

ANÁLISIS DE LOS MATERIALES QUE FAVORECIERON LA PROPAGACIÓN DEL INCENDIO DE LA FACHADA DEL EDIFICIO CAMPANER (VALENCIA)

M.Ferrer Picazo ¹, S. Spairani Berrio ², B. del Moral ², A. Navarro Navarro ²

¹ Arquitectura Candela, Elche, España

² Universidad de Alicante, San Vicente Del Raspeig, España

RESUMEN

Lamentablemente el 22 de febrero de 2024, a las 17:37 horas, el edificio residencial situado en Carrer Rafael Alberti Poeta, número 2, construido en 2009, denominado “Campaner Valencia” y compuesto por dos bloques (uno con 14 plantas y otro con 12 plantas unidos por un núcleo de comunicación vertical central acristalado cilíndrico que aloja dos ascensores) a partir de la séptima planta fue devastado por las llamas. El fuego se propagó por una supuesta fuga de gas en la parte trasera de un frigorífico ubicado en la cocina de una de las 138 viviendas, lo que favoreció la llegada de las llamas a la envolvente de la fachada que estaba revestida por un material compuesto de un panel de dos chapas recubiertas de aluminio, de 0,5 mm cada una, y un núcleo mineral de 5 mm de espesor. Debido a la adhesión de este panel a un poliuretano que, como es sabido, es un material más combustible, se favoreció la propagación de las llamas por la fachada del edificio de 14 plantas, avivándose a su vez por las fuertes rachas de viento y la falta de sistemas de detección y extinción contra incendios por estar construido el edificio bajo la antigua Norma Básica de la Edificación: Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios, de 1996. Además, la geometría y el diseño de fachada ventilada del edificio donde la distancia del cerramiento cerámico al panel citado era de aproximadamente 10 cm, dificultó asimismo el control de las llamas y obstaculizó la intervención de los bomberos. Todo ello, dio lugar a que quedase aquel fatídico día prácticamente el esqueleto estructural del inmueble residencial. Para que puedan volver sus propietarios a vivir en sus viviendas, intentando mantener la composición arquitectónica y estética en su inserción en el entorno urbano, desde principios de mayo de 2025, existe una rehabilitación integral que está siendo realizada por la empresa Dragados S.A. El propósito de este trabajo es el estudio y análisis de los materiales empleados que favorecieron en la fachada del edificio “Campaner Valencia” la propagación del incendio en minutos. Y ver, a su vez, en su rehabilitación integral actual qué materiales se están utilizando para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación y el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio. Todo ello, tanto desde el punto de vista de la envolvente y desde el punto de vista de barreras cortafuegos, sistemas de detección y extinción en caso de incendio, mejora del acondicionamiento térmico y acústico. Los resultados iniciales ofrecen dos opciones de intervención para prevenir esta problemática en futuras edificaciones residenciales. Todo esto con el propósito de elaborar lineamientos de acción futura que nos brinden información valiosa sobre los desafíos asociados a la ubicación de materiales de construcción más sostenibles para las fachadas orientados a la disminución de las emisiones de gases

de efecto invernadero y del ahorro de consumo energético residencial que favorezcan la orientación hacia nuevas políticas públicas y normativas territoriales en España y en otros países europeos.

PALABRAS CLAVE: Campaner Valencia, Factores Propagación Incendio, Materiales De Construcción, Mejora Propiedades Fachadas Ventiladas, Rehabilitación Sostenible.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis normativo evidencia que aproximadamente el 50 % del parque edificatorio en España es anterior a las Normas Básicas de la Edificación (NBE-CT-79 [1] y NBE-CPI/96 [2]), lo que implica la existencia de importantes vulnerabilidades en materia de seguridad frente a incendios en sistemas de fachada que no cumplen los estándares actuales del CTE [3]. Es destacable que este problema adquiere una especial relevancia, dado que esta complejidad se considera que no obedece exclusivamente al acto de selección en sí de los materiales, sino también a la propia concepción del sistema constructivo, su ejecución, su cálculo y su adecuación normativa.

