad. Se consultan los programas informáticos Urbicad, ITEC, COAC y CERTUM.

Recursos en Internet

Páginas de referencia para la consulta: Generalitat de Catalunya, Osalan, Ministerio de Industria y Ministerio de Trabajo, Mutua Cyclops (ver glosario de direcciones en la sección de bibliografía consultada).

Documentación oficial de obra (básica)

- Estudio de seguridad y salud propuesto por el proyectista de la obra.
- Plan de seguridad y salud propuesto por el contratista de la obra.

- Tresat Coordinadores de Seguridad, S.L.P. – CIF B62440110

6.3. Documentación básica

En la sección 6.2 se presenta de forma breve los documentos básicos para la gestión de una obra en materia de seguridad. El cuadro siguiente muestra el ciclo de los dos documentos básicos para la realización de un proyecto: **ESS+PSS**.

La documentación básica que Tresat ha considerado es la imprescindible para tramitar un proyecto, desde la idea inicial hasta su final de ejecución.

El análisis debía contener todos y cada uno de los documentos oficiales que se generan para poder dar certeza y garantía de los resultados, ya que un documento elaborado en despacho de arquitectura o en una ingeniería no suple el documento generado por una empresa constructora o por un departamento de prevención.

Tresat ha considerado la siguiente documentación como básica para extraer conjeturas:

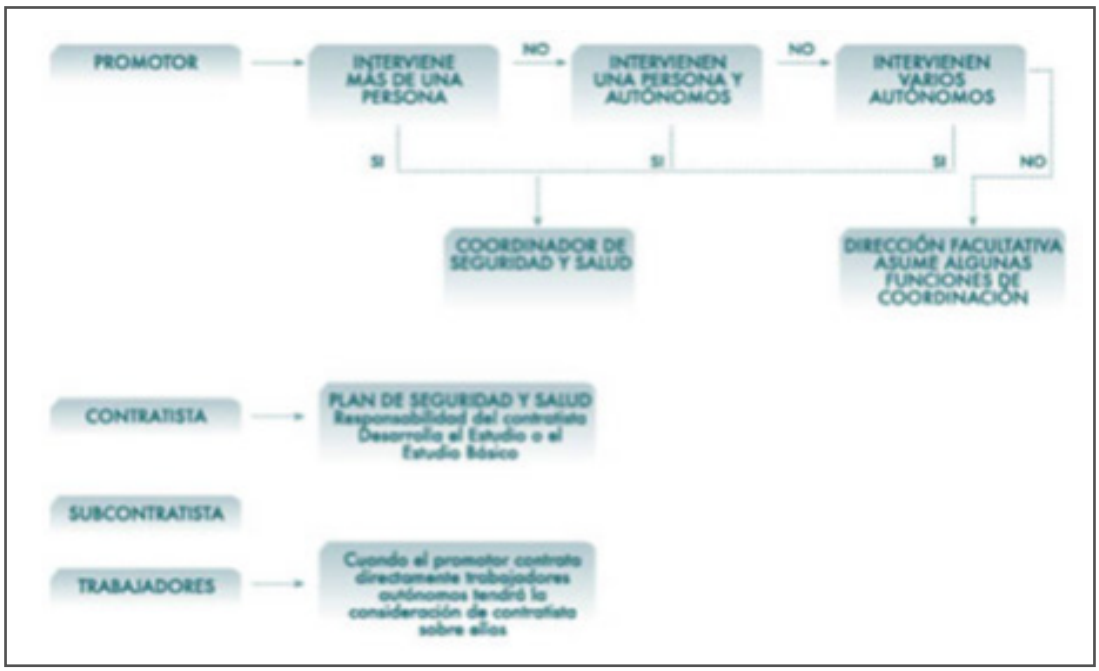


Figura 6.1. Ciclo de los dos documentos básicos para la realización de un proyecto

1. Estudio de seguridad y salud (en adelante ESS) o estudio básico de seguridad y salud (en adelante EBSS).
2. Plan de seguridad y salud (en adelante PSS).
3. Programas informáticos de proyección (en adelante PROG).

6.3.1. Estudio de seguridad y salud

El estudio de seguridad y salud es un documento emitido por el coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra (también podrá encargarse su elaboración a terceras personas, pero siempre bajo la responsabilidad del coordinador), y que contiene, como mínimo, los siguientes documentos:

a. Memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. Asimismo, incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

   En la elaboración de la memoria deberán tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realice la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos.

b. Pliego de condiciones particulares en el que se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra en cuestión, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

c. Planos en los que se desarrollarán los gráficos y esquemas necesarios para la mejor definición y comprensión de las medidas preventivas definidas en la Memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias.

d. Mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.

e. Presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del ESS. Dicho estudio deberá formar parte del proyecto de obra, ser coherente con el contenido del mismo

y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleve la realización de la obra. El presupuesto para la aplicación y ejecución del ESS deberá cuantificar el conjunto de gastos previstos, tanto por lo que se refiere a la suma total como a la valoración unitaria de elementos. Solo podrán figurar partidas alzadas en los casos de elementos u operaciones de difícil previsión. Las mediciones, calidades y valoración recogidas en el presupuesto del ESS podrán ser modificadas o sustituidas por alternativas propuestas por el contratista en el plan de seguridad y salud, previa justificación técnica debidamente motivada, siempre que ello no suponga una disminución del importe total ni de los niveles de protección contenidos en el estudio. A estos efectos, el presupuesto del ESS deberá ir anexo al presupuesto general de la obra como un capítulo más del mismo.

No se incluirán en el presupuesto del ESS los costes exigidos por la correcta ejecución profesional de los trabajos, conforme a las normas reglamentarias en vigor y los criterios técnicos generalmente admitidos, emanados de organismos especializados.

En todo caso, en el ESS se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día —en las debidas condiciones de seguridad y salud— los previsibles trabajos posteriores.

6.3.2. Plan de seguridad y salud

El plan de seguridad y salud (en adelante PSS) es un documento en el cual el contratista identifica, planifica, organiza y controla, tanto cada una de las actividades a realizar desde el punto de vista preventivo, como los procedimientos de trabajo a aplicar para ello, así como los riesgos derivados de las actividades a realizar y las medidas preventivas a adoptar en cada caso para la eliminación o control de los mismos. Es, por tanto, el documento que permite a los empresarios que intervienen en una obra (contratistas y subcontratistas) la gestión del conjunto de sus actuaciones en la obra en las que, junto con los aspectos productivos, se integran los preventivos.

El artículo 7 del R. D. 1627/97 indica que: “En aplicación del estudio de seguridad y salud o, en su caso, del estudio básico, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico. En el caso de planes de seguridad y salud elaborados en aplicación del estudio de seguridad y salud las propuestas de medidas alternativas de prevención incluirán la

valoración económica de las mismas, que no podrá implicar disminución del importe total, de acuerdo con el segundo párrafo del apartado 4 del artículo 5".

Por tanto, el punto de partida para la redacción del PSS es el ESS o el estudio básico (EBSS). El contratista tendrá que adaptar las previsiones incluidas en el ESS/EBSS a su propio sistema de ejecución de la obra (a partir de ahora, sea ESS o EBSS, nos referiremos como ESS). Para ello, debemos tener claro que el ESS debe ser elaborado adecuadamente, con un contenido y concreción acorde con la obra, siendo confeccionado conjuntamente con el proyecto de obra.

Si el ESS es importante para una adecuada elaboración del PSS, el proyecto de ejecución de obra es clave. Recordemos que el art. 8 del R. D. 1627/97, nos dice que de conformidad con la LPRL, los principios de seguridad y salud previstos en el artículo 15 (principios de acción preventiva), deberán ser tomados en consideración por el proyectista de la obra en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra, tomando las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos, que se desarrollen simultáneamente y estimando la duración requerida para la ejecución de estos trabajos; esto es, que durante la elaboración del proyecto muchos de los riesgos que puedan presentarse durante la ejecución de la obra deben ser eliminados o minimizados.

6.3.3. Programas

Los programas de estudios y gestiones de obra generan, mediante una selección sencilla de datos, una documentación completa y consistente del ESS de obras de edificación de nueva planta (memoria, pliego de condiciones, anejos□fichas, mediciones y presupuesto).

Durante el proceso de estudio y análisis del proyecto, el programa permite la selección de los diferentes procedimientos de trabajo específicos para cada una de las unidades de obra, obteniendo de forma automática las medidas preventivas, los sistemas de protección colectiva y los equipos de protección individual más adecuados, en función de las características particulares de nuestra obra, poniendo especial énfasis, en aquellas actividades cuyos riesgos suelen generar accidentes más graves.

La finalidad de un programa es servir de herramienta de ayuda para la elaboración de un estudio de seguridad y salud, riguroso, personalizado y adaptado a la normativa vigente para una obra concreta, evitando los contenidos formalistas que pretenden servir para cualquier obra, al margen de sus peculiaridades.

En el ESS que genera un programa informático se definen las medidas encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores. Difícilmente perso-

naliza la obra o informa de problemas, puntos críticos o consejos para ejecutar el diagrama de Gantt. En su sencillez radica la elaboración de los ESS para cualquier proyectista sin conocimientos de riesgo alguno.

6.4. Justificación del riesgo

6.4.1. Clasificación del material

Durante los servicios de coordinador de seguridad en fase de proyecto y ejecución se consideran regularmente los materiales designados a crear el proyecto por parte de esta figura.

El coordinador deber referenciar en fase de proyecto aquellas variables que pueden entrañar riesgos a pie de obra, ya sea en su colocación, acopio o instalación perpetua.

En estos casos, al trabajar en fachadas con la partida de aislamiento, el coordinador señala en su informe la clasificación del material para dar objetividad al proyectista sobre el riesgo de fuego o aumento de carga de fuego en el proyecto.

La clasificación del material en la escala de las Euroclases es la primera variable que permite al técnico deducir el incremento de riesgo según el comportamiento testado del producto acorde a la normativa.

Durante el periodo de obra el coordinador de seguridad toma las medidas necesarias para poder contener los materiales con alta inflamabilidad lejos de operarios y otros equipos de trabajo.

En obra es común detectar tarde la clasificación ya que durante el periodo del análisis del proyecto se toman los patrones de rentabilidad térmica y las ventajas propias del elemento y no se puntúa negativamente o devaluando la opción del producto según su nivel de comportamiento al fuego.

6.4.2. Evaluación de riesgos

Periodo en fase de proyecto

El proyectista dentro del patrón de análisis del riesgo deberá incluir el factor de minimización del riesgo acorde al decálogo profesional de su actuación.

El análisis deriva a tener en cuenta su Euroclase al fuego, para la comunicación en el proyecto sobre el riesgo de incendio al incluir uno u otro material de aislamiento en la fachada.

Si tras su consideración el riesgo no es eliminable, la siguiente actuación consiste en redactar en el ESS el riesgo durante la ejecución.

Así pues, un proyectista deberá rescatar en proyecto el riesgo sobre el factor de incendios tanto en el redactado del proyecto como en el ESS.

- Aislamiento clasificación A1: se analizan solo los puntos de almacenaje.
- Aislamiento B o superior: se analizan zonas de acopio, detalle de encuentros y cantoneras, y verificación

de remates con ventanas para garantizar que ninguna llama alcanza el aislante.

Es necesario considerar los límites establecidos para su colocación ya que existen parámetros debido a sus riesgos si se trata de aislamientos combustibles.

Por ello, desde el punto de la prevención de riesgos, y caso de no cumplirse con la reglamentación, durante la redacción del proyecto se exigirá al proyectista que contemple el coste y la planificación de trabajos para la creación de barreras cortafuegos.

Es crucial la elección de un material con clasificaciones tolerables al fuego para no derivar en proyecto una incidencia en caso de la no existencia del coordinador de seguridad en fase de proyecto.

La decisión tomada por el proyectista puede derivar en un aumento de la carga de fuego en su arquitectura.

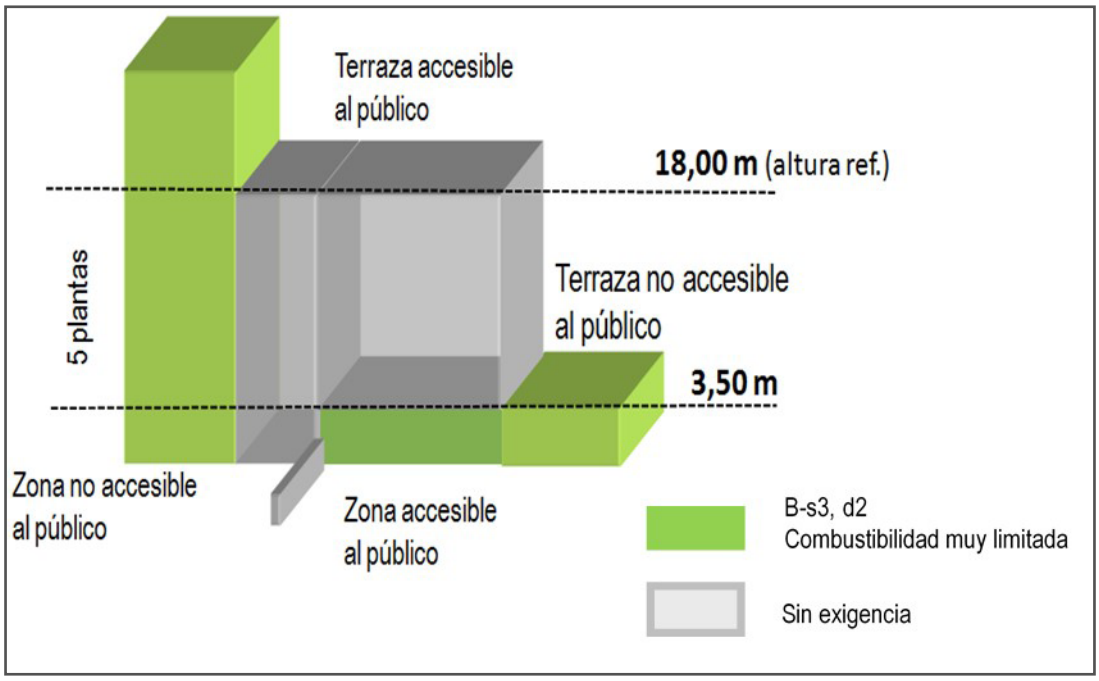


Figura 6.2. Exigencia en relación con la clase de reacción al fuego de los materiales de fachada
Fuente: CTE DB SI 2, apartado 1, cláusula 4

MEDIDAS ADICIONALES

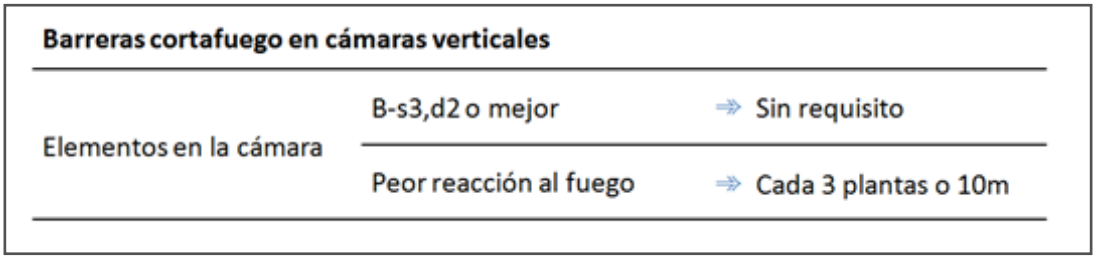


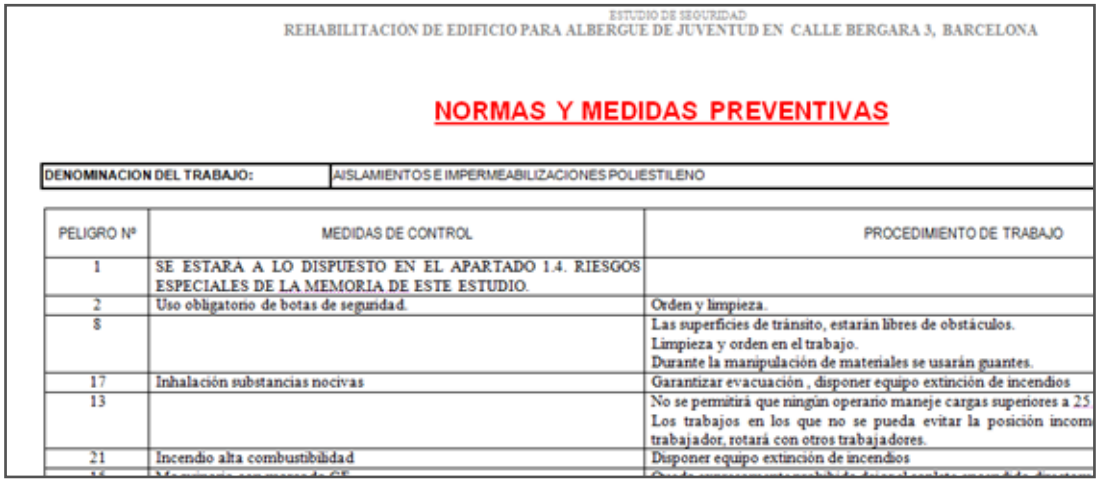
Figura 6.3. Exigencia en relación con las barreras cortafuego en cámaras verticales
Fuente: CTE DB SI 1, apartado 3, cláusula 2

Comporta aplicar en el ESS un riesgo real cuando según la elección de otros materiales ese riesgo queda eliminado.

Factores como la producción de gases tóxicos ante la combustión o la necesidad de integrar ante un incendio cierta logística en materia de extinción o evacuación, deberían comportar una partida extraordinaria con un coste mayor en el PSS.

Periodo fase de ejecución:

Según el R. D. 1627/97, el contratista ejecutará las medidas necesarias, llamadas medidas preventivas para minimizar los riesgos que no hayan sido eliminados en la fase de proyecto.


ESTUDIO DE SEGURIDAD
REHABILITACIÓN DE EDIFICIO PARA ALBERGUE DE JUVENTUD EN CALLE BERGARA 3, BARCELONA

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

DENOMINACION DEL TRABAJO:	AISLAMIENTOS E IMPERMEABILIZACIONES POLIESTILENO

PELIGRO Nº	MEDIDAS DE CONTROL	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
1	SE ESTARA A LO DISPUESTO EN EL APARTADO 1.4. RIESGOS ESPECIALES DE LA MEMORIA DE ESTE ESTUDIO.	
2	Uso obligatorio de botas de seguridad.	Orden y limpieza.
8		Las superficies de tránsito, estarán libres de obstáculos. Limpieza y orden en el trabajo. Durante la manipulación de materiales se usarán guantes.
17	Inhalación substancias nocivas	Garantizar evacuación , disponer equipo extinción de incendios
13		No se permitirá que ningún operario maneje cargas superiores a 25 Los trabajos en los que no se pueda evitar la posición incom trabajador, rotará con otros trabajadores.
21	Incendio alta combustibilidad	Disponer equipo extinción de incendios

Figura 6.4. Ejemplo de normas y medidas preventivas en un ESS
Fuente: Tresat

MEDIDAS ADICIONALES

A través del PSS emitirá las medidas correctoras necesarias para poder ejecutar sin exponer a nadie al riesgo declarado.

Aislamiento A1, se verifica el marcado CE y sus EPI acorde al montaje.

Aislamiento combustible, según evaluación de riesgos debe implementarse equipos de extinción y garantizar la evacuación de trabajadores.

Durante los trabajos de montaje, el aislamiento se encuentra expuesto a la llama, combustión en columna o incendio de chimenea.

Debido a que los recubrimientos no existen y al tiempo no se han creado todavía las barreras contraincendios (en caso de ser reglamentarias), tenemos a los trabajadores expuestos al riesgo de un incendio.

Se debe recordar que los riesgos existentes son “Material combustible con las consecuencias de propagación de la llama e inhalación de substancias toxicas”.

El contratista deberá concebir el material combustible como de “alta contribución al fuego”, por ello su departamento de prevención adoptará medidas preventivas acordes a mantener estable el material y alejado de proyecciones, calores y llamas según la Euroclase.

Esa marginación del material sobre los no combustibles no existe. Al tiempo, el contratista genera un aumento del riesgo en obra, mientras no exista el cierre como monocapa de la fachada.

Cabe recordar que durante los trabajos de ejecución de una obra el entorno se encuentra alterado en circunstancias que sin la obra no sucederían (sopletes, radial, oxicorte, instalaciones provisionales).

Ante la presencia de estos materiales se considera por parte de los servicios de prevención dar riesgo probable alto a la presencia de gases tóxicos con inhalación y otorgar la probabilidad media al factor riesgo de incendio.

La adecuación de las medidas preventivas aumenta.

Fase final de obra

Al realizar el libro de mantenimiento se hará hincapié sobre las revisiones de la fachada en caso de ser de monocapa para cerciorarse de que el aislante no se encuentra en contacto con el aire exterior.

La coordinación de seguridad incluye este dato en los finales de obra ya que el riesgo de incendio una vez implantado en fachada depende de su sellado y recubrimiento permanente.

Si las garantías de autoextinción en fachadas de un aislamiento combustible dependen de la eliminación de flujos de aire con efecto chimenea, debemos plantear la revisión de todo encuentro con aristas y ventanas que eviten la propagación de la llama, con el fin de garantizar su estanquidad.