En particular cabe destacar que las fachadas ventiladas han sido objeto de creciente atención en el ámbito arquitectónico contemporáneo debido a su comportamiento frente al fuego, especialmente en edificios en altura. De hecho, diversos estudios han demostrado que la propagación vertical del fuego en una fachada ventilada, se considera especialmente peligroso y desfavorable cuando éstas incorporan materiales combustibles y, además, se presentan cámaras de aire continuas o la ausencia de barreras de sectorización ([4]-[7]). Este problema se considera que adquiere una especial relevancia cuando entre su construcción combinada del revestimiento exterior y el aislamiento continuo. Dado que, se da el efecto chimenea de la cámara de aire ventilada lo que multiplica su propagación vertical, la contribución energética de sus materiales poliméricos y la rápida ascensión de transmisión de calor de las llamas mediante procesos acoplados por convección y radiación térmica, se considera así que incrementa la velocidad de propagación del incendio ([4],[8],[9]).

Asimismo, el uso extendido de paneles compuestos de aluminio con núcleos poliméricos ha sido identificado claramente como un factor de riesgo significativo en incendios de rápida propagación en edificios en altura ([7],[10]-[12]). Este tipo de soluciones constructivas, ampliamente utilizadas por su eficiencia energética y facilidad de ejecución, han conseguido demostrar un comportamiento crítico en situaciones reales en el ámbito internacional. De hecho, se ha puesto de manifiesto en la literatura que estos materiales presentan una elevada contribución energética y que pueden generar fenómenos de goteo inflamado, lo que acelera la propagación vertical del fuego y aumenta la toxicidad de los humos ([10],[11],[13]). Además, casos internacionales como el incendio de Grenfell Tower han puesto en el epicentro de estudio la necesidad de revisar los criterios normativos existentes, promoviendo el uso de ensayos a gran escala como BS 8414-1, o bien, NFPA 285 ([9],[14],[15]). En este contexto, el caso paradigmático del incendio objeto de estudio “Campaner Valencia” de 2024 (ver “Figura 1”), se considera que constituye un caso de estudio de especial relevancia dado que, reproduce muchas de las debilidades citadas y condicionantes asociadas a sistemas de fachada ventilada ejecutados bajo normativa previa al CTE [3].



Figura 1. Fachada quemada “Campaner Valencia”. **Fuente:** F. Arufe y J. Larraz periódico Economía Digital C.V.

Se debe destacar que además este edificio fue construido entre 2005 y 2009 y, por ello, incorpora soluciones de fachada ventilada con materiales potencialmente combustibles, lo que contribuyó a la rápida propagación del fuego. Ante esta problemática, en los últimos años se ha considerado oportuno impulsar una revisión crítica de los sistemas de fachada y de los marcos normativos, promovándose así enfoques prestacionales basados en ensayos a gran escala y en el análisis del comportamiento real de los materiales ([10], [16], [17]). Asimismo, se considera necesario indicar que investigaciones más recientes ([18], [19]) han confirmado que el diseño de la envolvente, la selección de los materiales no combustibles y la geometría de la cámara (debido a fenómenos acoplados de convección y transferencia de calor) siguen siendo factores críticos en la seguridad frente al fuego en edificios, especialmente en aquellos construidos bajo normativas anteriores al CTE [3].

Este trabajo científico tiene como objetivo principal analizar el comportamiento frente al fuego de sistemas de fachada ventilada en edificios residenciales, a partir del estudio concreto del caso del edificio “Campaner Valencia” de 2024. De forma específica, además, se pretende evaluar los factores constructivos que influyen en la propagación del incendio y así, aportar criterios técnicos que contribuyan a mejorar la seguridad en este tipo de soluciones constructivas.

2. DESARROLLO / METODOLOGÍA

Respecto a la metodología de análisis se considera necesario indicar que se fundamenta bajo una doble vertiente: la primera asociada a una perspectiva académica orientada a demostrar los conocimientos adquiridos en el Grado en Arquitectura Técnica y la segunda basada en una metodología asociada a un proceso de análisis cualitativo-comparativo que está totalmente orientado a evaluar el comportamiento frente al fuego de la fachada ventilada del caso de estudio “Campaner Valencia” de 2024. Este enfoque metodológico lógicamente se apoya en la revisión de literatura científica especializada y, además, en la normativa técnica vigente que ha sido ampliamente utilizada en estudios similares sobre seguridad contra incendios en envolventes arquitectónicas ([10], [11], [16], [18]).

A continuación, en la “Figura 2” se presenta un esquema sintético del proceso metodológico seguido, permitiendo una comprensión clara del proceso de investigación y reforzando su rigor técnico:

Recopilación de información primaria → Caracterización del sistema constructivo del “Campaner Valencia” → Evaluación del comportamiento de la fachada del “Campaner Valencia” frente al incendio → Comparación del sistema constructivo inicial y en su reconstrucción → Comparación con normativa actuales → Posibilidad de consulta de criterios técnicos utilizados en el “Campaner Valencia”

Figura 2. Esquema del proceso metodológico

En una primera fase, se realiza la recopilación documental primaria mediante la revisión de normativa técnica vigente, principalmente el CTE [3] y su DB-SI, así como literatura científica relevante sobre comportamiento frente al fuego de las fachadas ventiladas ([4], [5], [10], [11]). Además, se consideran documentos técnicos internacionales que establecen metodologías de ensayo y evaluación, como NFPA, BS 8414-1 e ISO 13785-2 ([14],[15],[20]). Esta revisión ha permitido verificar varios mecanismos de propagación del fuego y los parámetros críticos que condicionan su desarrollo ([4], [9], [21]).

Posteriormente, en este caso de estudio se recopila y se analiza la información técnica procedente de los dictámenes periciales realizados por entidades acreditadas como Intemac [22], que permiten contextualizar el caso de estudio dentro de un marco real que sirva de referencia para comprender el comportamiento de los incendios en condiciones no controladas ([17], [11], [15]).

En la fase de caracterización del sistema constructivo original, se han identificado los principales parámetros del sistema constructivo. Para ello, se ha considerado la tipología del material, la geometría de la cámara ventilada y la existencia de barreras cortafuego, factores que han sido señalados en la literatura como determinantes en la propagación del fuego ([10], [17], [19]). Asimismo, se ha considerado la contribución energética de los materiales del sistema constructivo [6].

En una tercera fase, se desarrolla la evaluación del comportamiento frente al fuego, analizando los principales mecanismos de propagación del incendio a partir de modelos descritos en estudios previos, incluyendo el efecto chimenea, la contribución energética de los materiales combustibles y la transferencia de calor por convección y radiación ([4], [6], [8], [13]). Este análisis se contrasta con resultados experimentales y estudios de casos reales documentados en la literatura científica ya citada ([10], [11]). A continuación, se realiza una comparación técnica entre las características del sistema original y las soluciones adoptadas en la rehabilitación del edificio, evaluando su adecuación a las exigencias actuales del CTE [3] y su DB-SI. Se analizan mejoras en la clasificación de reacción al fuego de los materiales, la compartimentación de la fachada y la incorporación de sistemas de protección activa, en línea con las recomendaciones de construcción con seguridad contra incendios ([16], [17]).