Al tiempo, la colocación plantea la obligatoriedad de llanear con mortero toda

la pieza con lo que garantizar todas las planchas implica admitir y certificar por parte de la dirección de obra que todas se encuentran correctamente selladas en el perímetro.

En el caso de no combustibles el efecto Venturi o el efecto chimenea no se contemplan como riesgo de un incendio, así que su supervisión se basa únicamente en la adherencia y la inexistencia de puentes térmicos.

Riesgos adicionales en fase de rehabilitación

Cabe destacar que se añade un riesgo al realizar la intervención de fachada sobre edificios residenciales (o de otra índole) ya que se encuentran ocupados por usuarios. Estos no reciben formación alguna sobre cómo actuar en caso de incendio en su fachada mientras se rehabilita y, especialmente, desconocen el riesgo potencial al que se pueden encontrar expuestos.

Los riesgos anteriormente citados se agravan especialmente por efecto del almacenaje (normalmente aleatorio y disperso) de los aislamientos combustibles. El no disponer de espacio físico en suelo público en la mayoría de los casos, implica que el material se reparte por el andamiaje en pequeñas cantidades, y que, en la mayoría de los casos, cambian de ubicación en función de los ritmos de trabajo y consumos. Todo ello hace que la implantación de medidas preventivas sea prácticamente nula, y por ello una nula prevención ante cualquier escenario de generación de fuego (intencionado o sorpresivo).

No se puede obviar tampoco que, en la mayoría de los casos, el proceso de instalación de soluciones en fachadas aisladas térmicamente acostumbra a llevarse a cabo por grandes superficies, para irlas protegiendo con la solución de acabado final en una única sesión de trabajo. Todo ello aumenta el riesgo para el usuario del edificio (especialmente fuera de horarios de trabajo) pues no hay medidas de protección alguna mientras los aislamientos combustibles estén en la fachada de modo continuo y sin recubrir.

Asimismo, el riesgo inherente a la inhalación de humos (no solo de operarios, sino especialmente de los ocupantes) significa directamente asumir la toxicidad para toda aquella persona que le pueda afectar el volumen generado de humo negro, incluso vecinos de otros inmuebles.

La dosis, no cuantificada, representa un dato significativo ya que, ante la falta de datos, las evaluaciones en materia de seguridad obligan a tipificar el riesgo como el más grave posible.

6.5. Cuadro de análisis de la documentación

(Páginas siguientes)

CUESTIONES	ESTUDIOS DE SEGURIDAD	PROGRAMAS INFORMATICOS	PLANES DE SEGURIDAD
Se define los riesgos propios de ejecución de fachada aislante	Durante el análisis documental no hemos detectado argumento alguno que informe al contratista de tales riesgos.	No. El Programa que más define es ITEC y la partida que incluye es la de "aislamientos con placas".	No hay definición concreta. La mayoría ni tan solo distinguen la partida de "aislamiento", ya que queda incluida dentro de la de "fachadas" o "cerramientos".
Existe el material definido	Nunca, por definición., en los estudios se evalúan los riesgos de un solo material.	ITEC contempla el material como placa para distinguirlo del aislamiento amorfo. Los demás programas analizados no definen nada.	El Plan de seguridad redactado inicialmente por el contratista, no. Sí al solicitar un Anejo complementario de ese PSS. Este trámite depende de la dedicación y capacidad de persuasión del Coordinador de seguridad de la obra.
Comunica riesgos de combustión	No hay una declaración expresa en ninguno de los ESS consultados.	No comunica esa información.	En uno de los PSS consultados aparece indirectamente al constar en una ficha de producto (ver bibliografía).
Existe información sobre acciones a tomar contra el fuego	A modo general, sólo acciones ante incendios sin definir en concreto los producidos por materiales aislantes.	A modo general.	Sólo en los casos en que está incorporado en una ficha del fabricante.
Describen procedimiento de acopios	En los pliegos de condiciones a modo general.	No. Sólo incluyen textos estándar de almacenamiento de materiales en general	Localizado a modo de anejo, concretando modo amarre y altura máxima admisible.
Comunica procedimientos de trabajo	Los Estudios analizados sólo contemplan procedimientos generalizados de seguridad ante trabajos básicos, como hormigonado o albañilería. No existe definición de procedimientos ni riesgos no eliminados para la actividad de "aislamiento térmico fachadas".	Solo contemplan, a modo de texto incluido en las fichas de evaluación, actuaciones generalistas de seguridad.	Atendiendo al tipo de constructora existe alguna puntualización de procedimientos, dependiendo del tipo de obra. Ejemplo: Fachadas a 25 metros de altura
Describen riesgos por inhalación ante combustión del aislante	No. Únicamente hacen inciso en la protección por gases producidos en soldaduras y otros elementos tóxicos por combustión.	No. No hay comentario alguno sobre la toxicidad del gas emitido por la combustión del aislante.	En actuaciones de obra TRESAT ha considerado reforzar la ventilación o establecer mejoras para evitar inhalación toxico por incendios, de manera que se ha mejorando el Plan de seguridad redactado inicialmente por el contratista..
Informa de medidas propias a adoptar durante el corte de pieza	No. El estudio sólo informa del riesgo no eliminable en proyecto.	No. No hay ninguna información.	No. No existe tácitamente le declaración de riesgo de combustión por el tipo de herramienta de corte elegida.
Analizan herramientas de corte o equipos de soldadura y su comportamiento con el sistema.	No. El estudio sólo informa del riesgo no eliminable en proyecto.	No. No hay ninguna información	Sí. Establece una serie de precauciones según el tipo de herramienta de corte. No detalla el riesgo de incendio sino que se asocia al tipo de riesgo por atrapamiento, corte punzante, corte laminar o proyecciones hacia los ojos.

CUESTIONES	ESTUDIOS DE SEGURIDAD	PROGRAMAS INFORMATICOS	PLANES DE SEGURIDAD
Señalan la necesidad de verificar sellados tras el final de fachada para garantizar estanquidad y por ello eliminación riesgo incendio	En el ESS no se declara . En el pliego de condiciones técnicas se admite el comentario pero con finalidad de acabados y certificados de estanquidad al agua de lluvia. Puramente un tema de calidades. Tampoco en el proyecto se declara el aumento de carga de fuego	No menciona nada.	Los Planes consultados no exponen ni el riesgo de incendio ni la vulnerabilidad de una fachada acabada con aberturas laterales o sin sectorizar.
Informan de medidas a adoptar ante afectación a terceros	No. Dado que no hay descripción del material y sólo describen de forma genérica los trabajos de revestimiento exterior.	No hay mención alguna	Si. El Departamento de prevención junto a la planificación de obra, evalúa riesgos sobre la vertical, entonces algunos planes lo contemplan. De no evaluar el riesgo, no existe información alguna.
Describen algún EPI especifico para este revestimiento	No. Mencionan solo los equipo de protección individual básicos para cualquier yesero, enlucidor o montador de cartón-yeso. Botas, Casco, Guantes algodón, Mono trabajo, mascarilla.	No en la mayoría de los casos. Se incluyen en la lista de oficios o tajos en los riesgos generales de la construcción. Sólo ITEC establece unos EPIs para la partida "aislamientos con placas"	Los planes de seguridad consultados contemplan los equipos de protección individual , siempre y cuando existe una ficha del material y se han tomado interés para realizar la partida
Se contempla partida específica de aislamientos en general.	Si pero con gran confusión. El Estudio no detalla el tipo de aislamiento, solo remarca riesgos propios de su aplicación en alturas y exteriores. Confunde los aislamientos agrupándolos en un grupo único de ejecución.	Si. Se trata de una ficha denominada "Revestimientos exteriores". Lo aplica como si se tratase de un monocapa o enlucido sin definir en materiales ya que no los tiene en su base de datos.	Si, si se incluye la ficha del material. De los Planes consultados ninguno de ellos ha llegado a definir el tipo de aislante térmico o método de trabajo con el mismo. Tras profundizar en reuniones de coordinación se decide ampliar esta información con un anejo al Plan general.
Existe información sobre acciones a tomar contra el fuego	El Estudio de seguridad contempla a modo generalista: Tipo de aviso a bomberos, métodos de comunicación ante evacuación. No especifica acciones a emprender ante un incendio sobre un tipo de material concreto.	Si. Disponen de una base de datos que detalla los procedimientos de actuación básica ante un incendio en general, así como el tipo de extintores. Pero no define materiales concretos.	Si. El Plan de seguridad aplica los protocolos de la empresa constructora en el método de comunicación, organigrama de mandos y operativos. Difícilmente encontramos los tipos de mecanismos de extinción para elementos como el poliestireno en sus diferentes variedades.

6.6. Conclusiones del capítulo

A partir del análisis realizado según lo expuesto en los apartados anteriores del presente documento, y teniendo en cuenta la experiencia en temas de seguridad y salud de proyectos y obras, se llega a las conclusiones que se resumen en los puntos siguientes:

6.6.1. Documentación

- Existe un alto porcentaje de documentación preventiva que no contempla ni el oficio ni la evaluación por actividad. La actividad de aislamiento de fachada queda englobada dentro de la de “fachadas” o “cerramientos”.
- La documentación analizada define con mucha ambigüedad temas importantes como un posible incendio.
- Ninguna de la documentación presentada por los contratistas detalla o especifica riesgos a terceros.
- Los programas informáticos han demostrado que el oficio o actividad “no existe” (tan solo se localiza en el programa ITEC una partida denominada “aislamiento con placas”).
- Existe una confusión con la partida de obra denominada “Revestimiento exterior”.
- La documentación no presenta información que haga referencia de forma específica o personalizada a la obra en concreto (formas de acopio, métodos de corte, etc.).
- No hay relación de los riesgos comunicados en la partida “colocación de placas de aislamiento “con los medios auxiliares elegidos para la obra en concreto.
- Los departamentos de prevención utilizan la ficha “revestimientos de exterior” para no tener que crear una propia.
- Ninguno de los proyectos describe en su ESS los riesgos de prevención a realizar en esta partida.
- Los planes de seguridad solo presentan fichas propias de banco de datos.
- No hay ninguna empresa actuando como subcontrata (empresa aplicadora) que haya entregado su propio manual de seguridad.

Los sistemas de aislamiento deberían disponer de un sistema de fichas de seguridad que incluyan la prevención en las distintas fases del sistema, la seguridad en función de las herramientas y los medios auxiliares utilizados y la prevención de riesgos a terceros.

- No se han localizado más procedimientos de trabajo que los evaluados en el programa ITEC.
- No existen anotaciones del coordinador de seguridad en obra en relación con la colocación del material aislante.

- En reuniones de carácter mensual, los técnicos de Tresat subscriben que, en las obras presentadas, no hay ningún comentario sobre la prevención de riesgos en la colocación de aislamientos con placas.
- No existe en los expedientes de seguimiento de la seguridad de las obras analizadas ninguna ficha específica de material de aislamiento combustible ni tampoco consta que el comercial de la empresa proveedora facilitase información sobre el aislante.
- No se ha detectado en la documentación, que hubiese interés sobre esta partida, por parte de algún agente participante en el proceso constructivo.

De todas estas conclusiones podemos llegar a una conclusión general: desde el punto de vista de la prevención de riesgos, la actividad de aislamiento exterior de fachadas no tiene entidad propia. Pero la realidad del mercado es que sí que encontramos empresas especializadas dedicadas a esta actividad, ya sean contratadas directamente por el promotor de la obra, ya sea como subcontratadas por el contratista principal de la obra.

En el caso de aislamiento exterior con materiales combustibles no se han localizado fichas de aplicación del fabricante que contemplen con carácter exhaustivo las medidas preventivas a tener en cuenta, de manera que cuando una empresa de aislamiento tiene que redactar un plan de seguridad ha de recurrir a material de base de tipo general (como es el caso de los programas informáticos analizados en el presente informe).

Teniendo en cuenta los "vacíos documentales" en materia de prevención de riesgos en la aplicación de sistemas con aislamientos combustibles y la necesidad de las empresas aplicadoras de disponer de un procedimiento de trabajo que incluya todos los aspectos relacionados con la prevención de riesgos, se concluye el presente informe con una recomendación muy clara: que los sistemas de aislamiento dispongan de un sistema de fichas de seguridad que incluyan la prevención en las distintas fases del sistema, la seguridad en función de las herramientas y los medios auxiliares utilizados y la prevención de riesgos a terceros. Este sistema de fichas tendría la principal misión de facilitar a los aplicadores la preparación del PSS.

6.6.2. Acciones a contemplar e implicaciones

Por lo que respecta a los riesgos inherentes a todo el proceso de puesta en obra y ejecución con materiales de aislamiento combustible, y con respecto a las acciones a contemplar para reducirlos, remarcar las siguientes conclusiones:

- El promotor/usuario deberá supervisar en concreto los trabajos de la DF y en especial los del coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución.
- Por lo que respecta a la ocupación del edificio, el equipo técnico deberá

MEDIDAS ADICIONALES

proponer medidas de seguridad ante la hipótesis de presencia de residentes.

- Incremento de costes por contemplar medidas preventivas para la correcta extinción de un incendio en obra (p. ej. doble evacuación en andamios, extintores entre plataformas) que no siempre son útiles fuera de horario laboral para los ocupantes del edificio.
- En caso de ser aprobada la cotización por parte de una aseguradora, es posible que se pacte con costes más elevados.
- Velar con más garantías en materia de seguridad por el correcto mantenimiento de la fachada en caso de uso de aislamientos combustibles, especialmente fisuras en el SATE.
- Acopio. Dependiendo del volumen y acorde a la composición del material deberán tomarse medidas de seguridad para confinamiento, debiendo evitar su acopio en caso de propagación de humo en columna, pasillos, escaleras o zonas interiores. Esto obliga a reservar espacio en la obra para su ubicación controlada. Habitualmente la empresa instaladora lo incumple argumentando la optimización de tiempos.
- Andamios En función de su tipología, deben concebirse accesos inferiores, vías de evacuación superior, reparto de equipos de respiración autónomos tipo máscara, o sistema de recogida de la cesta, ante el riesgo de columna de humos. Este riesgo, que incide especialmente en los ocupantes, desde el punto de vista del PSS no se aborda tampoco para ellos.
- Plan de seguridad y salud Debe incluir fehacientemente el análisis de las cargas de fuego reflejadas en el proyecto, la evaluación de riesgos con las medidas preventivas tomadas y las acciones a implementar en la obra. Se constata que no todas las contratas asisten a las charlas y reuniones de seguridad y salud que debe hacer el contratista general.
- Una defectuosa entrega de la obra por lo que respecta a la ejecución y protección exterior de aislamientos combustibles, minimiza los riesgos de incendio y permite la revisión a efectos exclusivamente de calidad y funcionalidad.
- No se ha constatado que, en la entrega del edificio, se informe del riesgo final de la existencia de aislamientos combustibles para realizar el plan de emergencias, el libro de mantenimiento y el plan de autoprotección (en función del uso y actividad del inmueble).

A diferencia del uso de materiales de aislamiento no combustibles —que no requieren medidas de ningún tipo por lo que respecta a la propagación del fuego— el uso de otros materiales implica todos los riesgos anteriores, que no siempre se eliminan ni minimizan con medidas preventivas, especialmente en aquellas obras de rehabilitación.

La seguridad y salud por lo que respecta al fuego tiene, a día de hoy, un amplio margen de mejora, especialmente en aspectos documentales previos, en la elaboración de planes y especialmente en la adopción de medidas efectivas.

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES RECIENTES

07

Jordi Bolea
Consultor. Ha ocupado diversos cargos de responsabilidad técnica, de calidad y de desarrollo de producto, además de representar a diferentes entidades en numerosos comités de normalización españoles y europeos en el sector de la protección contra incendios.

Salvador Huarcaya
Ingeniero industrial en MSconsultors y estudiante del Máster en Incendios y Protección Civil de la UPC.

En el siguiente capítulo se ha procedido a recoger información sobre casos recientes de incendios con propagación por fachada ocurridos en el ámbito nacional e internacional, y que han tenido repercusión mediática debido a sus características, consecuencias y/o magnitud.

Puede observarse que los diferentes casos presentados difieren en diversos factores, principalmente la altura del edificio afectado —predominando los incendios en edificios altos (EA) o muy altos (EGA)—; así como la tipología del edificio en relación con el tramado urbano circundante —predominando los edificios aislados tipo torre respecto a los edificios integrados en la trama urbana—. Esta diferenciación puede servir para enmarcar las tipologías más usuales de siniestros que tenemos o podemos tener en nuestro país, ilustrando así la gravedad de la problemática a la que nos enfrentamos.

En cualquier caso, con este capítulo no se pretenden extraer conclusiones generales, ya que la mayoría de los casos expuestos difícilmente pueden ilustrar la situación mayoritaria que presenta el panorama edificatorio en España.

Para la elaboración de las fichas de incendios se ha partido de información publicada en los medios, de manera que el contenido de las mismas puede diferir o ser incompleto en algunos casos. Puede concluirse, con el estudio de casos realizado, que los siniestros de incendio más mediáticos debido a su gravedad (afectaciones materiales y personales) son aquellos en los que el edificio implicado es de gran altura y aislado (tipo torre).

7.1. Introducción

Hasta ahora se ha visto qué es y cómo se propaga un fuego por fachada, las normativas con las que los distintos países de la Unión Europea luchan por hacerle frente y un análisis de los principales métodos de ensayo que hay que tener en cuenta, entre otros temas.

En este capítulo se pretende analizar la realidad de cómo suceden los incendios propagados por fachada, utilizando como ejemplos algunos de los incendios más graves y significativos de los últimos años: desde la Torre Grenfell hasta el edificio Windsor. A diferencia de otros capítulos, el análisis realizado no se ha centrado solo en los incendios acontecidos dentro de la Unión Europea, pues se ha considerado que la localización no era un factor determinante al no hacerse un análisis normativo relacionado.

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES

Se han intentado tratar distintas tipologías de edificio, pero la realidad del desarrollo de los incendios en fachada nos acerca, muy especialmente, a unos edificios con una altura y características determinadas, tal y como se verá a continuación.

Para poder contrastar bien las informaciones de los diferentes incendios, se han elaborado unas fichas tipo de los incendios acaecidos en los últimos diez años (con la licencia de incluir la Torre Windsor por las características y repercusión que tuvo en su momento). Estas fichas recogen, entre otros datos, informaciones sobre las características del edificio (número de plantas, superficie, uso del edificio, año de construcción y/o rehabilitación, propietario, constructor, etc.), sobre las características y materiales utilizados en la fachada, datos sobre el origen y propagación del incendio, así como otros comentarios de interés.

En la mayoría de los casos, los datos se han extraído de periódicos e informaciones generalistas; cabe destacar las dificultades para encontrar información fiable que sirviera para entender qué sucedió en cada caso (siendo esta información, en algunos de los accidentes estudiados, inexistente o imposible de conseguir).

Edificio THE TORCH TOWER

Localización	Área 392-204 de Dubai Marina, Dubái, EAU
Coordenadas UTM	25.088000, 55.147597
Tipología (uso)	Residencial vivienda
Plantas	86
Superficie - m²	~ 94 306
Construido	2011
Altura – m	352
Propietario	Select Group
Constructor	Dubai Civil Engineering

Características
- Edificio de 676 apartamentos, 196 habitaciones de hotel, 686 espacios para aparcamiento y cuatro niveles bajo rasante.
- La altura en la parte más alta es de 352 m y la altura mayor ocupada es de 300 m.
- La torre es la decimosegunda más alta de Dubái. Ubicada en el distrito del puerto deportivo Marina, está localizada frente al mar y consta de seis espacios comerciales y 676 apartamentos.(2)

Fachada
Paneles MCM (revestimiento de paneles sándwich), con núcleo de PE.(3)

Incendio
04.08.2017(4). Se dio aviso del incendio a la 1:00 h. Quedó bajo control en aproximadamente tres horas y se dio por finalizado por la tarde del día siguiente.(4)
Víctimas
0 / Algunas atenciones médicas por inhalación de humos.(4)

Casuística
- El fuego inició por colillas de cigarrillos arrojadas sobre macetas, las cuales se incendiaron y propagaron rápidamente la llama a través de la fachada de la torre. (5)

- El incendio se dio apenas unas semanas después de que las autoridades finalmente aprobaron las reparaciones por daños y perjuicios del primer incendio del 2015.(5)
- Los paneles MCM han sido la principal razón por la cual el incendio se extendió tan rápidamente.(6)

Comentarios

- Como parte de la investigación, la policía llevó a cabo experimentos para determinar si un incendio podría comenzar arrojando una colilla en macetas, descubriendo que sí podría hacerlo.(5)
- El incidente reavivó las preguntas sobre la seguridad de los materiales utilizados en el exterior de edificios de gran altura. Una investigación realizada por la administración del Torch Tower, después de su incendio del 2015, encontró que la mayor parte del incendio fue debida al revestimiento y los paneles exteriores utilizados para la decoración o el aislamiento.(6)
- Instalar material resistente al fuego a intervalos regulares en los edificios más antiguos, con el fin de eliminar parcialmente el revestimiento inflamable y agregar rociadores en los balcones. Estas son las opciones que se están considerando para mitigar la propagación del fuego por los revestimientos exteriores.(7)

Referencias

(1) Foto: https://www.thenational.ae/uae/dubai-torch-tower-blaze-residents-thought-it-was-a-false-alarm-1.616755. (13.02.2018)
(2) http://www.skyscrapercenter.com/building/the-torch/344 (19.02.2018)
(3) https://www.thenational.ae/uae/experts-query-quality-of-cladding-on-dubai-buildings-1.224251 (19.02.2018)
(4) http://www.bbc.com/news/world-middle-east-40822269 (14.02.2018) http://gulfnews.com/news/uae/emergencies/dubai-police-reveal-cause-of-torch-tower-fire-1.2082198 (19.02.2018)
(5) https://www.dezeen.com/2017/08/04/fire-torch-tower-dubai-skyscraper-cladding/ (19.02.2018)
(6) https://www.thenational.ae/uae/environment/plan-to-introduce-fire-resistant-barriers-on-older-uae-buildings-being-studied-1.617684 (19.02.2018)

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES

Edificio GRENFELL TOWER

Localización	Grenfell Road, Londres W11 1TQ, Reino Unido
Coordenadas UTM	51.514031, -0.215737
Tipología (uso)	Residencial vivienda
Plantas	24
Superficie - m²	~ 11.400
Construido	1974
Altura – m	67
Propietario	Kensington and Chelsea London Borough Council
Constructor	A E Symes of Leyton

Características
- Edificio de 120 apartamentos de una y dos habitaciones (seis viviendas por piso en veinte de las veinticuatro plantas, y las cuatro inferiores, se usaban para fines no residenciales).(2)
- En el 2016 se realizó una remodelación, la cual incluyó un nuevo revestimiento exterior, reemplazo de ventanas y sistemas de calefacción.(3)

Fachada
Sistema de fachada ventilada. Ventilación de 50 mm, compuesto por un aislamiento de panel de espuma rígida de poliisocianurato de 150 mm (Celotex RS5000), paneles MCM de 3 mm (Reynobond PE) y hormigón prefabricado existente de 250 mm. Este tipo de fachada fue instalado en la remodelación del 2016.(3)

Incendio
14.06.2017 / Se inició a las 00:54 h. Se dio por extinguido en 60 horas aproximadamente.(5)

Víctimas
71

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES

Casuística
- El incendio comenzó en un frigorífico, ubicado en la cuarta planta.(6)
- Los paneles MCM han sido la principal razón por la cual el incendio se extendió tan rápidamente desde las plantas inferiores hasta la parte superior.(7)
- El revestimiento exterior creó cavidades que, en algunos casos, pueden causar lo que se conoce como “efecto chimenea”, extendiendo llamas en la cavidad en caso de no haber barreras contra incendios.(7)

Comentarios
- Las cuatro fachadas se vieron afectadas y 22 apartamentos cercanos a la torre también fueron afectados.(8)
- De acuerdo al British Standard, el uso de materiales combustibles en el sistema de revestimiento y cavidades extensas puede presentar tal riesgo en edificios altos. Deberían utilizarse materiales con combustibilidad limitada en edificios con plantas a más de 18 m de altura.(9)
- La combustibilidad limitada refiere a que cumpla ciertos criterios de la normativa británica como son: asegurar que cada componente individual cumpla con los criterios establecidos en el documento aprobado B, párrafos 12.5 a 12.9 o garantizar que el sistema de revestimiento como un todo (en lugar de componentes individuales) cumpla con los criterios establecidos en BS 8414 (Rendimiento contra incendios de sistemas de revestimiento externo) y que cumpla con los requisitos de rendimiento establecidos en BR 135 (Rendimiento contra incendios de aislamiento térmico externo para paredes de edificios de varias plantas).

Referencias
(1) Foto: http://www.telegraph.co.uk/news/2017/06/14/grenfell-tower-inferno-disaster-waiting-happen-concerns-raised/ (13.02.2018).
(2) http://www.telegraph.co.uk/news/2017/06/14/grenfell-tower-floorplan-shows-120-flats-packed-highrise/ (19.02.2018)
(3) https://web.archive.org/web/20170614122142/https://www.rbkc.gov.uk/idoxWAM/doc/Other-952368.pdf?extension=.pdf&id=952368&location=VOLUME2&contentType=application%2Fpdf&pageCount=1 (14.02.2018)
(4) https://www.thesun.co.uk/news/3799392/grenfell-tower-fire-victims-death-toll-how-many-died-london/ (23.01.18)
(5) https://www.channel4.com/news/dany-cotton-only-a-miracle-could-have-saved-grenfell (19.02.2018)
(6) http://www.bbc.com/news/uk-40380584 (19.02.2018)
(7) https://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/london-fire-grenfell-tower-cladding-architects-firefighters-experts-reason-why-cause-a7789336.html (19.02.2018)
(8) http://www.bbc.com/news/uk-40301289 (19.02.2018)
(9) British Standard - Building Research Establishment (BRE)

Edificio THE ADDRESS DOWNTOWN HOTEL

Localización	Mohammed Bin Rashid Boulevard Downtown Dubai, Dubái, EAU
Coordenadas UTM	25.193869, 55.279281
Tipología (uso)	Residencial público
Plantas	63
Superficie - m²	~ 178.000
Construido	2008
Altura – m	302
Propietario	Emaar Properties
Constructor	Arab Technical Construction - Besix

Características
- Edificio de 626 apartamentos, 196 habitaciones de hotel, 895 espacios para aparcamiento y cuatro niveles bajo rasante.(2)
- La altura en la parte más alta es de 302,2 m y la altura mayor ocupada es de 228,3 m.(2)
- La torre es la vigesimosegunda más alta de Dubái, y está ubicada dentro del centro financiero y hotelero Downtown Dubai, donde también se ubica la torre más alta del mundo, el Burj Khalifa.(3)

Fachada
Paneles MCM

Incendio
31.12.2015 / Se dio aviso a las 21:25 h. Se logró controlar el fuego a las cuatro horas del incendio. Durante el día había humaredas y fuego latente.(5)

Víctimas
1(5) / 17 heridos y un fallecido durante la evacuación (paro cardiaco).(5)

Casuística

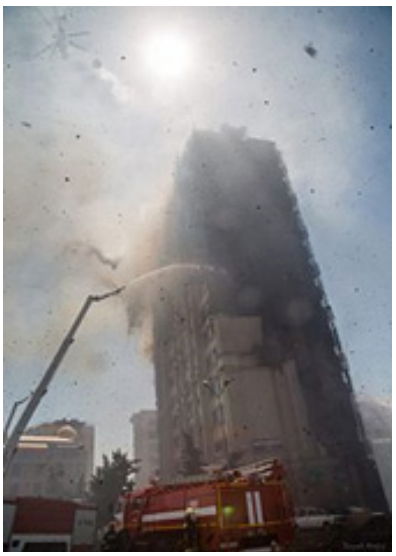
- El fuego se inició por un cortocircuito en los cables conectados a los reflectores, que se encontraban en una repisa, en un conducto de 1,1 m de ancho, entre los pisos 14 y 15 de la torre, en los apartamentos 1401 y 1504 respectivamente.(6)

Comentarios

- En Dubái hay varios edificios construidos con la reglamentación anterior a 2012, la cual no exigía materiales no combustibles para el revestimiento en fachadas. (4)
- Los constructores del edificio señalaron que en el 2007 se realizó una prueba de fuego “exitosa” en los paneles de recubrimiento, sin embargo, según expertos esta prueba no tendría sentido, ya que midió la contención del fuego y no la inflamabilidad.(7)
- El fabricante norteamericano de los paneles MCM utilizados en el hotel realizó pruebas a los paneles, acorde a la ASTM 119, normativa que mide como un sistema evita que un incendio se propague a un espacio adyacente. Sin embargo, la prueba que debió realizarse es la NFPA 285, con el fin de medir cómo se propaga el fuego sobre el revestimiento.(7)

Referencias

(1) Foto: http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/middleeast/dubai/12076792/Dubai-skyscraper-fire-new-years-eve-2015-live.html. (13.02.2018)
(2) http://www.skyscrapercenter.com/building/the-address/468 (19.02.2018)
(3) https://www.emporis.com/buildings/220605/the-address-downtown-dubai-dubai-united-arab-emirates (19.02.2018)
(4) https://www.wfm.co.in/lesson-to-learn-from-the-dubai-hotel-fire-fire-rated-exterior-cladding-a-must/ (14.02.2018) https://www.theguardian.com/world/2015/dec/31/dubai-skyscraper-fire-ablaze-new-years-eve-fireworks (19.02.2018)
(5) https://www.khaleejtimes.com/nation/general/short-circuit-sparked-the-address-blaze (19.02.2018)
(6) https://www.thenational.ae/business/property/revealed-how-address-dubai-hotel-fire-test-was-meaningless-1.660690 (19.02.2018)



Edificio BAKU RESIDENCE BUILDING

Localización	Azadlig Avenue 200/36, Binagadi raion, Bakú, Azerbaiyán.
Coordenadas UTM	40.425028, 49.839139
Tipología (uso)	Residencial vienda
Plantas	16
Superficie - m²	~ 8.000
Construido	No disponible
Altura – m	48
Propietario	No disponible
Constructor	No disponible

Características
- Edificio residencial de 16 plantas, ubicado en el distrito de Binagadi en Bakú

Fachada
Fachada ventilada y paneles MCM. Este tipo de fachada fue instalado en los últimos trabajos de renovación de la ciudad realizados durante el 2012.(3)

Incendio
19.05.2015 / A las 10.57 h se informó sobre el incendio y costó cuatro horas controlarlo.(2)

Víctimas
17 muertos y 60 heridos.(2) / Varias víctimas fueron por intoxicación de humos.(2)

Casuística
- No se ha establecido claramente la fuente del origen del incendio, sin embargo, de acuerdo a las investigaciones, se establece que el origen fue por un cigarrillo mal apagado.(4)
- Los paneles MCM han sido la principal razón por la cual el incendio se extendió tan rápidamente.(3)(5)

Comentarios

- De acuerdo con las normas de construcción local, la distancia entre los edificios debe ser al menos la mitad de sus altitudes, sin embargo, las distancias no fueron respetadas, dificultando la intervención de los bomberos.(6)
- Las autoridades mencionaron que había aproximadamente 120 edificios con fachadas potencialmente peligrosas, sin embargo, de acuerdo a informes y noticias, se indica que son alrededor de 800 los edificios afectados.(3)

Referencias

(1) Foto: https://en.wikipedia.org/wiki/2015_Baku_residence_building_fire (01.03.2018).
(2) https://www.rt.com/news/260125-azerbaijan-building-fire-fatal/ (01.03.2018)
(3) https://www.rferl.org/a/azerbaijan-public-anger-over-deadly-fire/27027429.html (01.03.2018)
(4) https://report.az/en/incident/each-family-in-the-burned-building-in-baku-was-paid-2500-manats-for-rental-housing (01.03.2018)
(5) https://report.az/ru/proisshestviya/segodnya-budet-vynesen-prigovor-zaderzhannym-po-delu-o-pozhare-v-binagadi (01.03.2018)
(6) https://525.az/site/?name=xeber&news_id=71750#gsc.tab=0 (01.03.2018)

Edificio THE TORCH TOWER

Localización	Área 392-204 de Dubai Marina, Dubái, EAU.
Coordenadas UTM	25.088000, 55.147597
Tipología (uso)	Residencial vienda
Plantas	86
Superficie - m²	~ 94.306
Construido	2011
Altura – m	352
Propietario	Select Group
Constructor	Dubai Civil Engineering

Características
- Edificio de 676 apartamentos, 196 habitaciones de hotel, 686 espacios para aparcamiento y cuatro niveles bajo rasante.(2)
- La altura en la parte más alta es de 352 m y la altura mayor ocupada es de 300 m.(2)
- La torre es la decimosegunda más alta de Dubái, se ubica en el distrito del puerto deportivo Marina, frente al mar y consta de seis espacios comerciales y 676 apartamentos.(2)

Fachada
Revestimiento de paneles sándwich de aluminio y polietileno MCM.(3)

Incendio
21.02.2015 / Se dio aviso del incendio a la 1.50 h. Quedó bajo control en aproximadamente cuatro horas y se dio por finalizado al mediodía siguiente.(4)

Víctimas
0 / Algunas atenciones médicas por inhalación de humos.(4)

Casuística
- El fuego se inició en un balcón de la planta 51, posiblemente por causa térmica, en un apartamento que estaba ocupado por parte de una tripulación de British Airlines. La primera causa podría haber sido por cigarrillos.(5)(6)

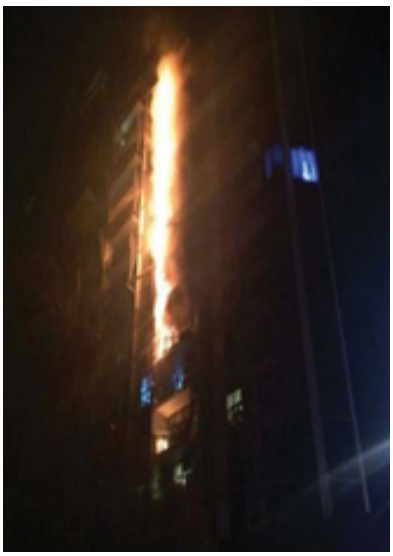
- Del piso 51 al 80 fueron quemados en el lado este, y en el lado oeste, del 30 al 51 por escombros que cayeron al piso 30 debido a los fuertes vientos, comenzando así fuegos secundarios (El incendio solo fue por el exterior).(6)

Comentarios

- El gobierno de EAU está trabajando con expertos en seguridad para examinar los métodos que se pueden utilizar para retrasar la propagación de incendios en edificios antiguos con paneles MCM.(7)

Referencias

(1) Foto: http://www.qfmzambia.com/wp-content/uploads/2017/08/Tower.jpg (13.02.2018).
(2) http://www.skyscrapercenter.com/building/the-torch/344 (19.02.2018)
(3) https://www.thenational.ae/uae/experts-query-quality-of-cladding-on-dubai-buildings-1.224251 (19.02.2018)
(4) http://www.bbc.com/news/world-middle-east-40822269 (14.02.2018) https://www.thenational.ae/uae/flat-where-dubai-marina-torch-fire-started-identified-1.32390 (19.02.2018)
(5) http://www.ife.org.uk/write/MediaUploads/2015%20Conference/presentations/Ali_Almutawa.pdf (19.02.2018)
(6) https://www.dezeen.com/2017/08/04/fire-torch-tower-dubai-skyscraper-cladding/ (19.02.2018)



Edificio LACROSSE BUILDING

Localización	673 La Trobe Street, Docklands, Melbourne, Australia.
Coordenadas UTM	-37.814782, 144.947707
Tipología (uso)	Residencial vienda
Plantas	23
Superficie - m²	~ 29.100
Construido	2012
Altura – m	58,7
Propietario	No disponible
Constructor	No disponible

Características
- El uso del edificio incluye apartamentos residenciales y aparcamientos.(1)
- La estructura general del edificio comprende losas de piso de hormigón reforzado suspendido y muros de carga de hormigón armado.(1)

Fachada
Sistema SATE. Revestimiento de aluminio con núcleo de polietileno de 4 mm (MCM) Alucobest. La solución constructiva de la fachada consistía en dos capas de yeso, pernos de acero con aislamiento de lana mineral, listones de acero y el panel MCM.(1)

Incendio
25.11.2014 / Se dio aviso del incendio a las 2:24 h, se controló a las pocas horas y se montó vigilancia por las siguientes 48 horas.(1)

Víctimas
0

Casuística
- El fuego se inició con una colilla de cigarrillo dispuesta en un recipiente de plástico ubicado en la parte superior de una mesa de madera exterior al aire libre, situada hacia el extremo sur del balcón del apartamento 805.(1)

- El fuego sobre la mesa se desarrolló a partir del contenedor de plástico y se extendió por la mesa, alcanzando material combustible ubicado en las inmediaciones, incluyendo la unidad de aire acondicionado y cartones ubicados sobre la unidad de aire acondicionado.(1)
- Este incendio en desarrollo incidió en la fachada Alucobest de la pared y la unión entre los dos paneles fijados a la pared. El revestimiento del edificio fue la principal razón por la cual el incendio se extendió tan rápidamente hacia los balcones superiores.(1)
- Durante el incendio en desarrollo en la planta 8, cayeron por goteo residuos hacia el balcón del apartamento 605, en la planta 6, donde comenzó otro foco de ignición en el compresor de aire acondicionado.(1)

Comentarios

- Los paneles compuestos Alucobest de aluminio/polietileno no habían sido probados de acuerdo con la norma AS1530.1:1994-Prueba de Combustibilidad para Materiales.(1)
- El manual técnico de Alucobest FR (fire resistance) detalla que ha sidosido sometido a una serie de pruebas internacionales de comportamiento de fuego, incluyendo la ASTM-84, etc. Sin embargo, no parece haber sido probado de acuerdo con la AS1530.1, y no cumple con los requisitos de C1.12 del BCA (Código de Construcción de Australia).(1)

Referencias

(1) https://www.melbourne.vic.gov.au/sitecollectiondocuments/mbs-report-lacrosse-fire.pdf (15.03.2018)

Edificio PLANTA CAMPOFRÍO

Localización	Pol. Industrial de Gamonal - Villímar, Calle la Bureba 11-13, Burgos, Castilla y León, España
Coordenadas UTM	42.353042, -3.639200
Tipología (uso)	Industrial alimentario
Plantas	1
Superficie - m²	~ 99.000
Construido	1997
Altura – m	No disponible
Propietario	Campofrío Food Group – Grupo SIGMA (México)
Constructor	No disponible

Características
- Coste construcción 65 M€ en 1997.
- Reconstrucción de la planta tras el incendio en 2014 con un coste de 225 M€.(3)

Fachada
Las naves estaban construidas mediante una estructura portante y cerramientos de panel sándwich metálico rellenos de aislante de poliuretano.

Incendio
16.11.2014

Víctimas
0 / Evacuación de 400 personas(1)

Casuística
- La principal hipótesis apunta a un cortocircuito.(1)

Comentarios
- El humo provocó, además, la colisión de dos camiones, por la escasa visibilidad. En el accidente se vieron también implicados dos turismos y, al menos, dos de los conductores resultaron intoxicados por la inhalación de humo, aunque su estado no fue de gravedad.(1)

- La Unión de Campesinos de Burgos (UCCL) cifró en más de 1800 las explotaciones ganaderas afectadas en Castilla y León por el siniestro de la planta de Campofrío en Burgos y en más de 300 millones de euros el impacto que tendrá en el sector agrario —200 en carne y 100 en cereal—.(2)
- La compañía recibirá un total de 243,8 millones de euros por los daños, incluida la pérdida de existencias, y otros 68,9 millones de euros para cubrir el lucro cesante por la interrupción de la actividad.(3)

- **Referencias**
- (1) https://politica.elpais.com/politica/2014/11/16/actualidad/1416132346_070920.html (08.03.2018)
- (2) https://elpais.com/elpais/2014/11/16/album/1416163920_327333.html#foto_gal_1 (08.03.2018)
- (3) https://elpais.com/economia/2015/11/04/actualidad/1446658462_077933.html (08.03.2018)
-

Edificio TORRE TAMWEEL

Localización	Plot U3-Jumeriah Lake Towers, Dubái, EAU
Coordenadas UTM	25.080228, 55.151320
Tipología (uso)	Residencial vivienda / administrativo
Plantas	34
Superficie - m²	No disponible
Construido	2009
Altura – m	160
Propietario	Gobierno
Constructor	Associated Constructions & Investments Co. LLC

Características
- Edificio de 34 plantas y 160 apartamentos, estructura de hormigón.

Fachada
Muro cortina, con espacios acabados con paneles MCM de PE

Incendio
18.11.2012

Víctimas
0

Casuística
- El incendio se inició en la parte más alta del edificio y se propagó rápidamente, la mitad de la torre quedó calcinada.(2)

Comentarios
- La dueña de una vivienda dijo que los bomberos inicialmente no habían podido combatir el incendio porque era demasiado alto.(2)
- “Fue increíblemente peligroso”, dijo Tamara Ballan, de Canadá. “Estas hojas de aluminio inflamadas volaban del edificio y cayeron sobre los automóviles en el aparcamiento”.(2)

- “Además, las alarmas fueron poco perceptibles, nos llevó unos 10 minutos darnos cuenta de que había un incendio”.(2)
- “El problema es con los paneles con un núcleo de plástico, porque el plástico se quema fácilmente. Los paneles de aluminio con clasificación de resistencia al fuego tienen un núcleo mineral. Las adiciones (del Código de Construcción) serán más estrictas sobre los requisitos para los materiales resistentes al fuego”.(3)
- “Los paneles deben probarse de manera adecuada y exhaustiva”, dijo Andy Dean. “Lo que sucedió en el pasado es que las pruebas han sido poco exigentes cuando no afectan al sustrato, y lo que realmente nos interesa es cómo se sostiene el sustrato”.
- “He sido un firme defensor de los paneles de aluminio macizo, añadió Dean, sin núcleo de ningún tipo, solo aluminio en todos los sentidos”.
- NOTA: Andy Dean es ingeniero de EXOVA Inspección y Certificación.
- El edificio fue rehabilitado y reinaugurado en junio de 2016.(4)
- La reparación del edificio costó 21 M$.(5)

Referencias

(1) https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2013/07/matecconf_isfsf13_02005.pdf
(2) https://www.thenational.ae/uae/residents-of-dubai-s-tamweel-tower-relive-fire-ordeal-1.438243 (09.03.2018)
(3) https://www.thenational.ae/uae/aggressive-changes-to-uae-fire-safety-code-after-hundreds-left-homeless-1.392122 (09.03.2018)
(4) http://gulfnews.com/news/uae/society/tamweel-tower-finally-restored-four-years-after-fire-1.1936508 (09.03.2018)
(5) http://www.ctbuh.org/News/GlobalTallNews/tabid/4810/Year/2014/Month/11/language/ en-US/Default.aspx (09.03.2018)

Edificio OLYMPUS TOWER

Localización	1/16, A. A. Kadyrova Avenue - Grozny, Chechenia, Rusia
Coordenadas UTM	43.315845, 45.696981
Tipología (uso)	Residencial público / pública concurrencia
Plantas	42
Superficie - m²	31 496
Construido	2011
Altura – m	145
Propietario	Grozny City Towers
Constructor	Bora Inshaat

Características
- La Torre Olympus (ahora llamada Phoenix) es el edificio residencial más alto de Rusia, fuera de Moscú.(2)
- La torre se ubica en el complejo Grozny-City, un complejo de edificios de gran altura en el centro de la capital chechena de Grozny, incluye un edificio de 42 plantas (la Torre Olympus), dos de 30 plantas y dos edificios de viviendas de 18 plantas, además de dos edificios de 30 plantas (hoteles de cinco estrellas, oficinas y centro de negocios).(2)
- El edificio consta de 271 apartamentos, 198 espacios para aparcamientos con dos niveles bajo rasante y un helipuerto.(3).