A partir del análisis anterior, se posibilita consultar criterios técnicos, basados en evidencia científica y en la normativa vigente, orientados a la prevención de la propagación del fuego a través de este caso de estudio. Estos criterios se alinean con las tendencias actuales en diseño prestacional y seguridad en envolventes ([18], [19]). Finalmente, se considera que la validez del estudio se ha reforzado mediante la triangulación de fuentes normativas, científicas y documentales, garantizando la consistencia y fiabilidad de los resultados obtenidos en este caso de estudio del “Campaner Valencia” de 2024.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis comparativo del sistema de fachada en el “Campaner Valencia”

3.1.1. Configuración constructiva previa al incendio

El sistema constructivo original del trágico desenlace ocurrido en el edificio “Campaner Valencia” se puede aseverar que es el típico de las edificaciones en altura desarrolladas en España entre 2005 y 2010. La solución constructiva se caracterizaba por la presencia de un panel de dos chapas recubiertas de aluminio, de 0,5 mm cada una, y un núcleo mineral de poliuretano de 5 mm de espesor. Todo ello,

sujeto a los montantes verticales con una subestructura metálica de aluminio AW6005A. A continuación, existe una cámara de aire continúa ventilada sin compartimentación. Respecto al trasdosado interior se debe indicar que existe una hoja de fábrica cerámica con un acabado interior de Placa de Yeso Laminado.

Por otro lado, desde el punto de vista normativo cabe destacar que el sistema sí que cumplía las exigencias vigentes en el momento de su construcción, pero, sin embargo, se considera que presentaba vulnerabilidades significativas con el actual CTE, especialmente en lo relativo al DB-SI, que favorecieron una rápida propagación del incendio en la fachada, evidenciando un fallo sistémico. En este sentido, se identifican los siguientes puntos críticos, en línea con lo descrito en la literatura científica sobre comportamiento frente al fuego en fachadas ventiladas ([10], [11], [17]).

- Presencia de material combustible en la capa exterior, concretamente el núcleo de poliuretano del panel compuesto, dada su elevada contribución energética. Este tipo de materiales poliméricos, durante su descomposición térmica, experimentan procesos de pirólisis que generan gases inflamables, los cuales favorecen una mayor combustión y la propagación rápida del fuego ([6], [13]).
- Continuidad vertical de la cámara ventilada sin compartimentación lo que genera y favorece el efecto chimenea que da lugar a que los gases calientes asciendan rápidamente debido a diferencias de densidad. Por ello, a través del flujo de calor se eleva la temperatura de los materiales del sistema constructivo y se favorece su ignición ([4], [8]).
- Ausencia de barreras cortafuego intermedias en la cámara ventilada implica que no existen elementos que interrumpan la continuidad del flujo térmico y de los gases generados en el incendio. Esto conlleva que se propague libremente a lo largo de toda la fachada ventilada, sin limitaciones físicas que reduzcan su rápida propagación ([10], [11]).
- Posibilidad de goteo de partículas inflamables y humos tóxicos a través de una propagación secundaria durante la combustión del panel con núcleo mineral de poliuretano [13].
- Aunque la subestructura de aluminio no es combustible, su comportamiento a altas temperaturas puede influir indirectamente en la evolución del incendio, lo que puede provocar deformaciones o fallos en los anclajes con el consiguiente desprendimiento de los paneles de la fachada ventilada [16].

3.1.2. Configuración constructiva tras la reconstrucción

La reconstrucción posterior al incendio redefine completamente la envolvente para cumplir con los actuales estándares exigidos por el CTE y su DB-SI. La solución constructiva se caracterizaba por la presencia de una placa cerámica blanca alveolada realizada por monococción con clasificación tipo B y una absorción baja tipo I. Siendo, a su vez, compatible con su trasdosado con la lana de roca altamente ignífuga con arandela de PVC mediante fijación mecánica. A continuación, existe una cámara ventilada compartimentada y sectorizada cada tres plantas. Todo ello, montado sobre una subestructura metálica de aluminio AW6005A tanto vertical como horizontal y, además, presenta unas grapas de aluminio AW6005A para permitir la sujeción directa de la pieza cerámica a los montantes verticales. Respecto al trasdosado interior se debe indicar que existe una hoja de fábrica cerámica saneada con un acabado interior de Yeso de terminación.

Desde el punto de vista normativo, el sistema cumple ampliamente con el actual CTE, especialmente en lo relativo al DB-SI, evidenciando una solución constructiva alineada con las recomendaciones actuales en seguridad contra incendios en fachadas ([16], [17]). En este sentido, se garantiza:

- La eliminación de materiales combustibles en su envolvente reduce significativamente la intensidad del fuego y limita su propagación por la misma ([10], [16]).
- Interrupción de la propagación vertical del fuego a través de barreras cortafuegos integradas que sectorizan la envolvente reducen el efecto chimenea al introducir discontinuidades en el recorrido del flujo de los gases calientes ([4], [8]).
- Mejora del comportamiento térmico por su naturaleza inorgánica que genera una reducción de transmitancia hacia el interior del edificio.
- Cumplimiento estricto del DB-SI 2, lo que implica una mejora significativa respecto al sistema original de fachada ventilada.

3.1.3. Discusión técnica

El estudio del edificio “Campaner Valencia” de 2024 evidencia que el análisis comparativo del sistema constructivo pone de manifiesto que el comportamiento frente al fuego de su fachada ventilada no depende exclusivamente de la clasificación individual de sus materiales, sino más bien del diseño interior y exterior en su conjunto existiendo múltiples variables interrelacionadas, tal y como señalan investigaciones previas ([10], [11], [17]) y que además, se puede aseverar tras la comparativa técnica que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Comparativa técnica fachada ventilada edificio “Campaner Valencia”

Parámetro técnico	Sistema previo al incendio	Sistema posterior al incendio	Implicación en el incendio
Reacción al fuego revestimiento exterior	Euroclase E/B-S2, d0	Euroclase A1	Alta contribución energética vs comportamiento incombustible
Tipo de núcleo	Poliuretano (combustible)	Material cerámico	Generación de gases y propagación vs estabilidad térmica
Cámara ventilada	Continua	Sectorizada cada 3 plantas	Efecto chimenea vs interrupción de flujo convectivo
Aislamiento térmico	Lana de roca A1	Lana de roca A1	Buen comportamiento ignifugo
Barrera cortafuego en fachada	No existen	Incorporadas	Propagación vertical libre vs compartimentación

Subestructura	Aluminio	Aluminio	Sin influencia significativa directa
Riesgo de propagación vertical del fuego	Muy rápido	Limitada	Desarrollo de incendio generalizado vs controlado
Generación de humos	Elevada	Baja	Mayor toxicidad y riesgo para ocupantes
Goteo de material inflamado	Presente	Inexistente	Propagación secundaria relevante
Cumplimiento normativo	NBE-CPI/96	CTE DB-SI	Cumplimiento formal en fecha de construcción vs prestacional

Los resultados obtenidos se considera que son coherentes con las investigaciones previas ([10], [16]) que indican que la sectorización de la cámara ventilada y el uso de materiales incombustibles (Euroclase A1) son medidas altamente eficaces para limitar la propagación del fuego en fachadas ventiladas. Además, se confirma que la evaluación del sistema constructivo se debe de realizar considerándose su globalidad, y no únicamente a partir de la clasificación individual de los materiales, tal y como señalan además los estudios de Torero y SFPE [23].