Fachada
Revestimiento de paneles MCM con núcleo de PE.(2)

Incendio
03.04.2013 / El fuego se inició a las 18.15 h y costó aproximadamente siete horas controlarlo.(4)

Víctimas
0 / Algunos bomberos sufrieron daños por humos.(5)

Casuística

- El incendio se inició por trabajos de soldadura sin procedimientos adecuados en los pisos superiores.(5)
- En dos horas, el fuego envolvió por completo los tres lados de la torre, las llamas se extendieron rápidamente hacia los pisos superiores, sin embargo, el daño fue solo superficial. También se alcanzó la esfera del reloj más grande del mundo, ubicada cerca del vértice superior del edificio.(5)
- Los paneles MCM han sido la principal razón por la cual el incendio se extendió tan rápidamente.(2)

Comentarios

- Originalmente, el edificio se llamaba “Olympus”, pero después de un incendio en abril de 2013, el complejo residencial restaurado recibió un nuevo nombre “Phoenix”.(6)
- Durante cinco meses de trabajos de restauración, los constructores quitaron por completo toda la cubierta exterior del edificio quemado, limpiaron la torre de hollín, instalaron ventanas de doble acristalamiento y llevaron a cabo obras de revestimiento.(6)
- Según los expertos que acudieron a Grozny para buscar la causa del incendio, los sistemas de fachada deberían diseñarse de tal manera que solo una parte del sistema se queme durante un incendio. En el caso del incendio en Grozny, la fachada se quemó por completo, lo que, según los expertos, indica el uso de materiales de baja calidad.(7)

Referencias

(1) Foto:http://metro.co.uk/2013/04/04/gallery-window-on-the-world-4-march-2013-3582287/ay_107190294-jpg/ (13.02.2018).
(2) http://www.kavkaz-uzel.eu/articles/222424/#note_link_1 (01.03.2018)
(3) http://fenix-grozny.ru/o-komplekse/#infrastructure (01.03.2018)
(4) http://www.kavkaz-uzel.eu/articles/222389/ (01.03.2018)
http://www.kavkaz-uzel.eu/articles/230873/ (01.03.2018)
(5) https://archi.ru/projects/russia/8331/rekonstrukciya-zhk-feniks-v-groznom (01.03.2018)
(6) https://lenta.ru/news/2013/04/05/genproc/ (01.03.2018)

Edificio ALBERGUE DE EMIGRANTES DIJON

Localización	14 Avenue du Lac. Barrio de la Fontaine d'Ouche, Dijon, Francia
Coordenadas UTM	65.171822, 52.422379
Tipología (uso)	Residencial
Plantas	9
Superficie - m²	No disponible
Construido	1973
Altura – m	36
Propietario	Estaba gestionado por la Sociedad ADOMA (Grupo SIN)
Constructor	No disponible

Características
- 128 apartamentos de 15 a 40 m^2.(6) La rehabilitación en 1987 incluyó la aplicación de un SATE de EPS.

Fachada
Muro de obra con revestimiento SATE

Incendio
14.11.2010

Víctimas
7 muertos, 1 por caída desde el 7º piso, 6 por intoxicación / 11 heridos, 130 evacuados

Casuística
- El incendio comenzó en un contenedor de basura situado en el exterior del edificio, adosado a una pared, lo que provocó una rápida propagación vertical del fuego en la fachada.
- La fachada era un sistema SATE con aislamiento de EPS y barreras de fuego de lana mineral.(1)

Comentarios

- El aislamiento del edificio ayudó a que se propagara el incendio y también generó grandes cantidades de humo, dijo el comandante de bomberos Jean-Louis Marc a la agencia de noticias France-Presse.(2)
- Un funcionario de la oficina del alcalde en Dijon dijo a la agencia de noticias Reuters: “Los vientos fueron desfavorables, soplando las llamas contra la pared del edificio”.(2)
- Luego, el aislamiento del edificio —poliestireno expandido, anteriormente clasificado como M1, es decir, no inflamable y desclasificado desde julio de 2010 (Euroclases)— se inflamó y, a través del sistema de ventilación, los pasillos fueron invadidos por el humo. “No veíamos más allá de diez centímetros”, admitió el comandante Bruno Boltz.(4)
- Cuando los bomberos llegaron al edificio, diez minutos después de dar el aviso, “el fuego ya estaba muy desarrollado” y los residentes de la casa “no pudieron evacuar las instalaciones debido al humo”. “Algunas personas se tiraban al vacío desde las ventanas”.(5)
- Tras la catástrofe, el edificio fue rehabilitado y reinaugurado el 27 de septiembre de 2007.

Referencias

(1) Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components. Nathan White, Michael Delichatsios, Marty Ahrens and Amanda Kimball
(2) http://www.bbc.com/news/world-europe-11752303 (06.02.2018)
(3) https://www.lexpress.fr/actualite/societe/le-foyer-incendie-de-dijon-conforme-aux-normes_936783.html (06.02.2018)
(4) https://jocelynemontcharmont.blog/2011/05/13/incendie-du-foyer-adoma-a-dijon-regards-de-professionnels-du-secours/ (06.02.2018)
(5) https://www.forum-pompier.com/sujet31792.html (06.02.2018)
(6) https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/2013/09/05/dijon-le-foyer-adoma-de-la-fontaine-d-ouche-sera-inaugure-le-27-septembre-312587.html
Otras informaciones: https://isolation.ooreka.fr/astuce/voir/95850/polystyrene-expanse-pse-et-resistance-au-feu (06.02.2018)
(7) Foto: AFP-Le Télégramme http://www.letelegramme.fr/ig/generales/france-monde/france/incendie-de-dijon-deux-personnes-interpellees-17-11-2010-1118044.php (08.03.2018)

Edificio POLAT TOWER

Localización	Fulya Mahallesi, Uygar Sk. No:12, 34394 Şişli/Estambul, Turquía
Coordenadas UTM	41.056982, 28.999957
Tipología (uso)	Administrativo / comercial
Plantas	42
Superficie - m²	No disponible
Construido	1999 / 2002
Altura – m	152
Propietario	Adnan Polat
Constructor	No disponible

Características
- 406 apartamentos de 71 o 81 m^2, 41 tiendas u oficinas, parking para 492 vehículos.

Fachada
Muro cortina de doble piel, fachada ventilada.

Incendio
17.07.2012

Víctimas
0

Casuística
- El incendio se inició en un aparato de aire acondicionado defectuoso. Los fuertes vientos y el material aislante de la fachada contribuyeron a su desarrollo.(2)

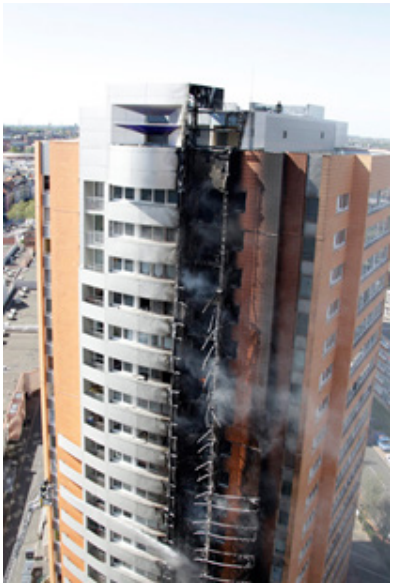
Comentarios
- “El sistema de extinción de incendios del edificio se activó automáticamente. De lo contrario, nos podríamos haber enfrentado a un gran desastre”, dijo el alcalde Mustafa Sarigul a Associated Press, y afirmó que el interior de la torre no había sido dañado por las llamas.(4)

- El bombero Oskam Evirm dijo: “El incendio comenzó en la planta baja, pero se extendió a la planta superior. Se ha enfriado y una mujer de 80 años fue rescatada”.(6)

Referencias

(1) https://www.bellenews.com/2012/07/17/world/europe-news/turkey-large-fire-swept-through-polat-tower-skyscraper-in-istanbul/ (09.03.2018)
(2) http://www.dailymail.co.uk/news/article-2174853/Polat-Tower-Firefighters-huge-blaze-engulfed-150m-Istanbul-skyscraper.html (09.03.2018)
(3) https://www.youtube.com/watch?v=sUBoKOZC9M8 (09.03.2018)
(4) https://www.youtube.com/watch?v=W1TPbUYjKVA (09.03.2018)
(5) https://www.rt.com/news/istambul-sky-scraper-fire-362/ (09.03.2018)
(6) https://www.ibtimes.co.uk/towering-inferno-fire-polat-towers-skyscraper-istanbul-364017 (09.03.2018)

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES



Edificio TORRE MERMOZ

Localización 59 Rue Dunant – Roubaix, Francia

Coordenadas UTM	50.689753, 3.182445
Tipología (uso)	Residencial vivienda(4)
Plantas	18
Superficie - m²	993
Construido	1970
Altura – m	56
Propietario	Lille Métropole Habitat(6)
Constructor	No disponible

Características
- 94 apartamentos.
- El conjunto de las tres torres fue rehabilitado en 2003, con un presupuesto de 40 M€.(7).

Fachada
Paneles MCM con núcleo de PE.

Incendio
14.05.2012

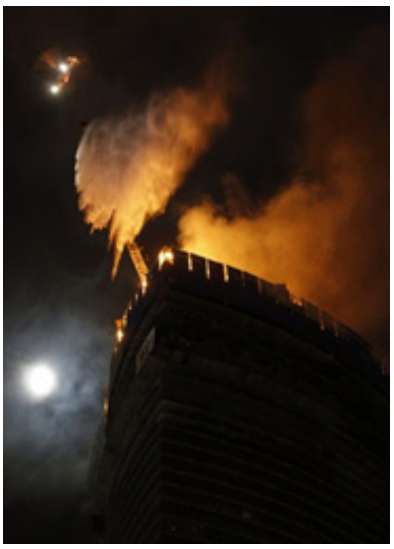
Víctimas
1 muerto, 10 intoxicados / 250 evacuados

Casuística
- Según José Arnoux, director de comunicaciones de la LMH, empresa que gestiona el edificio, **el fuego habría comenzado en un balcón del segundo piso**.(1)

Comentarios
- Tras el incendio el edificio fue clausurado, y sus inquilinos realojados temporalmente, los trabajos de rehabilitación no se iniciaron hasta junio de 2017. Estos duraron unos 20 meses, es decir se prevé que terminen en 2019.
- El presupuesto de la rehabilitación se ha calculado en 5 M€.(5)

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES

Referencias
(1) http://www.noticias24.com/internacionales/noticia/37149/en-fotos-bomberos-franceses-luchan-contra-el-incendio-en-la-torre-mermoz/ (08.03.2018)
(2) Foto: http://bomberosenaccion132.blogspot.com.es/2012/05/incendio-en-torre-mermoz-de-roubaix.html
(3) https://www.youtube.com/watch?v=KHZfLDxYBuU
(4) https://france3-regions.francetvinfo.fr/hauts-de-france/info/un-mort-dans-l-incendie-d-une-tour-a-roubaix-73907360.html
(5) http://www.roubaixxl.fr/tour-mermoz-enfin-metamorphose/ (08.03.2018)
(6) http://www.pss-archi.eu/immeubles/FR-59512-775.html (08.03.2018)
(7) https://www.lemoniteur.fr/articles/roubaix-gilles-neveux-retenu-pour-le-lifting-des-aviateurs-322239 (08.03.2018)



Edificio FEDERATION TOWER RUSIA

Localización	Presnenskaya Naberezhnaya, 12 – Moscú, Rusia
Coordenadas UTM	55.749755, 37.537245
Tipología (uso)	Residencial público / administrativo
Plantas	95
Superficie - m²	218.000
Construido	2005 / 2017
Altura – m	374
Propietario	Mirax Group, propiedad de Sergey Polonsky
Constructor	China State Construction Engineering Corp.(3)

Características
- T**orre de la Federación** es un complejo de dos rascacielos que forman parte del Centro Internacional de Negocios de Moscú.(3)
- Son dos torres de tres lados llamadas “Este” (243 metros de altura) y “Oeste” (360 metros). La parte “Este” es la que se incendió.(1)

Fachada
Muro cortina(4)

Incendio
03.04.2012

Víctimas
0

Casuística
- El fuego se inició en el piso 67 a unos 250 metros de altura y se extendió a los pisos 65 y 66.(1) Al parecer se encontraban trabajando 14 personas (el edificio estaba en construcción), cuando ardió un ventilador.

Comentarios

- Aunque el edificio todavía estaba en construcción cuando aconteció el incendio, algunas oficinas ubicadas en los primeros diez pisos ya estaban en uso. También había oficinas en funcionamiento en el piso 29.(1)
- Esta torre está destinada a albergar apartamentos de lujo. La torre oeste alberga oficinas y apartamentos de clase alta, restaurantes y el hotel de cinco estrellas Grand Hyatt Moscow.(1)
- Es el rascacielos más alto de Europa, superando la Torre Oko (también ubicada en el CINM).(3)

Referencias

(1) https://www.rt.com/news/moscow-tower-catches-fire-068/
(2) https://www.ibtimes.co.uk/moscow-federation-complex-tower-skyscraper-blaze-fire-323238
(3) https://es.wikipedia.org/wiki/Bashnya_Federatsiya
(4) http://www.skyscrapercenter.com/building/federation-towers-vostok-tower/118

Edificio TORRE DE APARTAMENTOS

Localización	Jiaozhou Road and Yuyao Road - Shanghai's Jing'an, Shanghái, China
Coordenadas UTM	31.236255, 121.441282
Tipología (uso)	Residencial vivienda
Plantas	28
Superficie - m²	No disponible
Construido	1997
Altura – m	100 aproximadamente
Propietario	No disponible
Constructor	No disponible

Características
No disponible

Fachada
No disponible

Incendio
15.11.2010

Víctimas
58 muertos, 90 heridos y 120 intoxicados

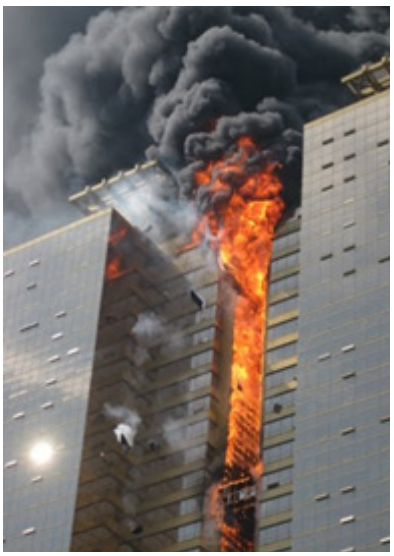
Casuística
- En el edificio se estaban realizando trabajos de rehabilitación, al parecer los trabajos de soldadura prendieron en el aislamiento de poliuretano y se desencadenó una propagación vertical del incendio. El incendio probablemente se inició en el piso 20.(4)
- El incendio pudo haber sido causado por la ignición accidental del aislamiento de espuma de poliuretano utilizado en las paredes exteriores del edificio. En China, la espuma se utiliza comúnmente como material de aislamiento sin la adición de retardantes de llama. La espuma, al quemarse, produce gases tóxicos como el monóxido de carbono.

Comentarios

- Se han producido importantes incendios en edificios de gran altura en China. Desafortunadamente, la Administración no facilita informaciones sobre estos ni tampoco parece en disposición de cambiar la reglamentación existente. Un ejemplo es el incendio de este edificio de 28 plantas en Shanghái.
- Los testigos presenciales informaron haber visto a personas saltando de las ventanas para escapar de las llamas, mientras que otros podían verse aferrados al andamio gravemente quemado.(3)
- Shanghái, una ciudad de 20 millones de habitantes y sede de la Expo Mundial recientemente concluida, ha visto un frenesí en la construcción en los últimos años que abarca desde rascacielos que salpican su horizonte hasta nuevas líneas de metro, autopistas y mejoras en los aeropuertos. Pero el trabajo de construcción inseguro sigue siendo un problema crónico en China.
- Un problema endémico en el sector de la construcción china es la subcontratación frecuentemente ilegal de los trabajos, por este motivo han sido detenidos cuatro personas contratistas de trabajos (y los soldadores no legalizados).
- En el edificio vivían mayoritariamente maestros retirados, la edad media de los inquilinos era de 55 años.
- Una semana después del incendio, los funcionarios del gobierno anunciaron medidas para aumentar las inspecciones sobre incendios y seguridad en los edificios y obras de construcción.(5) También dijeron que se realizarían mejoras en las capacidades de lucha contra incendios en la ciudad.(6)

Referencias

(1) http://www.nytimes.com/2010/11/16/world/asia/16shanghai.html (09.02.2018)
(2) https://www.youtube.com/watch?v=nH5-DpMObGc
(3) http://www.dailymail.co.uk/news/article-1329834/Shanghai-49-dead-apartment-block-engulfed-flames.html (09.03.2018)
(4) https://en.wikipedia.org/wiki/2010_Shanghai_fire (09.03.2018)
(5) Bloomberg News. “Shanghai to Compensate Victims of Apartment Blaze”. Bloomberg. Bloomberg L.P., 23 de noviembre de 2010 (24.11.2010)
(6) Barboza, David. “China Detains Officials Over Shanghai Fire”. The New York Times. The New York Times Company. 24 de diciembre de 2010. (16.01.2011)
(7) Liu, Dong. “No smoke without fire”. Global Times, 28 de diciembre de 2010. (16.01.2011)
(8) Shanghai Daily. “Payouts for blaze victims”. Eastday, 24 de noviembre de 2010. English.Eastday.Com. (24.11.2010)



Edificio WOOSHIN GOLDEN SUITES

Localización	Marine City, Haeundae, Busan, Corea de Sur
Coordenadas UTM	35.156514, 129.147424
Tipología (uso)	Residencial vivienda / comercial
Plantas	38
Superficie - m²	68 917/1935
Construido	2005
Altura – m	140
Propietario	No disponible
Constructor	Wooshin Construction

Características
El edificio dispone de 202 apartamentos y oficinas.(5)

Fachada
La pared exterior del complejo Wooshin estaba acabada con paneles de polietileno cubiertos de aluminio y poliestireno usado para el aislamiento térmico, ambos materiales vulnerables al fuego.(2)
La estructura es de acero reforzado con hormigón.
Los vidrios reforzados de la fachada dificultaron el trabajo de los equipos de bomberos.(1)

Incendio
01.10.2010 / El incendio se inició a las 11.34 h en el cuarto piso.(1)

Víctimas
4 heridos / 9 evacuados mediante helicóptero

Casuística
- El fuego se extendió principalmente por una canal en forma de U vertical en la fachada del edificio, que creó un efecto chimenea, posiblemente incrementado por el viento que soplaba desde el mar.(1)

Comentarios

- No habían sprinklers en el piso donde se inició el incendio.(1)
- En Corea del Sur no hay regulación sobre el uso de material externo combustible. El mayor problema en el incendio de Wooshin Golden Suites fue que la pared exterior con material combustible se quemó intensamente y el fuego se extendió rápidamente hacia arriba debido a la forma de la fachada y el fuerte viento en ese momento.(4)

Referencias

(1) https://en.wikipedia.org/wiki/Wooshin_Golden_Suites_fire (09.03.2018)
(2) http://www.koreatimes.co.kr/www/news/nation/2010/10/113_73908.html (09.03.2018)
(3) Foto: http://gcoe.tus-fire.com/eng/ffsa/?p=1761 (09.03.2018)
(4) http://gcoe.tus-fire.com/eng/ffsa/?p=1761 (09.03.2018)
(5) http://www.koreatimes.co.kr/www/news/nation/2010/10/113_73830.html (09.03.2018)

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES

Edificio EDIFICIO DE VIVIENDAS MISKOLC

Localización	Középszer utca 20, Miskolc, Hungría
Coordenadas UTM	48.084330, 20.782397
Tipología (uso)	Residencial vivienda
Plantas	10
Superficie - m²	No disponible
Construido	1968
Altura – m	No disponible
Propietario	No disponible
Constructor	No disponible

Características
Fachada rehabilitada en 2007 con un SATE de EPS. La rehabilitación incluyó cambio de ventanas y de equipos de calefacción.

Fachada
Fachada construida a base de módulos prefabricados de hormigón.

Incendio
15.08.2009

Víctimas
3 muertos / 12 vecinos intoxicados por humo

Casuística
- El incendio se inició en la cocina del sexto piso, propagándose rápidamente al resto del edificio y hacia las plantas superiores.(1)

Comentarios
- Las causas del incendio dieron lugar a una investigación que terminó con un juicio en 2016 donde no se encontraron culpables, ni se especificaron las causas del siniestro.(2)

Referencias
(1) Foto. Analysis of a tragic fire case in panel Building of Miskolc, Dr. Mónika HAJPÁL
(2) ÉMI - Non-profit Company for Quality Control and Innovation in Building.
(3) http://www.boon.hu/avasi-paneltuz-az-apa-felhaborodott/3008138 (08.03.2018)
(4) Imágenes: http://www.boon.hu/avasi-paneltuz-az-apa-felhaborodott/3008138 (08.03.2018)

Edificio LAKANAL HOUSE

Localización	Sceaux Garden, Camberwell, Londres, Reino Unido
Coordenadas UTM	51.474881, -0.079872
Tipología (uso)	Residencial vivienda
Plantas	14
Superficie - m²	No disponible
Construido	1960
Altura – m	41,91
Propietario	Metropolitan Borough of Camberwell
Constructor	John Laing & Sons Ltd.

Características
Lakanal House es una torre que forma parte de Sceaux Gardens Estate, en Camberwell. Se compone de dúplex de dos dormitorios. Hay escaleras al nivel superior donde un salón y una cocina se extienden por todo lo ancho del bloque. Esto significa que el salón de cada piso está sobre una de las habitaciones de ese piso y una de las habitaciones del piso en el lado opuesto del pasillo de acceso. Los pisos disponen de salidas de incendios desde el salón y la cocina con salida a los balcones de cada lado del edificio, y también una salida de incendios desde el dormitorio más grande hacia el pasillo central de acceso, separado de la puerta de entrada.(1)

Fachada
Fachada con balcones de paneles MCM, con núcleo de PE.

Incendio
03.07.2009

Víctimas
6 muertos / 20 heridos

Casuística

- El incendio se inició debido a un cortocircuito en un televisor(3) en el noveno piso, propagándose rápida y verticalmente hacia la planta 11, (las víctimas fueron encontradas en los pisos 10 y 11) y hacia abajo hasta la planta 5. El incendio se propagó tanto por el exterior de la fachada como por el interior, zonas comunes del edificio.

Comentarios

- El incendio implicó indemnizaciones por valor de 340 000 €(3), los costes de la rehabilitación y readaptación del edificio ascendieron a 11 M€.(4)
- Los arquitectos han planteado preguntas sobre los materiales utilizados en el edificio de 1959, incluidos los modernos marcos y fachadas de ventanas de plástico. Varios residentes describieron el complicado diseño del bloque de la torre como “un laberinto” que dificultaba la evacuación. La torre se sometió a una remodelación de 3 millones de libras esterlinas dos años antes del incendio.(2)
- La investigación posterior detectó como deficiencias: la falta de estanquidad en las puertas; los techos suspendidos carecían de barreras de cavidad que podrían haber reducido el riesgo de propagación del fuego; una inadecuada resistencia al fuego de las escaleras de madera donde atraviesan el corredor común.
- La rehabilitación del edificio no se inició hasta 2015, y durante este tiempo los vecinos del inmueble fueron provisionalmente alojados en otros edificios municipales.

Referencias

https://www.youtube.com/watch?v=CkJLGCYCD7s (05.02.2018)
https://www.youtube.com/watch?v=-0Bwr9BCGeQ (05.02.2018)
(1) https://en.wikipedia.org/wiki/Lakanal_House_fire (05.02.2018)
(2) https://www.theguardian.com/uk/2009/jul/22/camberwell-fire-investigation (05.02.2018)
(3) http://www.bbc.com/news/uk-england-london-39116172 (05.02.2018)
(4) https://www.southwarknews.co.uk/news/lakanal-can-never-happen-again-says-housing-boss-as-refurb-work-starts/ (05.02.2018)
(5) Report to the Secretary of State by the Chief Fire and Rescue Adviser on the emerging issues arising from the fatal fire at Lakanal House, Camberwell on 3 July 2009
(6) Foto: Paul Wood. http://www.dailymail.co.uk/news/article-2262278/Lakanal-House-Victim-tower-block-blaze-caused-faulty-TV-killed-women-children-baby-told-stay-flat-999-operator.html (05.02.2018)

Edificio MANDARIN ORIENTAL HOTEL

Localización	32 Dongsanhuan Zhonglu Road, Beijing, China
Coordenadas UTM	39.916976, 116.463953
Tipología (uso)	Residencial público
Plantas	31
Superficie - m²	575 000
Construido	2009
Altura – m	159
Propietario	China Central Television (CCTV)
Constructor	Beijing Construction Group

Características
Hotel de cinco estrellas de 241 habitaciones, también conocido como “Centro Cultural de Televisión (TVCC)”, administrado por Mandarin Oriental. Ubicado dentro del complejo de la televisión central de China (CCTV), edificio de 238 metros situado al sur del distrito de negocios de Beijing.(3)
En la planta baja, un vestíbulo continuo brinda acceso al teatro con un aforo de 1500 personas, un gran salón de baile, cines digitales, estudios de grabación e instalaciones para exposiciones.(2)

Fachada
Muros cortina con recubrimientos de aleación titanio-zinc. Recubrimiento SATE.(4) (7)

Incendio
09.02.2009 / El incendio se inició a las 20.27 h, se dio por controlado en seis horas y por extinguido por la tarde del día siguiente.(5)

Víctimas
1 / Un bombero falleció por inhalación de humos tóxicos, además de siete heridos por las mismas causas.(6)

Casuística

- Trabajadores de la Televisión Central de China (CCTV) iniciaron el incendio. Contrataron un escuadrón de fuegos artificiales para disparar cientos de petardos para celebrar el año nuevo chino. Cabe destacar que actuaron sin los permisos correspondientes.(6)
- Se indicó que la fachada estaba compuesta de aislamiento de poliestireno.(7)

Comentarios

- Los sistemas de paredes exteriores combustibles pueden presentar un aumento del riesgo de incendio durante la instalación y construcción durante la etapa del acabado y la protección del sistema. El incendio de la Torre CCTV en 2009 y el incendio de Shanghái de 2010, son ejemplos de grandes incendios ocurridos durante la construcción de un edificio.(7)
- El edificio, que tenía previsto inaugurar en 2009, tuvo que ser reconstruido y no pudo inaugurarse hasta el 2012.(3)

Referencias

(1) Foto: http://aparaskevas.blogspot.com.es/2009/02/fire-engulfs-under-construction-beijing.html (13.02.2018).
(2) https://web.archive.org/web/20090212111611/http://www.oma.eu/index.php?option=com_projects&view=portal&id=388&Itemid=10 (13.02.2018).
(3) https://www.theguardian.com/world/2009/feb/11/television-cultural-centre-tower-beijing-fire (13.02.2018).
(4) https://www.frontinc.com/project/tvcc-television-cultural-center/ (13.02.2018).
(5) http://www.nytimes.com/2009/02/10/world/asia/10beijing.html (13.02.2018).
(6) http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/7880348.stm (13.02.2018).
(7) https://www.nfpa.org/~/media/files/news-and-research/resources/research-foundation/research-foundation-reports/building-and-life-safety/rffirehazardsofexteriorwallassembliescontainingcombustiblecomponents.pdf (13.02.2018).

Edificio AL SALAM TECOM TOWER

Localización	Sheikh Zayed Road, Area 013-028 Block Tecom, Dubái, EAU
Coordenadas UTM	25.101681, 55.171031
Tipología (uso)	Residencial vivienda / administrativo
Plantas	47
Superficie - m²	94 000
Construido	2008
Altura – m	195
Propietario	Abdulsalam Alrafi Group
Constructor	Belhasa Engineering & Contracting Co

Características
Los 225 aparthoteles se encuentran en las plantas 7 y 21, y comprenden una combinación de apartamentos tipo estudio, de una y dos habitaciones.
La torre descansa sobre un edificio menor de 28 m y seis plantas que acoge las instalaciones recreativas, incluyendo dos piscinas y dos clubes de salud: uno de ellos dirigido exclusivamente a los inquilinos de los apartamentos y el otro a los inquilinos de las oficinas.(1)(3)

Fachada
Muro cortina

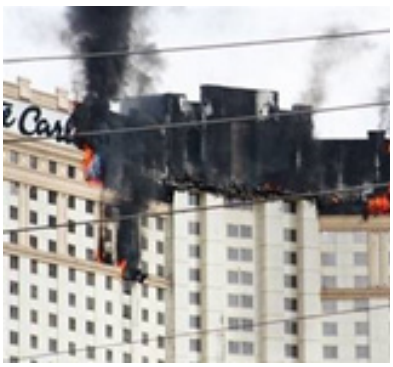
Incendio
14.05.2008 / Detectado a las 14.12 h

Víctimas
0

Casuística
El incendio se inició en la planta 30 del edificio. El edificio estaba en construcción. Afortunadamente, en el momento del incendio, los trabajadores estaban ausentes del edificio.(4)

Comentarios
Sin comentarios

Referencias
(1) https://www.emporis.com/buildings/212358/al-salam-tecom-tower-dubai-united-arab-emirates (12.03.2018)
(2) http://www.skyscrapercenter.com/building/al-salam-tecom-tower/1842 (12.03.2018)
(3) https://www.e-architect.co.uk/dubai/al-salam-tecom-tower) (12.03.2018)
(4) http://www.arabianbusiness.com/fire-breaks-out-in-sheikh-zayed-road-tower-50001.html (12.03.2018)
(5) https://www.emirates247.com/eb247/news/national/workers-evacuated-in-dubai-tower-blaze-2008-05-14-1.219897 (12.03.2018)



Edificio MONTE CARLO HOTEL CASINO

Localización	3770 Las Vegas Boulevard South, Las Vegas, Nevada, EE. UU
Coordenadas UTM	36.104562, -115.175864
Tipología (uso)	Residencial público / pública concurrencia
Plantas	32
Superficie - m²	9.325 (área del casino)
Construido	1996
Altura – m	110
Propietario	MGM Mirage
Constructor	Mandalay Resort Group

Características
El Monte Carlo, es un complejo de casino y hotel de 32 pisos situado en pleno Strip de Las Vegas. El complejo cuenta con 3020 habitaciones y un casino de 9325 metros cuadrados. La torre del hotel tiene tres alas, cada una de 74 m de largo y 18 m de ancho.(2)

Fachada
Paneles de aislamiento exterior y acabado de EIFS (capa de espuma de poliestireno expandido adherida a un revestimiento de yeso).(3)

Incendio
25.01.2008 / A las 10.57 h se informó sobre el incendio, declarándose bajo control a las 14.20 h. Se dio por extinguido a las 22.32 h.(2)

Víctimas
0 / 13 personas fueron tratadas por heridas leves e inhalación de humo.(2)

Casuística
- El incendio se inició en el techo del hotel, siendo la fuente del incendio algunos trabajos de corte y soldadura que se realizaban en la misma zona por contratistas que estaban instalando una pasarela de acero como parte de un aparato de lavado de ventanas.(2)

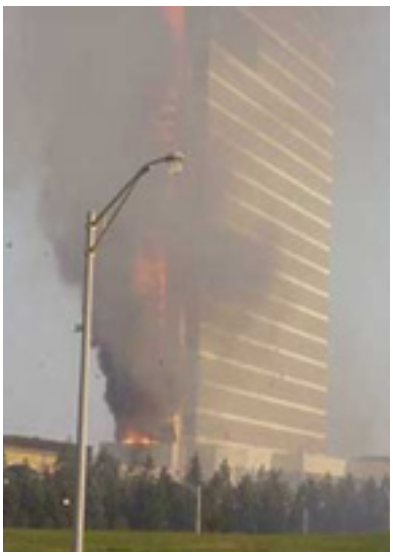
- Cuando el calor provocó la rotura de ventanas en el piso 32, las llamas se propagaron por el edificio. En varias de las suites, los rociadores se activaron, limitando el incendio al interior y permitiendo que los bomberos lo extinguieran.(2)
- Las porciones de poliestireno de los paneles EIFS y el borde quemaron a lo largo de la fachada del edificio, y la espuma derretida corría por el borde exterior del hotel, provocando incendios en otros paneles EIFS.(3)

Comentarios

- El EIFS, un conjunto de pared sin soporte de carga, consiste en una capa de espuma de poliestireno expandido adherida a placas de yeso. El lado exterior de los paneles consta de capas sucesivas de malla de fibra de vidrio y una capa exterior de una mezcla de polímero y cemento resistente a la intemperie que se puede adaptar a los colores y acabados arquitectónicos de un edificio.(2)
- El IBC (International Building Construction) establece que cualquier aislamiento de poliestireno expandido o plástico de espuma en paredes exteriores debe ser no combustible, con el fin de limitar el grosor del plástico espumoso en el EIFS a 10 centímetros y separar el EIFS de los espacios interiores de un edificio utilizando una barrera térmica aprobada como sustrato.(2)
- En todos los casos, el plástico de espuma debe estar en contacto con un sustrato no combustible para eliminar espacios combustibles ocultos.(2)
- NFPA 285 propone procedimientos de prueba que caractericen la facilidad de ignición y la propagación de la llama a lo largo de la superficie vertical de los acabados.(2)
- Los sistemas de paredes exteriores con frecuencia se fabrican previamente de forma externa y se envían al emplazamiento de las obras. Dado que los sitios de construcción normalmente no contienen suficiente espacio para colocar muros cortina, con frecuencia se instalan cerca del momento de la entrega. Es prácticamente imposible confirmar el cumplimiento de dichos sistemas cuando ya están instalados en el edificio. Además, el plástico de espuma está encapsulado y no se puede verificar que cumpla con los requisitos del código aplicable. Como tal, las inspecciones de terceros requeridas durante la fabricación son una parte fundamental del proceso de aseguramiento.(3)

Referencias

(1) Foto: AFP. http://www.cynical-c.com/2008/01/31/monte-carlo-fire-and-eifs/ (01.03.2018)
(2) https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications/NFPA-Journal/2008/May-June-2008/Features/Monte-Carlo-Hotel-Fire (01.03.2018)
(3) http://www.sfpe.org/page/2011_Q4_2 (01.03.2018)



Edificio THE WATER CLUB TOWER

Localización	31 Renaissance Way, Atlantic City, NJ 08401, EE. UU.
Coordenadas UTM	39.379015, -74.433533
Tipología (uso)	Residencial público
Plantas	43
Superficie - m²	18.000
Construido	2008
Altura – m	139
Propietario	No disponible
Constructor	No disponible

Características
El edificio alberga un hotel con 800 habitaciones y suites, y un spa de dos pisos en el piso 32; 18 000 m2 de espacio para reuniones y eventos; tres residencias inspiradas en elegantes y urbanos lofts; cinco piscinas climatizadas, interiores y exteriores, cada una de ellas con una experiencia distinta; y boutiques de lujo.(1)

Fachada
La investigación reveló que se utilizó un material llamado paneles Alcan Alucobond® en la pared exterior de la estructura como acabado decorativo. Este producto es un panel compuesto por láminas de aluminio de 3 mm con plástico de poliestireno de 63 mm en el centro.(3)

Incendio
23.09.2007 / Inicio a las 19.56 h.

Víctimas
0

Casuística
- El incendio se inició en el tercer piso y rápidamente se propagó hasta el piso 41. A falta de mayor material combustible, el incendio fue de corta duración.(7) Los costes de la rehabilitación ascendieron a 25 M$ e implicó retrasar seis meses la inauguración del complejo hotelero.(3)

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES

Comentarios
Sin comentarios

Referencias
(1) https://www.youtube.com/watch?v=H-Ish2Lyu7k (04.02.2018)
(2) https://www.youtube.com/watch?v=jT2hqY49dCY (04.02.2018)
(3) https://www.theborgata.com/hotel/the-water-club (04.02.2018)
(4) http://www.nydailynews.com/news/fire-damages-tower-construction-borgata-casino-article-1.246848 (04.02.2018)
(5) http://www.fireengineering.com/articles/2010/05/modern-building-materials-are-factors-in-atlantic-city-fires.html (04.02.2018)
(6) https://www.tripadvisor.com/ShowTopic-g29750-i78-k1472968- (04.02.2018)
Fire_at_Borgata_damages_the_new_tower-Atlantic_City_New_Jersey.html
(04.02.2018)
(7) http://www.fireengineering.com/articles/2010/05/modern-building-materials-are-factors-in-atlantic-city-fires.html (04.02.2018)
(8) https://en.wikipedia.org/wiki/The_Water_Club (04.02.2018)

Edificio RIN GRAN HOTEL

Localización	7D Vitan-Barzesti Str., Sector 4, 042121 Bucarest, Rumanía
Coordenadas UTM	44.398903, 26.143212
Tipología (uso)	Residencial público
Plantas	18
Superficie - m²	115.000
Construido	2006
Altura – m	65
Propietario	RIN Group
Constructor	RIN Group

Características
1460 habitaciones, 42 salas de conferencias, restaurantes, spa, gimnasio, etc. Centro de convenciones.

Fachada
La fachada de obra tenía un acabado SATE con aislante EPS.

Incendio
08.06.2007 / A tres meses de su inauguración.

Víctimas
1 herido

Casuística
- El incendio se inició durante la realización de unos trabajos de soldadura. El fuego destruyó toda la fachada SATE, que fue repuesta poco después; el coste de la reparación superó los 3 M€. Años más tarde, en julio de 2013, el hotel sufrió un nuevo y aparatoso incendio en el hall del establecimiento sin que hubiera que lamentar víctimas.

Comentarios
- La mitad del Hotel Rin Grand fue remodelada en 2011 como apartamentos residenciales.

RECOPILACIÓN DE ACCIDENTES

Referencias
(1) https://www.youtube.com/watch?v=LrAyDDfR6eY (10.03.2018)
(2) https://www.romaniatv.net/robert-negoita-a-mai-avut-probleme-cu-focul-rin-grand-hotel-a-ars-inainte-de-inaugurare_46986.html#n (10.03.2018)
(3) http://www.piticu.ro/incendiu-la-rin-grand-hotel-iarasi.html (10.03.2018)
(4) https://www.dcnews.ro/blestemul-focului-nu-ii-paraseste-pe-fratii-negoi-ta_346125.html (10.03.2018)

Edificio TORRE WINDSOR

Localización	Calle de Raimundo Fernández Villaverde, 65, 28003, Madrid, España
Coordenadas UTM	40.446944, -3.694444
Tipología (uso)	Administrativo
Plantas	32
Superficie - m²	No disponible
Construido	1979
Altura – m	106
Propietario	Asón Inmobiliaria de Arriendos - El Corte Inglés
Constructor	Gabinete Alas-Casariego

Características
El edificio de oficinas Windsor fue construido en la década de 1970. Consistía en un núcleo de hormigón armado, seis columnas de hormigón armado dentro del núcleo, y pilares de soporte de acero sobre el perímetro.(2)
En el momento del diseño, los códigos relevantes no requerían que los sistemas de muros cortinas tuvieran protección contra incendios.(2)
En 2005 se inició un programa de restauración, instigado en parte para llevar el edificio a los estándares actuales de incendios a través de la instalación de medidas activas de prevención de incendios y resistencia.(2)

Fachada
Sistema de doble acristalamiento con cámara de ventilación natural (muro cortina).(3)

Incendio
08.06.2007 / Tres meses después de su inauguración.

Víctimas
1 herido

Casuística
- La investigación y la sentencia judicial establecieron que el foco del incendio se encontró en el despacho de una empleada (cigarrillo). Los peritos determinaron

que el incendio no fue intencionado.(3). El incendio tuvo lugar en el despacho 2109 de la planta 21. En esta planta, había material combustible suficiente para que el fuego progresara y fuera aumentando paulatinamente de tamaño.(3)

- Por convección el aire caliente accede al espacio existente entre el falso techo y el forjado, lo que da lugar al ulterior incendio de los elementos del cableado que circulan por el mismo. El avance del incendio hacia las plantas superiores, por el interior, se desarrolla a través de los patinejos de servicio, es decir, por los conductos verticales por donde discurre el cableado u otros materiales y, por el exterior, por medio de la cámara existente entre la fachada interior y la exterior, así como por los huecos de las ventanas que se han roto por efecto de las llamas.(3)
- El hecho de que saltaran las llamas de la planta técnica 2, situada inmediatamente encima de la planta 16, —esta con una estructura perimetral formada totalmente por vigas de hormigón armado que sujetan y sirven de apoyo a toda la estructura periférica del edificio, compuesta de vigas metálicas que, a su vez, componen la estructura de la doble fachada acristalada— tuvo lugar, pese a sus especiales características de construcción y aislamiento, por los factores de propagación del fuego hacia abajo ya aludidos, habiendo de destacarse el progreso exterior a través del hueco de la fachada.(3)

Comentarios

- Una empleada ocupó un despacho de la planta 21 del edificio aproximadamente de 16.00 a 23.00 h del 12.02.2015. La empleada confirma que durante el período de tiempo indicado fumó varios cigarrillos, el último una media hora antes de irse del lugar.(3)
- El informe pericial indica que la ausencia de tabiques de compartimentación en la planta, al establecerse la separación mediante paneles sintéticos, trae como consecuencia que el fuego progrese rápidamente por efecto de la convección.(3)
- También reseñan los peritos, como lógica la propagación del incendio hacia las plantas superiores al número 21, como a las inferiores, la tipología de las fachadas construidas con grandes ventanales apoyados sobre una estructura horizontal de acero. La dilatación del acero —gran conductor del calor—, el tamaño de los ventanales y la cantidad de escombros incendiados que caían al exterior pudieron producir oquedades por las que se introducía parte del material incendiado, constituyendo nuevos focos secundarios que iniciaron y propagaron el fuego a estas plantas.(3)
- El edificio Windsor fue demolido. Actualmente en su lugar se ubica la Torre Titania.