3.1.4. Implicaciones para la práctica profesional

El estudio del edificio “Campaner Valencia” de 2024 permite establecer las siguientes recomendaciones técnicas, en coherencia con las directrices actuales en diseño seguro frente a incendios ([16], [17]):

- Mejora de los diseños arquitectónicos a través de la inclusión en el uso residencial edificio de cámaras ventiladas siempre sectorizadas, ya que favorecen la mitigación rápida e intensa del fuego ([4], [8]).
- Priorizar sistemas constructivos pasivos con clasificación A1 en edificios de gran altura, reduciendo la contribución energética del sistema ([10], [16]).
- Incorporar barreras cortafuego en todos los encuentros con frentes de forjado para crear una discontinuidad de la cámara ventilada, ya que en caso contrario se aporta oxígeno al sistema y se favorece la combustión intensificándose el incendio y acelerando su propagación ([10], [11]).
- Evaluar el sistema constructivo como conjunto y no como suma de cada uno de los componentes de la geometría de la envolvente ya que juega un papel clave en la propagación del incendio ([16], [17]).

3.1.5. Limitaciones del marco normativo previo al cumplimiento del DB-SI

El estudio del edificio “Campaner Valencia” de 2024 permite evidenciar que, en el momento de su construcción, existía una discrepancia entre el cumplimiento formal de la normativa vigente y el comportamiento real frente al fuego, especialmente en lo relativo a la propagación en fachada en

edificios en altura. Esta situación ha sido identificada en diversos estudios internacionales, que subrayan la necesidad de avanzar hacia enfoques normativos basados en prestaciones y en el análisis del comportamiento real de los sistemas constructivos ([10], [16], [17]).

Además, se identifica como limitación relevante del marco normativo previo la ausencia de ensayos a gran escala obligatorios para sistemas de fachada, lo que impedía evaluar el comportamiento real del conjunto constructivo frente al fuego. En este sentido, diversos estudios han puesto de manifiesto que los ensayos a pequeña escala no son representativos del comportamiento global de fachadas ventiladas, siendo necesario recurrir a metodologías como NFPA 285 o BS 8414-1 para reproducir condiciones reales de incendio ([14], [15], [10]).

Por otro lado, se detecta una insuficiente consideración de la toxicidad de los humos y gases generados durante la combustión, aspecto crítico en términos de seguridad para los ocupantes y que ha sido ampliamente señalado en la literatura científica como un factor determinante en incendios de fachadas con materiales poliméricos ([13], [6]).

Igualmente, el marco normativo previo presentaba limitaciones en cuanto a la falta de exigencias específicas sobre la compartimentación de cámaras ventiladas, lo que favorecía configuraciones continuas que incrementan significativamente el riesgo de propagación del incendio, tal y como se ha demostrado en estudios experimentales y de simulación ([4], [8], [18]).

4. CONCLUSIONES

El estudio del edificio “Campaner Valencia” de 2024 pone de manifiesto que la propagación de este incendio a través de su fachada ventilada es el resultado de una interacción compleja entre materiales, geometría y mecanismos de transferencia de calor, y no únicamente de la reacción al fuego de los componentes que conformaban la propia fachada. En particular aquí la presencia de materiales con alta contribución energética, junto con la existencia de cámaras ventiladas continuas sin compartimentación, genera condiciones altamente favorables para el desarrollo del efecto chimenea, acelerando la propagación vertical del fuego.

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones internacionales que han identificado los sistemas de paneles compuestos con núcleos poliméricos como uno de los principales factores de riesgo en incendios de fachadas en edificios en altura. Asimismo, se ha visto en el edificio como la generación de humos tóxicos y el goteo de material inflamado contribuyen de manera significativa a la propagación secundaria del incendio, incrementando el riesgo para los ocupantes y dificultando las labores de intervención posterior.

En contraposición, la solución adoptada en la intervención por el estudio Archeha y la empresa Dragados S.A demuestra que la aplicación de criterios basados en el CTE, junto con el uso de materiales incombustibles y la sectorización de la cámara ventilada, permite reducir de forma significativa el riesgo de propagación del fuego, en línea con las recomendaciones internacionales en materia de diseño prestacional. Esta solución refuerza la importancia de considerar la fachada como un sistema integrado, cuya seguridad depende de la interacción de todos sus componentes.