Referencias

(1) Foto: AFP. http://www.larioja.com/nacional/201502/11/cumple-decada-incendio-edificio-20150211102608-rc.html (13.02.2018).
(2) http://www.structural-safety.org/publications/view-report/?report=1919 (01.03.2018)
(3) Artículo “Incendio del edificio Windsor” – Cristóbal Trabalon UPC (02.2018).

7.3. Conclusiones del capítulo

Finalmente se incorporan unas conclusiones derivadas del estudio de esta amplia compilación de accidentes, conclusiones que podrían ampliarse en un estudio más pormenorizado de los mismos. Son las siguientes:

- Los incendios desarrollados por fachadas de los edificios representan solamente entre el 1,3 y el 3 % del total de incendios en los edificios.

Los incendios propagados por fachada representan solo entre el 1,3 y el 3 % total de incendios en edificios.

- En pocos casos se puede conocer en detalle la tipología de fachada y su composición, así como sus dimensiones, detalles constructivos, productos o fabricantes.
- Los incendios en fachadas frecuentemente ocasionan grandes pérdidas económicas, pero también daños psicológicos y físicos a los inquilinos y frecuentemente muertos.
- Se observa que una parte importante de los incendios se inician durante las últimas fases de construcción de los edificios o durante los trabajos de mantenimiento. Otra casuística de los incendios es que muchos se inician por causas atribuibles a la instalación eléctrica (mal estado, manipulación) y con frecuencia durante la noche.
- La incorrecta prescripción o instalación de los materiales y productos es una causa común del inicio y propagación de un incendio por fachada.
- Lamentablemente solo en el caso de incendios con víctimas (Grenfell Tower), o muy destructivos (Windsor), se informa con mayor detalle sobre presuntas causas, sistemas constructivos y su comportamiento durante el incendio.
- Ante incendios que generan estupor en el público, las autoridades competentes suelen crear comisiones ad hoc para estudiar el siniestro, pero es difícil acceder a sus conclusiones, ya que se dan a conocer cinco o más años después del incendio.
- Las víctimas de los incendios lo son en su mayoría por inhalación de gases tóxicos (75 %). Sin embargo, no existe normativa que regule la generación de humos tóxicos de los productos de construcción en caso de ignición.

El 75 % de las víctimas de los incendios lo son por inhalación de gases tóxicos.

- Se observa que muchos de los incendios se han producido en edificios que han sido rehabilitados y que, por lo tanto, han modificado su diseño inicial, frecuentemente incorporando materiales combustibles (aislamientos, carpinterías, persianas, toldos).

Cabe destacar también las siguien-

tes observaciones, recogidas a raíz del estudio de casos presentado:

- La información disponible sobre incendios procede mayoritariamente de recortes de prensa y televisión. Las informaciones de estos medios prestan mayor atención al "titular" que vende que a la información objetiva, por lo que los datos técnicos no abundan, y es necesario rastrear en la red los comentarios de las ingenierías, despachos de arquitectura, compañías de seguros, empresas de seguridad, bomberos o los propios ministerios implicados para poder obtener información fiable.
- El NFIRS (National Fire Incident Reporting System) (https://www.nfirs.fema.gov/), gestionado por el gobierno de los EE. UU., es una de las bases de datos de incidentes de incendios mejor dotadas en todo el mundo. Lamentablemente, en general las bases de datos o informes anuales sobre incendios presentan una información escasa.
- Por último, a la vista de todo lo anterior, podrían proponerse las siguientes recomendaciones:

Es recomendable incrementar las medidas de seguridad durante la fase de construcción de obras y rehabilitaciones.

- Incorporar en la formación de ingenieros, arquitectos y otras carreras técnicas las materias necesarias para el correcto diseño de edificios (industriales, residenciales o terciarios) y sus fachadas mediante las adecuadas estrategias arquitectónicas y productos de construcción para reducir la aparición y/o propagación de un incendio.
- Incrementar las medidas de seguridad durante la fase de construcción, especialmente en el uso o manipulación de productos combustibles. Se trata de mejorar los conocimientos de autoprotección de los operarios durante el proceso constructivo y tomar consciencia del riesgo de manipular productos potencialmente combustibles.
- Establecer las condiciones necesarias para garantizar la seguridad de los ocupantes de los edificios durante los trabajos de rehabilitación. Teniendo presente un protocolo de actuación y medidas precisas de protección ante un hipotético incendio en el que se vean involucrados los materiales combustibles que tan frecuentemente se usan en la rehabilitación de los edificios.
- Otra medida de prevención consistiría en llevar a cabo de forma asidua simulacros de evacuación en caso de incendios en edificios tanto de pública concurrencia como privados.
- Es importante acometer una reforma de la normativa vigente (CTE y RSCIEI) con el objetivo de ponerla en sintonía con los estándares de seguridad de los que disponen otros países de nuestro entorno más próximo, especialmente en lo relativo a edificios de gran altura y a los edificios de pública concurrencia.

7.4. Bibliografía y otras referencias

Las referencias de este capítulo aparecen en la parte final de cada una de las tablas de resumen de los accidentes.

206 ngs

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS DE OPINIÓN Y CIENTÍFICOS GENERADOS EN OTROS PAÍSES

08

Andrés Pedreira
Ingeniero técnico industrial, director general de Pixeling SL, secretario general de APICI, coordinador y profesor en el Máster de Ingeniería de Protección contra Incendios en la Universidad Pontificia Comillas.

Javier Niño
Ingeniero industrial, director de Desarrollo de Proyecto de Pixeling SL.

A lo largo de los capítulos anteriores, se han intentado analizar diferentes aspectos fundamentales para entender la problemática de la propagación del fuego por fachada. Debido a lo extenso de la literatura existente sobre el tema, se ha incorporado este último capítulo, cuyo objetivo es analizar las principales conclusiones de diversos artículos de opinión y científicos, contrastándolas con las conclusiones derivadas del presente documento.

Las conclusiones extraídas de estos artículos, que se han incorporado en el resultado final del documento, se han considerado una fuente de información muy valiosa para los profesionales e investigadores que quieran profundizar en el estudio de la propagación por fachadas.

8.1. Recopilación de artículos de opinión y científicos. Objetivo y criterios de búsqueda

El objetivo principal de este apartado es extraer conclusiones de interés de los contenidos publicados relacionados con incendios por fachada en edificios. Dado el gran volumen de información existente en Internet, se ha considerado esta como la única fuente de análisis.

Es importante destacar que en este apartado no se incidirá en los datos históricos de los siniestros, tal y como se considera en el capítulo 7 del documento, sino que se buscarán artículos de opinión y/o científicos que analicen con detalle lo ocurrido y que permitan obtener conclusiones de interés.

Los conceptos o palabras clave que se han considerado para realizar la búsqueda han sido:

- Incendios
- Artículos científicos
- Universidad
- Centros investigación
- Revistas especializadas
- Edificios gran altura
- Edificaciones industriales
- Naves logísticas
- Fachadas
- Aislamiento
- Materiales construcción inflamables
- NFPA

Las búsquedas han sido realizadas en español y en inglés, para dar mayor amplitud a la obtención de resultados.

8.2. Selección preliminar de artículos de opinión y científicos

La búsqueda inicial mediante la utilización de las palabras clave antes mostradas ha arrojado multitud de resultados,

en forma de documentos técnicos, artículos, etc. La mayoría de dichos documentos analizan determinados incendios históricos con afectación y/o propagación por fachada, tanto en edificios de gran altura como en otro tipo de construcciones (industriales, logísticas, etc.); o bien analizan el comportamiento ante un incendio de diferentes tipos de materiales en fachada.

Tras una primera criba de toda la información generada se han preseleccionado aproximadamente un centenar de documentos, que no se relacionan aquí en aras de la brevedad del estudio, pero que reflejan la gran cantidad de información que ha sido necesaria gestionar.

En este punto del análisis, se incluye un primer resumen de conclusiones genéricas:

- Generalmente no se han encontrado artículos que analicen o investiguen de manera individual incendios específicos, salvo aquellos emblemáticos, como es el propio incendio de la Torre Grenfell que motiva la elaboración de este estudio.
- Hay cientos de artículos, documentos, páginas web que mencionan la necesidad de armonizar una respuesta clara ante la problemática creciente de los incendios en edificios de gran altura y su relación con los materiales en fachada.
- La mayor parte de la información que se obtiene relativa al análisis detallado de determinados siniestros tiene más que ver con la protección activa que con la protección pasiva, incluso analizando aspectos organizativos a nivel de actuación en situación de emergencia, que no son objeto del presente estudio.

8.3. Análisis de los artículos de opinión y científicos seleccionados

Como resultado final de este primer análisis se han seleccionado los siguientes diez documentos, considerados muy interesantes para los fines del presente estudio, y que, por la profundidad de sus contenidos, o por la claridad en sus razonamientos, podrían aportar conclusiones válidas a los efectos que nos interesan.

En las siguientes páginas se incluye un breve resumen de cada uno de los 10 documentos, para lo cual se ha diseñado una tabla con la correspondiente citación bibliográfica y resumen.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

RESEARCH

High Rise Buildings with Combustible Exterior Wall Assemblies: Fire Risk Assessment Tool

FINAL REPORT BY:

Susan Lamont
Arup

Sigurjon Ingolfsson
Arup

February 2018

Documento 1

Autoría	Calle de Raimundo Fernández Villaverde, 65, 28003, Madrid, España
Título	High Rise Buildings with Combustible Exterior Wall Assemblies: Fire Risk Assessment Tool
Edición	ARUP, NFPA RESEARCH
Año	2018
Páginas	78

Resumen

El objetivo del documento es dar a conocer una metodología de evaluación de riesgo de incendio en edificios de gran altura, que permita, sobre todo, priorizar las acciones posteriores en base a un criterio de coste/beneficio. La herramienta FRA se centra básicamente en las variables principales, material de construcción de la fachada, posibles puntos de ignición, medios de extinción, sistemas de evacuación, etc.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Documento 2

Autoría	EFFUA (European Fire Fighter Unions Alliance)
Título	Fatal fires and building materials. How can we prevent that more occupants and fire fighters are killed?
Edición	
Año	2012
Páginas	22

Resumen

La EFFUA es la European Fire Fighter Unions Alliance, una alianza internacional independiente formada por cuerpos de bomberos de Bulgaria, Dinamarca, Finlandia, Grecia, Islandia, Irlanda, Macedonia, Noruega, Polonia, Serbia, España, Eslovaquia y Suecia, que vela por conseguir mejores condiciones de seguridad, entre otras competencias.
En esta presentación se incide precisamente en cómo los diferentes tipos de protección pasiva pueden influir en las consecuencias de los incendios, sobre la base de varios casos históricos representativos.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components

Nathan White[a], Michael Delichatsios[b], Marty Ahrens[c] and Amanda Kimball[d]

Documento 3

Autoría	White, N., Delichatsios, M.
Título	Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components
Edición	The Fire Protection Research Foundation
Año	2013
Páginas	12

Resumen

Se trata de un artículo del año 2013, basado en un estudio del mismo nombre, elaborado por Nathan White (CSIRO Highett, Victoria, Australia) y Michael Delichatsios (FireSERT, University of Ulster, Jordanstown, Irlanda del Norte) para la Fire Protection Research Foundation (FPRF).

La FPRF es una organización sin ánimo de lucro asociada a la NFPA que se encarga de fomentar la investigación en torno a la protección contra incendios. En este estudio analizan con muchísimo detalle multitud de casos de incendios en los que se han visto implicados materiales combustibles en fachada.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Documento 4

Autoría	Giraldo, M. P., Diego, A.
Título	Propagación exterior de incendios en edificios: ¿estamos preparados para los retos que plantean las nuevas soluciones de fachada?
Edición	ITeC
Año	2014
Enlace	https://itec.es/infoitec/jornadas/propagacion-ext-incendios/

Resumen

Este artículo se publicó con motivo del Barcelona Fire Seminar de 2014, e incide en el análisis de los factores y mecanismos de propagación de incendios en las fachadas y su relación con las medidas de protección y mitigación que se desprenden de la reglamentación española.

En particular se muestran los resultados de una prueba de fuego sobre cuatro tipos de fachadas diferentes, en función de los materiales elegidos.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

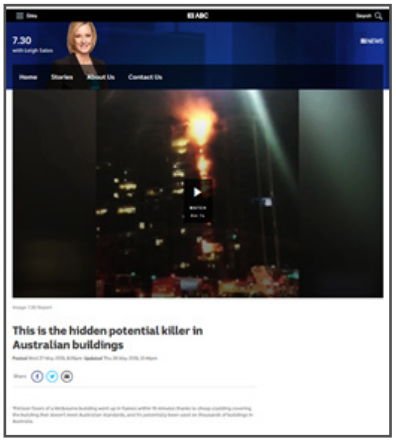
Documento 5

Autoría	Diego, A.
Título	Incendios. Propagación del fuego por fachada. Ensayos a gran escala.
Edición	ITeC
Año	2018
Enlace	https://itec.es/infoitec/articulos/incendios-propagacion-fuego-fachada-ensayos-gran-escala/

Resumen

En este artículo, el ITeC analiza la reacción al fuego en cuanto a la selección de materiales para afrontar el riesgo de propagación por fachada, incidiendo en el impacto de un fuego de gran potencia en los elementos que conforman la fachada, las condiciones de exterior y la complejidad de su propagación en función de la solución constructiva elegida.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS



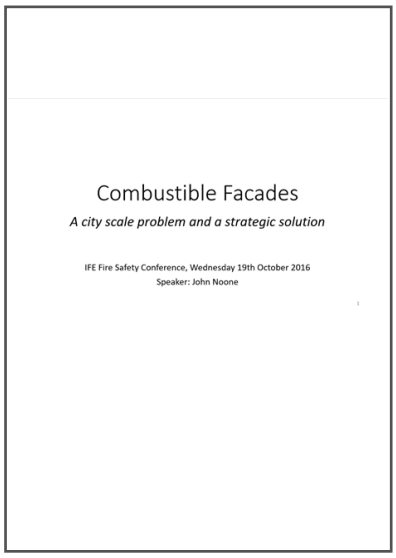
Documento 6

Autoría	Morris, M.
Título	IThis is the hidden potential killer in Australian buildings.
Edición	ITeC
Año	2015
Enlace	http://www.abc.net.au/7.30/this-is-the-hidden-killer-in-australian-buildings/6502392

Resumen

Se trata de una entrevista de Madeleine Morris a diferentes personas que vivieron de cerca el incendio de un edificio de 13 pisos en Melbourne, a partir de un vídeo que resume lo sucedido.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS


Combustible Facades

A city scale problem and a strategic solution

IFE Fire Safety Conference, Wednesday 19th October 2016
Speaker: John Noone

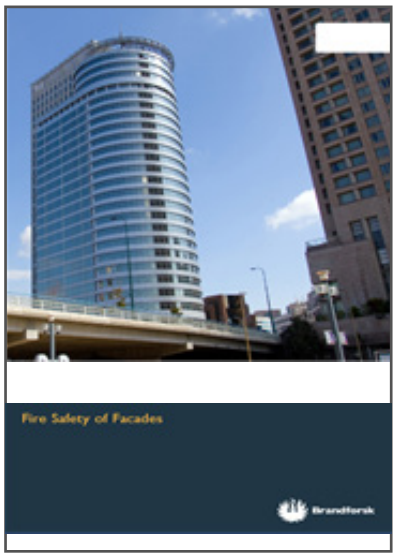
Documento 7

Autoría	Noone, J.
Título	Combustible Facades. A city scale problem and a strategic solution.
Edición	
Año	2016
Páginas	59

Resumen

John Noone, director de ARUP, realiza una presentación en la que analiza los riesgos de incendio de un edificio en altura centrándose en la combustibilidad o no de los materiales en fachada. La presentación incluye una introducción al problema, un repaso a la legislación internacional y, finalmente, propone una evaluación cualitativa de riesgo en función de diferentes aspectos.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS



Documento 8

Autoría	Andersson, J., Boström, L., McNamee, J.
Título	Fire Safety of Facades
Edición	BrandForsk
Año	2017
Páginas	56

Resumen

El estudio analiza diferentes métodos de ensayo y verifica que existen diferencias en las metodologías y cómo un análisis mediante simulación de incendios puede proporcionar una valiosa información en la protección de fachadas.

Las investigaciones de propagación de incendios de planta a planta a través de muros externos se han llevado a cabo durante un largo tiempo y se han propuesto e implementado varios métodos de prueba para evaluar diferentes revestimientos de paredes, aislamientos y consideraciones geométricas.

El uso de normas y métodos de ensayo no es el mismo en diferentes partes del mundo.

El estudio destaca que no hubo requisitos de reacción al fuego para el material de exterior para los sistemas de fachada en edificios en los EAU antes de 2012; sin embargo, a día de hoy existen requisitos para materiales permitidos con una determinada clase de reacción al fuego.

El análisis del incendio de una fachada en Australia en 2014 muestra que el material de la superficie y el sistema de fachada cumplían los requisitos. Los métodos australianos de ingeniería de seguridad contra incendios tienen en cuenta la cantidad de plantas, el riesgo de incendio y el uso del edificio.

Sin embargo, los materiales combustibles en los balcones, incluidos especialmente los acondicionadores de aire, cambiaron estas condiciones y se analiza un incendio totalmente desastroso.

En este informe, se analizan los tres métodos SP Fire 105, BS 8414-1 e ISO 13785-2 y se puede concluir que hay algunas diferencias específicas entre los métodos: ISO 13785-2 y BS 8414 se usan al aire libre y se incluye una pared de retorno para estos dos métodos, pero no para SP Fire 105.

Otra diferencia es el combustible utilizado, la BS 8141-1 usa madera mientras que SP Fire 105 usa 60 litros de heptano.

Se ha verificado que el viento puede tener un efecto significativo en la prueba, influyendo en la fuente de fuego y las tasas de pérdida de masa, así como en resultados específicos en las mediciones debido al movimiento de llamas con respecto a los puntos de medición que pueden afectar el resultado de la prueba. Para evaluar los métodos y las posibles variaciones menores de esos métodos, se han desarrollado y validado herramientas numéricas contra experimentos.

El informe resume estas pruebas y esfuerzos de simulación. Una de las principales cuestiones que se han identificado al comparar los resultados de la simulación con las mediciones experimentales son las incertidumbres derivadas de las variaciones naturales en los parámetros utilizados en la modelización o derivadas de las incertidumbres de la medición o el efecto de las condiciones ambientales en el experimento.

Documento 9

Autoría	Martin, Y., Eeckhout, S., Lassoie, L., Winnepenninckx, E., Deschoolmeester, B.
Título	Fire safety of multi-storey building facades
Edición	BBRI
Año	2017
Páginas	58

Resumen

Este documento ha sido elaborado a la luz de los recientes incendios de fachadas que tuvieron lugar en edificios de gran altura, y más particularmente como consecuencia de la tragedia de la Torre Grenfell, en Londres en junio de 2017.

Los objetivos son:

- Dar una visión general del marco normativo actual sobre la seguridad contra incendios en Bélgica, y, particularmente, con respecto al riesgo de propagación de incendios a través de las fachadas. Este documento presentará el trabajo de revisión de la regulación actualmente en curso, así como algunos enfoques iniciales propuestos.
- Delinear los puntos clave y las características constructivas que permiten garantizar el correcto diseño e instalación de los sistemas de fachadas comúnmente utilizados, teniendo en cuenta los requisitos actuales y futuros en Bélgica.
- Cabe señalar que este documento se basa en parte en las propuestas de modificaciones al reglamento emitido en febrero de 2017 por el grupo de trabajo de fachadas, fundado por el Conseil Supérieur de la Sécurité contre l'Incendie et l'Explosion (Consejo Superior de Seguridad de Incendios y Explosiones de Bélgica). Estas propuestas son provisionales y consecuentemente susceptibles de cambio. Por lo tanto, se podrá consultar la versión final del reglamento, que debe enviarse al Consejo Superior belga a lo largo de 2018.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Fire safety engineering applied to high-rise building facades

1. INTRODUCTION

Documento 10

Autoría	Sassi, S., Setti, P., Amaro, G., Mazziotti, L., Paduano, G., Cancelliere, P., Madeddu, M.
Título	Fire safety engineering applied to high-rise building facades
Edición	
Año	2016
Páginas	11

Resumen

El presente estudio analiza cómo la seguridad contra incendios en las fachadas de edificios de gran altura es un problema complejo; por lo tanto, el uso de códigos preceptivos contra incendios podría no ser suficiente para garantizar un nivel adecuado de seguridad contra incendios.

En los edificios de gran altura, la seguridad contra incendios de las fachadas se puede considerar mediante un diseño de incendios basado en prestaciones que puede ayudar a seleccionar las mejores soluciones tecnológicas y las mejores opciones de materiales.

En este artículo, la fachada de la Torre Regione Piemonte (proyecto del arquitecto Massimiliano Fuksas, todavía en construcción en Italia) es examinada por la ingeniería de seguridad contra incendios (FSE), como un estudio de caso debido a su arquitectura distintiva y aspectos tecnológicos.

El edificio se compone de una parte central, utilizada como oficinas (área de oficinas), que está al lado de un volumen cerrado para toda la altura denominada Gran Espacio. Dentro de este volumen, hay estructuras en forma de caja llamadas Satélite utilizadas para salas de reuniones conectadas con áreas de oficinas.

El área de oficinas y los satélites están construidos en hormigón armado y hormigón pretensado, rodeado por una fachada de aluminio/vidrio, mientras que el Gran Espacio está rodeado por una fachada compuesta por una estructura principal de acero y aluminio con revestimiento de vidrio.

Como la presencia del Gran Espacio afecta al comportamiento de fuego del edificio, se han elegido el diseño basado en prestaciones y los métodos FSE para examinar y adaptar el edificio Torre Regione Piemonte a los requisitos de la normativa italiana de seguridad contra incendios. Se han analizado diferentes escenarios de incendios, tanto con respecto a los efectos en las estructuras como a los ocupantes con el fin de optimizar la elección de medidas de seguridad contra incendios activas y pasivas. Con el fin de controlar la distribución de humo y temperatura, en concreto se estudian seis escenarios de incendios diferentes. Como resultado, se optimiza la protección pasiva contra incendios de los puntos críticos de las estructuras de acero y se mejoran las características de resistencia al fuego de la fachada.

Además, los tipos de fachada utilizados en el edificio se seleccionan con respecto a los requisitos de resistencia al fuego derivados del diseño de incendios según la metodología del diseño basado en prestaciones y los modelos CFD, teniendo en cuenta también los efectos debidos a la instalación y las condiciones climáticas.

En el artículo se estudian los requisitos de rendimiento de resistencia al fuego de los elementos estructurales y acristalados de las fachadas y los resultados de los modelos CFD. Además, resulta interesante como todos los cálculos simulados y el proceso de evaluación de los requisitos de resistencia al fuego han sido respaldados por pruebas de laboratorio específicas. Estas pruebas resistentes al fuego también se han llevado a cabo de acuerdo con la norma EN 1364-3 para evaluar el comportamiento frente al fuego del sistema de fachada.

8.4. Resultados del análisis

Una vez leídos y analizados cada uno de los diez documentos indicados en el apartado anterior, a continuación, se aportan los resultados obtenidos.

- En un primer paso, se relacionan los hallazgos de interés encontrados en cada uno de ellos, incluyendo frases fielmente extraídas de los informes o imágenes o tablas de resultados de determinadas pruebas que por sí solos constituyen información valiosa, sin análisis de ningún tipo. En otros casos, se incluye un pequeño análisis a modo de conclusión parcial del documento.

- En el siguiente apartado se redactarán unas conclusiones únicas que aglutinen y ordenen las de todos los documentos en su conjunto, como aportación global de este apartado a la totalidad del estudio.

Así pues, a continuación, se analizan los hallazgos de interés de cada uno de los 10 documentos seleccionados:

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Documento 1

Autoría Ingolfsson, S., Lamont, S.
Título High Rise Buildings with Combustible Exterior Wall Assemblies: Fire Risk Assessment Tool
Edición ARUP, NFPA RESEARCH
Año 2018
Páginas 78

Hallazgos de interés

La herramienta diseñada por NFPA penaliza en su valoración del riesgo del edificio la utilización de materiales combustibles en fachada, asignando un mayor valor en la consecuencia asociada a los posibles incendios. Asimismo, además del valor que tiene la propia herramienta en sí, da unos valiosos consejos a la hora de poder identificar cuando un material de revestimiento es combustible o no. En ese caso, la propia metodología obliga a realizar un análisis más profundo (nivel 2).

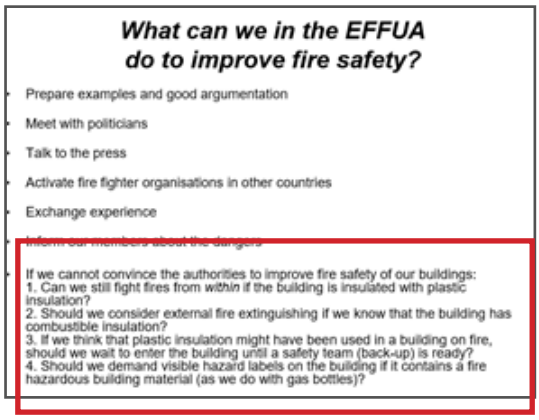
Steps	Activity	Where to look	What to look for?
Step 1	Review as built drawings (if available)	Drawings of cross-sections through the façade system. Operating and Maintenance (O&M) manuals describing the façade systems. The owner or facilities manager should be able to provide these although they may have been lost if the building is older and the ownership has changed several times	Compare the drawings to the façade systems in the user's guide. If possible, identify the likely façade typology but most importantly identify the presence or not of insula cavities and cladding materials. Make a note of these materials and cavity sizes for each elevation and ar façade system.
Step 2	Review as built material submittals (if available)	Material submittals can be very large documents comprising 100s of pages but many are not relevant to this task. The material submittal may not be for the façade system but for the component materials only. An EIFS/ETICS or insulated metal panel façade assembly should come in one material submittal. The component parts of a curtain wall or rainscreen system may be in separate documents.	Look for the specification requirements, the data sheet from the supplier and any fire test certificates. Has the façade system as installed been tested as an assembly to NFPA 285 or BS 8414 or similar? Have materials been tested to NFPA 285 or BS 8414 in a standard façade system (not the same as the project). Have the component materials been tested for their reaction to fire properties e.g. flame spread, ignitabili There could be engineering judgments in support of the façade system installation. Please be cautious of they may not provide sufficient justification for the combustible materials in the system. Collect this information.
Step 3	Visual inspection of façade at the building	Look at each elevation of the building in turn. Some buildings may have the same façade system and ignition sources on every elevation while others will have different façade systems or different aesthetic patterns of the same façade system or different ignition sources. All of these differences need to be documented. The FRA tool prompts this through questions in Tier 2A.	Does the installation look like the as-built information? Do the patterns of glass and opaque façade syste the drawings? If there is no as-built information, try to identify the likely façade typology and cladding materials by us user's guide. If a cavity and insulation is expected behind the cladding then use a small camera and light to see inside t Look for access hatches in the façade system to see into the wall depth. These could be provided at fuel f points if there are diesel or gas tanks in the building. It may not be possible to see insulation or cavities without removing parts of the façade. See the user's guide for information on what to check and look out for.
Step 4	Visual inspections with removal of façade elements	With assistance from the owner facilities manager and a qualified contractor, remove portions of the facade to gain access to see the insulation or cavities. Where possible, do this in non-obtrusive locations. This may need to be from the exterior or from the interior of the building. If there are different façade system or materials installed across the building then this exercise has to happen for each area of the façade.	See guidance for different materials in Table 12. Measure and note the insulation thickness. Measure and note the cavity depth.
Step 5	Destructive sampling and laboratory testing of component façade materials (insulation and cladding)	If the insulation or cladding materials cannot be identified with certainty in Steps 1-4, then small samples will need to be removed for laboratory testing and identification. Samples of combustible components may be removed during a building inspection for further forensic analysis to document reaction to fire properties as well as identify the presence (or not) of fire-retardant compounds and or non-combustible minerals	See guidance for different materials in Table 12.

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Documento 2

Autoría EFFUA (European Fire Fighter Unions Alliance)
Título Fatal fires and building materials. How can we prevent that more occupants and fire fighters are killed?
Edición
Año 2012
Páginas 22

Hallazgos de interés



ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Documento 3

Autoría White, N., Delichatsios, M.
Título Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components
Edición The Fire Protection Research Foundation
Año 2013
Páginas 12

Hallazgos de interés

El artículo recoge los resultados del informe Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components que tiene como objetivo desarrollar estrategias de mitigación de incendios ocurridos por los elementos combustibles de las fachadas exteriores. El proyecto fue desarrollado por la Fire Protection Research Foundation en dos fases. Este artículo hace referencia solo a la fase 1 del proyecto, que básicamente incluye estadísticas, análisis de casos concretos y de métodos de ensayo relativos a diferentes materiales constructivos de fachadas.

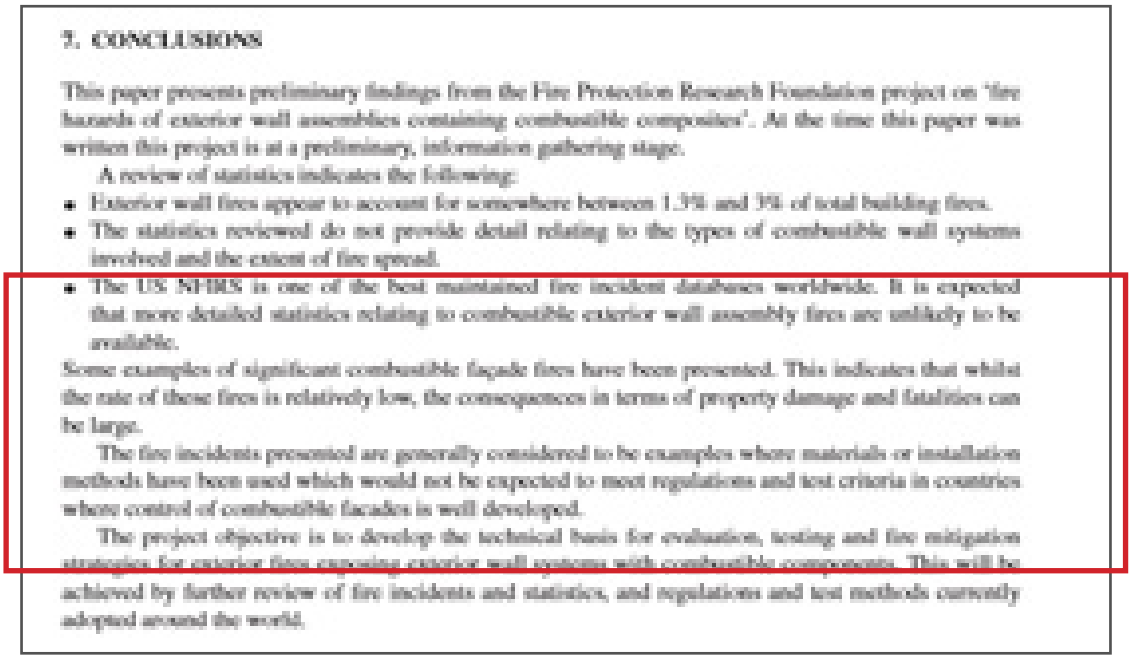
Uno de los resultados interesantes es la tabla donde se muestran los diferentes tipos de daños ocurridos para edificios de diferentes usos en incendios donde la causa principal de la extensión del incendio fue la fachada externa.

Property use	Fires	Civilian deaths	Civilian injuries	Property damage (US$ Millions)	Portion of total fires
Public assembly	15,374	6	172	$446.2	(9%)
Educational	6,012	0	90	$105.1	(3%)
Institutional.	7,153	6	182	$59.6	(4%)
Residential	121,651	485	4,592	$1,548.8	(68%)
Mercantile	15,198	20	287	$724.8	(9%)
Office building	3,558	4	40	$112.1	(2%)
Laboratory & Data centre	234	0	10	$22.5	(0%)
Manufacturing or processing	5,742	8	176	$598.2	(3%)
Selected storage occupancies.	2,950	8	45	$230.7	(2%)
Total	177,833	537	5,595	$3,842.9	(100%)

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Hallazgos de interés

En el apartado 7, conclusiones, se cita lo siguiente:



7. CONCLUSIONS

This paper presents preliminary findings from the Fire Protection Research Foundation project on 'fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible composites'. At the time this paper was written this project is at a preliminary, information gathering stage.

A review of statistics indicates the following:

- Exterior wall fires appear to account for somewhere between 1.3% and 3% of total building fires.
- The statistics reviewed do not provide detail relating to the types of combustible wall systems involved and the extent of fire spread.
- The US NFIRS is one of the best maintained fire incident databases worldwide. It is expected that more detailed statistics relating to combustible exterior wall assembly fires are unlikely to be available.

Some examples of significant combustible façade fires have been presented. This indicates that whilst the rate of these fires is relatively low, the consequences in terms of property damage and fatalities can be large.

The fire incidents presented are generally considered to be examples where materials or installation methods have been used which would not be expected to meet regulations and test criteria in countries where control of combustible facades is well developed.

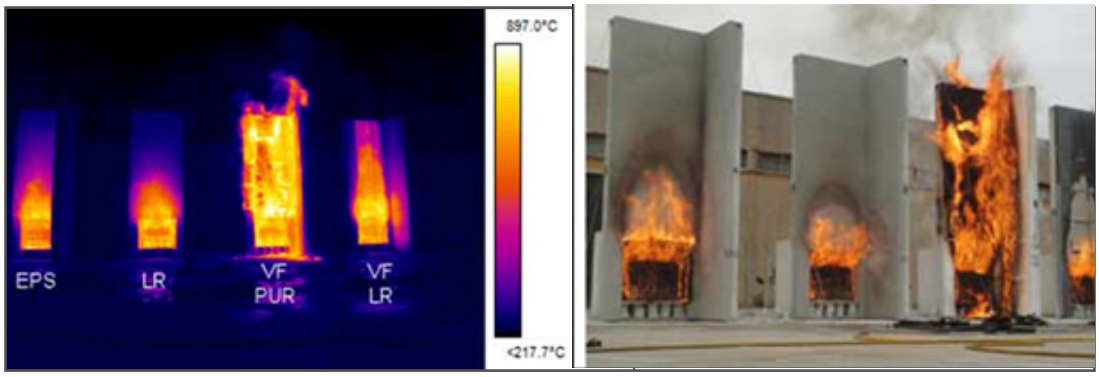
The project objective is to develop the technical basis for evaluation, testing and fire mitigation strategies for exterior fires exposing exterior wall systems with combustible components. This will be achieved by further review of fire incidents and statistics, and regulations and test methods currently adopted around the world.

Documento 4

Autoría Giraldo, M. P., Diego, A.
Título Propagación exterior de incendios en edificios: ¿estamos preparados para los retos que plantean las nuevas soluciones de fachada?
Edición ITeC
Año 2014
Enlace https://itec.es/infoitec/jornadas/propagacion-ext-incendios/

Hallazgos de interés

En el Fire Seminar del 12 de junio de 2014 se realizaron demostraciones prácticas de incendio sobre cuatro fachadas —entre otros elementos— empleando el procedimiento de ensayo de la norma británica BS 8414. Las muestras eran de 8 m de altura y 2,80 m de ancho, con un ala lateral de 1,50 m, y cumplían con las exigencias del CTE en cuanto a reacción al fuego y barreras cortafuego. Los resultados fueron dispares en función de la combustibilidad de los materiales de aislamiento empleados y de la tipología de fachada (ver la figura siguiente, de izquierda a derecha: SATE con aislamiento EPS, SATE con aislamiento lana mineral, fachada ventilada con aislamiento PUR y fachada ventilada con aislamiento lana mineral).



ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Documento 5

Autoría Diego, A.
Título Incendios. Propagación del fuego por fachada. Ensayos a gran escala.
Edición ITeC
Año 2018
Enlace https://itec.es/infoitec/articulos/incendios-propagacion-fuego-fachada-ensayos-gran-escala/

Hallazgos de interés

Tras el incendio de la Torre Grenfell de Londres, el verano de 2017, el gobierno del Reino Unido inició un programa de acciones que incluía la identificación de edificios de la misma tipología, ensayos de combustibilidad de los paneles de revestimiento instalados, recomendación de medidas temporales de seguridad o visitas de los bomberos a edificios de gran altura. También una serie de siete ensayos a gran escala en el laboratorio inglés BRE de acuerdo con la norma británica BS 8414-1, con el propósito de analizar variantes de la tipología constructiva de fachada instalada en la Torre Grenfell. Otro apunte importante es el que se centra en la calidad de la ejecución de la obra, donde el artículo menciona expresamente:

Revestimiento ACM	Aislamiento en cámara	Resultados
Núcleo de 3 mm de PE* (sin retardante al fuego)	Panel de espuma PIR** (100 mm)	KO (8 minutos)
	Panel de lana de roca (180 mm)	KO (7 minutos)
Núcleo de 3 mm de PE (con retardante al fuego)	Panel de espuma PIR (100 mm)	KO (25 minutos)
	Panel de espuma fenólica (100 mm)	KO (28 minutos)
	Panel de lana de roca (180 mm)	OK
Núcleo de clase A2 (prácticamente incombustible)	Panel de espuma PIR (100 mm)	OK
	Panel de lana de roca (180 mm)	OK

Tabla 1: Ensayos de investigación post-Grenfell a gran escala.

Necesitamos empresas instaladoras especialistas en pasiva y un marco que las regule. Y necesitamos fijarnos, en la fase de proyecto, en los informes de ensayo y clasificación emitidos por los laboratorios. Concretamente, en el *Campo de aplicación de los resultados*, y que nos dice qué variaciones respecto a la muestra ensayada podemos aceptar en nuestro proyecto sin que la prestación obtenida se vea afectada. O, en el caso de disponer de una evaluación técnica del producto o sistema, debemos fijarnos en las condiciones de uso que se indican. Suelen estar

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

Documento 6

Autoría	Morris, M.
Título	IThis is the hidden potential killer in Australian buildings.
Edición	ITeC
Año	2015
Enlace	http://www.abc.net.au/7.30/this-is-the-hidden-killer-in-australian-buildings/6502392

Hallazgos de interés

La colocación de material barato de aislamiento en miles de edificios en Australia se está convirtiendo en una auténtica plaga. Uno de los principales indicadores es la falta de documentación asociada al producto instalado, que llega al 96 % en el caso del producto de baja calidad.

Image: 7.30 Report

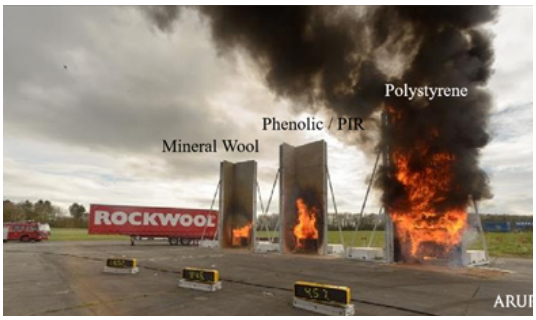
ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

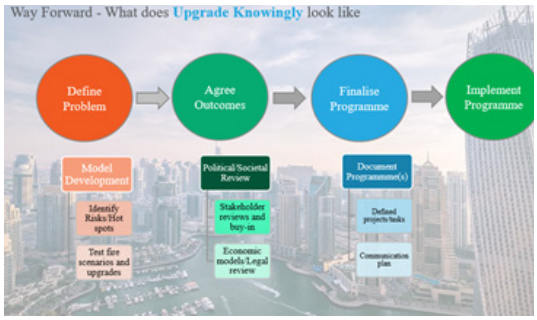
Documento 7

Autoría Noone, J.
Título Combustible Facades. A city scale problem and a strategic solution.
Edición
Año 2016
Páginas 59

Hallazgos de interés

Una de las principales conclusiones de este informe es la necesidad de ir un paso más allá de la pura definición del problema (materiales combustibles), siendo imprescindible un proceso de acuerdo político-social que lleve a la implementación de un programa de acciones (legislación)..





ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

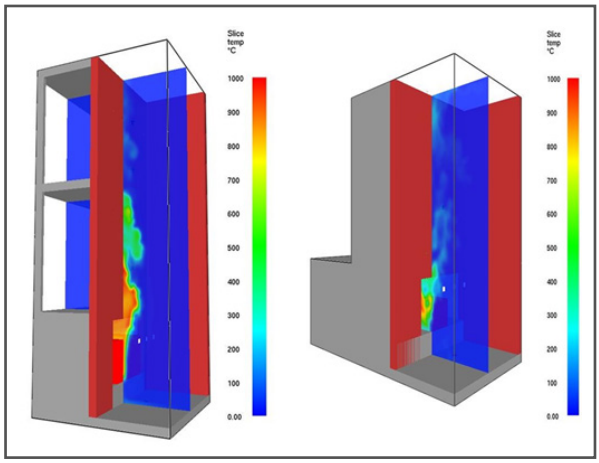
Documento 8

Autoría Andersson, J., Boström, L., McNamee, J.
Título Fire Safety of Facades
Edición BrandForsk
Año 2017
Páginas 56

Hallazgos de interés

"Representación de los modelos de simulación en FDS de la BS 8414 - 1 (izquierda) y como comparación los métodos de prueba de fuego ISO 13785 - 1 (derecha). Las divisiones de tiempo de las temperaturas se toman a 600 s en la simulación.

SP Fire 105 [8], BS 8414-1 [9] e ISO 13785-2 [10] se basan en el mismo principio de un incendio de sala de flashover donde las llamas se extienden desde una ventana rota que incide en la fachada encima de la ventana. Los tres métodos son métodos de prueba a gran escala con aproximadamente las mismas extensiones geométricas, sin embargo, falta un muro de retorno en el método SP Fire 105. Además, los métodos BS 8414-1 e ISO 13785-2 se pueden realizar al aire libre, lo que no está permitido en el método SP Fire 105. La fuente de fuego es diferente tanto en el tipo de combustible como en la tasa de liberación de calor y energía total HRR, sin embargo, todos se encuentran en el mismo estadio de simulación de un incendio de sala típico."



Documento 9

Autoría Martin, Y., Eeckhout, S., Lassoie, L., Winnepenninckx, E., Deschoolmeester, B.
Título Fire safety of multi-storey building facades
Edición BBRI
Año 2017
Páginas 58

Hallazgos de interés

Hasta el momento presente no hay ninguna información con respecto a la presencia o correcto funcionamiento de métodos de prevención (detección, alarmas, métodos de extinción, etc.).

ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS

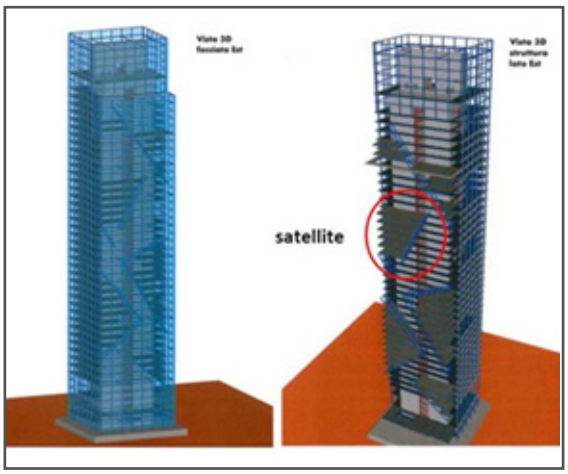
Documento 10

Autoría	Sassi, S., Setti, P., Amaro, G., Mazziotti, L., Paduano, G., Cancelliere, P., Madeddu, M.
Título	Fire safety engineering applied to high-rise building facades
Edición	
Año	2016
Páginas	11

Hallazgos de interés

La seguridad contra incendios de las fachadas de edificios de gran altura es un problema complejo, por lo tanto, el uso de códigos preceptivos contra incendios podría no ser suficiente para garantizar un nivel apropiado de seguridad contra incendios. Este artículo enfatiza que los modelos de incendios FSE y CFD se usan en casos reales como herramientas útiles para resolver problemas de seguridad contra incendios de fachadas que abordan el nivel de seguridad contra incendios del edificio en general.

El caso analizado en la Torre Regione Piemonte ofrece algunas oportunidades para optimizar la tecnología de construcción y las medidas de seguridad contra incendios con el fin de cumplir con los objetivos de seguridad requeridos de acuerdo con los códigos nacionales de incendios de Italia.



8.5. Conclusiones del capítulo

La documentación analizada presenta claramente la situación existente en la propagación vertical por fachadas y su lectura proporciona la base para comprender mejor el problema de combustibilidad de la fachada y avanzar hacia soluciones eficientes. Dicho problema es una cuestión sin resolver desde mucho antes de que tuviese lugar el fatal incendio de la torre de Londres.

El proceso hacia los edificios eficientes ha llevado a productos de aislamiento con propiedades térmicas más altas, pero con peor comportamiento en caso de incendio.

Se resumen a continuación las principales conclusiones observadas:

- En primer lugar, constantemente se están introduciendo nuevos materiales en el mercado y las normativas no avanzan tan rápidamente como las propuestas que ofrece el mercado al diseñador de edificios. La combinación de productos nuevos y existentes ofrece una gran variedad de opciones de componentes, productos y sistemas de fachada a los diseñadores, constructores y demás profesionales del sector.
- Es necesario tener presentes todos los factores que influyen en la construcción de edificios relacionados con este tipo de incendios.
- Falta un largo camino todavía por recorrer para analizar los puntos clave y las características constructivas que permitan garantizar el correcto diseño e instalación de los sistemas de fachadas comúnmente utilizados.
- La seguridad contra incendios de las fachadas de edificios de gran altura es un problema complejo; por lo tanto, el uso de códigos preceptivos contra incendios podría no ser suficiente para garantizar un nivel adecuado de seguridad contra incendios en este tipo de edificios.
- En los edificios de gran altura la seguridad contra incendios de las fachadas se puede analizar mediante un diseño basado en prestaciones. Dicha metodología puede ayudar a plantear estrategias de seguridad que se sirvan de soluciones tecnológicas y a su vez incluyan las mejores opciones de soluciones constructivas para alcanzar óptimos niveles de seguridad.
- La diversidad de combinaciones de materiales y sus medios de instalación deben evaluarse pormenorizadamente para determinar si son adecuados para su uso como un conjunto completo. Sin embargo, el gran volumen de combinaciones de componentes de construcción que pueden formar una pared exterior se presentan como un verdadero desafío para la evaluación de incendios de estos conjuntos.

- Un desafío es la creciente exigencia de prestaciones de la envolvente ante nuevos requerimientos como el rendimiento térmico, la estanquidad al aire y al agua, la permeabilidad, etc. En algunas áreas, esto incluso se ve impulsado por los códigos nacionales o locales. Este proceso hacia los edificios eficientes ha llevado a productos de aislamiento con propiedades térmicas más altas, y al mayor uso de barreras de aire y barreras de vapor, pero con peor comportamiento en caso de incendio.
- Otro aspecto relacionado con la construcción de edificios es el paulatino aumento del uso de paneles de chapa exterior que son atractivos desde el punto de vista estético, y funcionales por la facilidad de montaje y manipulación, pero pueden suponer un riesgo significativo en situación de incendio.
- Muchos profesionales de la construcción, expertos en protección contra incendios, profesionales del diseño, etc. son conscientes de que debe haber un enfoque holístico para la seguridad contra incendios de los edificios. Esto incluye la selección de materiales cuyas propiedades de reacción al fuego han sido evaluadas, (para limitar la propagación del fuego), la adecuada compartimentación (protección pasiva) y sistemas de detección, alarma y extinción de incendios (protección activa). Sin embargo, no siempre es claro qué enfoque de protección aplicar o qué ensayos son los pertinentes para ofrecer un nivel de protección aceptable en las fachadas.
- Hay otros métodos para evaluar la reacción al fuego que examinan las características de combustión superficial de los materiales, como UL723 y ASTM E84 (Steiner Tunnel), EN 13501 (clasificación de incendios) y EN 13823 (elemento de combustión individual). Si bien estos métodos proporcionan datos sobre componentes singulares que se usan dentro de muros, no proporcionan datos sobre el crecimiento del fuego del sistema de la fachada, lo cual es fundamental para conocer el comportamiento del conjunto.

Es importante seleccionar pruebas de incendio que sirvan en un mercado más global y su transposición a códigos y reglamentos específicos.

En definitiva, queda un largo camino hasta conseguir fachadas con un nivel de seguridad eficiente en caso de incendio. El problema está perfectamente identificado, sin embargo, no existe un consenso en la solución.

8.6. Bibliografía y otras referencias

- Andersson, J., Boström, L., McNamee, J. Fire Safety of Facades. BrandForsk, 2017, 56 págs.
- Cortés, A. D. Incendios. Propagación del fuego por fachada. Ensayos a gran escala. ITeC, Instituto de Tec-

nología de la Construcción de Catalunya, Barcelona, 2018. (https://itec.es/infoitec/articulos/incendios-propagacion-fuego-fachada-ensayos-gran-escala/)
- EFFUA (European Fire Fighter Unions Alliance) Fatal fires and building materials.
- How can we prevent that more occupants and fire fighters are killed? 2012, 22 págs.
- Giraldo, M. P., Cortés, A. D. Propagación exterior de incendios en edificios: ¿estamos preparados para los retos que plantean las nuevas soluciones de fachada? Barcelona, 2014 (https://itec.es/infoitec/jornadas/propagacion-ext-incendios/)
- Ingolfsson, S., Lamont, S. High Rise Buildings with Combustible Exterior Wall Assemblies: Fire Risk Assessment Tool. ARUP, NFPA RESEARCH, 2018, 78 págs.
- Martin, Y., Eeckhout, S., Lassoie, L., Winnepenninckx, E., Deschoolmeester, B. Fire safety of multi-storey building facades. BBRI, 2017, 58 págs.
- Morris, M. This is the hidden potential killer in Australian buildings. 2015. (vídeo) (http://www.abc.net.au/7.30/this-is-the-hidden-killer-in-australian-buildings/6502392)
- Noone, J. Combustible Facades. A city scale problem and a strategic solution. 2016, 59 págs.
- Sassi, S., Setti, P., Amaro, G., Mazziotti, L., Paduano, G., Cancelliere, P., Madeddu, M. Fire safety engineering applied to high-rise building facades. 2016, 11 págs.
- White, N., Delichatsios, M. Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components. The Fire Protection Research Foundation, 2013, 12 págs.

CONCLUSIONES GENERALES

09

Jordi Sans
Director del estudio

En este documento se ha pretendido hacer una aproximación al fenómeno de la propagación del fuego por fachada abordando los diferentes temas que engloba.

Cada capítulo recoge aspectos fundamentales para la comprensión contextualizada del tema. De cada uno de ellos han derivado una serie de conclusiones específicas. A continuación, se exponen las conclusiones generales del estudio.

La información recogida describe un panorama general que, por un lado, permite identificar los diferentes aspectos del problema y por otro, establecer propuestas para abordarlos.

9.1. Identificación del problema

Numerosos incendios en los últimos años evidencian que la propagación del fuego por fachada ha cobrado importancia y que el riesgo de incendio se ha incrementado a raíz de la evolución de los sistemas, materiales y productos de fachada.

El incendio en la Torre Grenfell y sus consecuencias, ha llevado a países como Reino Unido —tradicionalmente rigurosos en materia de seguridad— a plantearse una revisión de varios aspectos de su marco regulador.

9.1.1. El marco regulador en España

El marco regulador en España necesita de revisión porque presenta deficiencias que deben ser corregidas actuando del lado de la seguridad de los usuarios, ya que, aunque en caso de incendio, siempre hay riesgo para la vida; este riesgo aumenta en determinadas circunstancias como son la altura y el uso de determinados sistemas, materiales y productos de fachada.

Entre estas deficiencias del marco regulador se encuentran:

Disposiciones escasas y genéricas, con amplio margen de interpretación en relación con la propagación exterior del fuego. En consecuencia, se observa una inadecuada definición de los requerimientos de protección contra incendios, con el consiguiente incremento de responsabilidad de los profesionales.

En consecuencia, se puede cumplir con la normativa aplicable y construir fachadas que no cubren las situaciones de riesgo debido a su sistema constructivo, configuración o uso de materiales combustibles.

No distingue expresamente los medios de protección según las diferentes tipologías de fachada, sino que aplica los mismos medios para todo tipo de fachadas, ya sean convencionales o ventiladas, muro cortina, fachada de doble piel, etc.

No facilita información de apoyo al profesional que aporte pautas y orientaciones sobre la adopción de medidas de

CONCLUSIONES GENERALES

protección en tipologías con problemáticas concretas. En países como Alemania, Francia o Reino Unido, las normativas hacen referencia a documentos técnicos de apoyo.

En la clasificación de reacción al fuego de productos y materiales de fachada, la normativa española en el CTE DB-SI es B-s3, d2 y es de las más permisivas. Proponemos que además del índice nulo de caída de gota cero se considere el índice s1 en vez del s3.

Esta permisividad puede suponer dificultades significativas en las labores de evacuación y la actuación de los equipos de extinción.

Dentro de los parámetros de reacción al fuego no se considera la toxicidad de los humos, siguiendo la tendencia europea de solo considerar su opacidad. Sin embargo, algunas espumas orgánicas, utilizadas regularmente como material aislante de fachadas, presentan una potencial peligrosidad porque liberan cianuro de hidrógeno.

El 75 % de las muertes en un incendio ocurren por la inhalación de humos tóxicos. En algunos países europeos, como Francia o Polonia, existen reglamentos que abordan el tema de la toxicidad en materiales de construcción en casos concretos.

El CTE no toma en cuenta los riesgos que supone la cámara ventilada, debido al efecto chimenea que potencia la propagación del fuego, más aún en presencia de materiales combustibles.

Además, en este tipo de fachadas, el CTE admite materiales de clase C-s3, d2 (si se prevén barreras cortafuegos de clase E30 cada tres plantas o 10 m), de peor clasificación que la general exigida a los materiales que superan el 10 % de la superficie de la fachada.

EL CTE no hace referencia a medidas de protección en edificios de gran altura, cuyos requerimientos específicos deberían ser superiores debido al incremento del riesgo que suponen. En países como Alemania o Francia existe una normativa específica y limitaciones particulares al uso de materiales combustibles de revestimiento y de aislamiento. La altura es uno de los factores de riesgo —pero no el único— como la carga de fuego y la inflamabilidad de los materiales, entre otros.

El progresivo aumento del espesor requerido para los materiales aislantes, por el incremento de exigencias de eficiencia energética combinado con el uso de materiales combustibles supone un riesgo por el aumento significativo de la carga de fuego de la fachada y la probabilidad de que el fuego alcance el “núcleo” combustible y se propague.

Es importante poner de manifiesto esta situación, considerando que durante los próximos años un número muy importante de edificios en toda España tendrá que renovar su envolvente térmica con sistemas SATE.

A nivel nacional, no existe ninguna norma que contemple los riesgos específicos de incendio durante la ejecución de obras de construcción. Lo cual es muy importante si se tiene en cuenta que un gran número de incidentes de incendio ocurre durante este periodo.

La Ley de prevención de riesgos laborales dentro del ámbito de seguridad e higiene considera el riesgo de incendio y explosión, y dentro de este, los riesgos derivados de la combustibilidad de algunos materiales, pero no aporta medidas, ni protocolos concretos que permitan prevenir o mitigar (en caso de incendio) una amenaza de este tipo.

9.1.2. El marco regulador europeo

A nivel europeo, el principal problema identificado es el tipo de ensayos admitidos por el CEN para que un producto o sistema de fachada obtenga la certificación de clase de reacción al fuego. En ningún caso representan una situación típica o real de propagación del fuego por fachada ni del producto dispuesto en condiciones de uso final por tratarse de ensayos a pequeña y mediana escala, en los que se aplican potencias de fuego muy inferiores a las que se dan en situaciones reales.

Como consecuencia, productos formados con materiales con un alto nivel de combustibilidad obtienen la certificación de clase de reacción al fuego apta para cualquier aplicación de fachada. Esto ocurre, por ejemplo, en el caso de los paneles sándwich y los SATE.

En los ensayos que se realizan actualmente para evaluar productos y sistemas de fachada no se analiza la propagación (solo se analizan las condiciones relacionadas con la reacción y la resistencia al fuego), siendo este un parámetro fundamental para evaluar el riesgo específico del desarrollo del fuego y la difusión de las llamas entre sectores de incendio del mismo edificio o hacia el exterior.

En 14 países de la UE tienen ensayos a gran escala (escala 1:1), pero todos ellos con escenarios y parámetros de evaluación distintos entre sí, lo que dificulta las comparativas. Los ensayos a gran escala son la única manera fiable de evaluar que el comportamiento de un producto o sistema en situación de incendio es satisfactorio.

Actualmente, existe un amplio consenso de la necesidad de definir un escenario único de ensayo a gran escala para todos los países de la UE que permita evaluar los productos y sistemas, que así lo requieran, bajo condiciones de uso final equivalentes a una situación típica de propagación por fachada. En otros casos, se pueden establecer limitaciones de diseño, requisitos de protección contra incendio (principalmente pasiva), sin perder de vista la propagación como criterio de evaluación complementario a la resistencia y la reacción al fuego.

A pesar de la dificultad que entraña hacer una comparativa de las normativas de edificación en materia de seguridad contra incendios de los países europeos, en términos relativos se puede afirmar

que la normativa de España está bastante lejos de alcanzar el mismo nivel de detalle y especificaciones en materia de seguridad contra incendios en la edificación que la de otros países. Más aún si se compara con la normativa de países considerados referentes en este asunto, como Reino Unido.

9.2. Propuestas

Se considera importante actuar en dos frentes diferentes:

9.2.1. Fortalecimiento de la cultura de la seguridad

Entendiendo este concepto como la percepción colectiva del riesgo y la prevención. En algunos países como EE. UU. y Reino Unido, forma parte de sus prioridades a nivel educativo y cultural. En España, sigue siendo un tema poco relevante.

Comprende tareas como:

- Información y difusión a públicos variados
- Incorporación de planes específicos de formación a profesionales
- Recopilación e información estadística de casos de incendio
- Apoyo a la investigación en temas relacionados con las medidas de protección
- Conformación de grupos multidisciplinares para discutir sobre temas relacionados con la prevención y promover acciones orientadas a diversos ámbitos profesionales y técnicos

9.2.2. Propuesta de modificaciones del marco normativo

Teniendo en cuenta que algunas situaciones de riesgo identificadas de unas especificaciones y requerimientos de la normativa poco exigentes, planteamos algunos aspectos de la norma que deberían revisarse. Entendiendo que los cambios normativos suponen un largo proceso de evaluación, de propuestas, justificaciones y un trabajo minucioso realizado por equipos multidisciplinares.

Los requisitos para fachadas en el CTE deberían adaptarse a las diferentes tipologías de edificios, atendiendo especialmente a su altura y la dificultad que presente tanto su evacuación como el acceso de los equipos de bomberos.

Para edificios de gran altura (EGA) o de difícil acceso para bomberos, donde puede quedar comprometida su intervención y poner en peligro la evacuación de los ocupantes, se debería garantizar una propagación lenta y limitada del fuego y los humos tóxicos que genera. Para este fin se propone:

a. Limitar la utilización de materiales y productos a aquellos no combustibles, como máximo, A2-s1, d0, con el objetivo de reducir al mínimo la emisión de humos y la propagación por caída de gotas.
b. Equipar las cavidades de aire de las fachadas ventiladas con barreras cortafuegos verticales y horizontales, con el objetivo de limitar la propagación por efecto chimenea que se produce en su interior.

Para edificios no considerados EGA y de fácil acceso para bomberos, los requerimientos pueden ser menos estrictos. Se propone lo siguiente:

a. Limitar la utilización de materiales y productos a aquellos con una combustibilidad baja y contribución al fuego limitada, como máximo, B-s2, d0, con el objetivo de reducir la emisión de humos y evitar la caída de gotas.
b. En aquellas fachadas que soportan vías de evacuación, limitar la utilización de materiales y productos a aquellos no combustibles, como máximo, A2-s1, d0.
c. Equipar las cavidades de aire de las fachadas ventiladas con barreras cortafuegos verticales y horizontales, con el objetivo de limitar la propagación por efecto chimenea que se produce en su interior.

Incluir en la regulación, casos especiales especialmente destacados en la propagación de incendios por el exterior, como es el caso de los patios de luces y patios interiores de manzana. Tratar estos como fachada y dada la dificultad de acceso a estos espacios de los equipos de bomberos, limitar la utilización de materiales y productos a aquellos no combustibles, como máximo, A2-s1, d0.

En cuanto a los ensayos de certificación, es evidente que existe preocupación a nivel europeo por definir el ensayo a gran escala armonizado. A nivel nacional, será muy importante trabajar en el ajuste de estas pruebas en los reglamentos locales vigentes.

Estos ensayos a gran escala permitirán clasificar de forma correcta los materiales en cuanto su contribución al fuego: reacción, resistencia y propagación. Se hace necesario en algunos casos los ensayos a escala real porque

En relación con la toxicidad, teniendo en cuenta su relevancia en el elevado porcentaje de víctimas de incendios, la normativa debería aplicar diferentes criterios según los usos y características del edificio.

Este aspecto es especialmente crítico en los edificios con ocupantes más vulnerables (escuelas, hospitales, residencias, etc.) y en edificios de gran altura o en edificios antiguos rehabilitados, dónde la evacuación puede presentar mayores dificultades.

De la misma forma que el REBT regula en detalle cómo reacciona al fuego el revestimiento de los cables eléctricos, esta misma filosofía se podría aplicar a otros productos de la construcción.

Incentivar el desarrollo del enfoque basado en prestaciones para cubrir riesgos en los que la normativa prescriptiva tenga limitaciones, como puede ser el caso de determinados edificios singulares.

Para conseguir este cometido, solicitamos a la administración competente en la materia que aglutine en un grupo de trabajo a profesionales, expertos, investigadores, empresas del sector y el organismo regulador. Desde el Colegio de Ingenieros Industriales de Catalunya

nos ofrecemos para liderar el grupo de trabajo para coordinar propuestas y soluciones a la problemática que nos ocupa.

Para la realización de este estudio ha sido fundamental el apoyo del Consejo Asesor establecido especialmente para la ocasión, formado por profesionales y expertos de referencia del sector, a los cuales queremos agradecer su colaboración.

Consejo Asesor

Pere Alavedra
Jordi Bolea
Eva Cuerva
Rafael de la Fuente
Pilar Giraldo
Anna Lacasta
Ángel López
Jordi Mirabent
Rafael Nadal
Javier Niño
Cristina Pardal
Andrés Pedreira
Imma Ros
Jordi Sans
Cristóbal Trabalón.

Enginyers
Industrials de Catalunya
Via Laietana, 39
08003 Barcelona
93 319 23 00
www.eic.cat

Aigües de Barcelona
La gestió responsable
endesa
nedgia
Catalunya
Grupo Naturgy
Caixa d'Enginyers
la mútua
dels enginyers

Enginyers
Industrials de Catalunya
Via Laietana, 39
08003 Barcelona
93 319 23 00
www.eic.cat

Aigües de Barcelona
La gestió responsable
endesa
nedgia
Catalunya
Grupo Naturgy
Caixa d'Enginyers
la mútua
dels enginyers