Tras la comparativa técnica de la fachada ventilada en el sistema previo y posterior al incendio se evidencia que si es posible mejorar significativamente el comportamiento global frente al fuego

mediante la selección de materiales no combustibles y la compartimentación vertical y horizontal en su sistema constructivo. De ahí que se considera que el diseño geométrico arquitectónico y la continuidad de la cámara ventilada son tan determinantes como la propia naturaleza de cada uno de los materiales que integran el sistema constructivo.

Desde una perspectiva más amplia, este estudio evidencia la necesidad de avanzar hacia modelos normativos basados en prestaciones, apoyados en ensayos a gran escala y simulaciones similares que permitan evaluar el comportamiento real de las fachadas en condiciones de incendio. Asimismo, se considera que pone en relieve la urgencia de intervenir en España sobre el parque edificatorio existente por su obsolescencia, especialmente en edificios en altura construidos bajo normativas anteriores al CTE, donde persisten vulnerabilidades significativas.

Definitivamente, el análisis del comportamiento frente al fuego del sistema de fachada ventilada del edificio “Campaner Valencia” de 2024 aporta evidencias sobre su comportamiento frente al incendio no controlado que sufrió, contribuyendo a la discusión científica sobre la evaluación de los factores constructivos que han influido en su propagación. Sin obviar, los criterios normativos actuales utilizados y la necesidad de haber considerado un enfoque basado en la mejora de las prestaciones técnicas. Las cuales se consideran pueden ser replicables en futuras intervenciones arquitectónicas residenciales realizadas con fachadas ventiladas. Además, se considera básico la eliminación de materiales con alta contribución energética, y la incorporación de barreras cortafuegos de forma sistemática. Finalmente, es necesario continuar avanzando hacia enfoques normativos de carácter prestacional que permitan evaluar de forma más precisa la seguridad frente al fuego en sistemas constructivos residenciales.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su más sincera gratitud al estudio Arquitectura Candela y AT Consult, tanto por su compromiso con la formación y el crecimiento profesional de su personal técnico.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] Ministerio de Fomento. (1996). Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios en los edificios Boletín Oficial del Estado, (261), 32378. www.boe.es

[2] Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (1979). Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79: Condiciones térmicas en los edificios. Boletín Oficial del Estado, (253), 24524-24550. www.boe.es

[3] Ministerio de Vivienda. (2006). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, (74), 11816-11831. www.boe.es

[4] Drysdale, D. (2011). An introduction to fire dynamics (3rd ed.). Wiley.

[5] Koo, J. H., Kim, J. H., & Choi, S. G. (2018). Fire performance of façade materials. Fire Technology, 54(4), 1011–1035. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0720-1>

- [6] Babrauskas, V. (2013). *Ignition Handbook*. Fire Science Publishers.
- [7] Wade, C. A., & Clappett, J. S. (2000). *Fire performance of external cladding systems (BRANZ Study Report SR96)*. Building Research Association of New Zealand.
- [8] Sharma, A., & Mishra, K. B. (2021). Experimental investigations on the influence of chimney effect on fire response of rainscreen façades in high-rise buildings. *Journal of Building Engineering*, 44, 103360. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103360>
- [9] Rein, G. (2016). Smouldering combustion phenomena in science and technology. *International Review of Chemical Engineering*, 8(1), 3–18.
- [10] McKenna, S. T., Jones, N., Peck, G., Dickens, K., Pawelec, W., Oradei, S., Harris, S., Stec, A. A., & Hull, T. R. (2019). Fire behaviour of modern façade materials – Understanding the Grenfell Tower fire. *Journal of Hazardous Materials*, 368, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.12.077>
- [11] Jones, N., Peck, G., McKenna, S. T., Glockling, J. L., Harbottle, J., Stec, A. A., & Hull, T. R. (2021). Burning behaviour of rainscreen façades. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123894. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123894>
- [12] Asimakopoulou, E. K., Kolaitis, D. I., & Founti, M. A. (2017). Thermal characteristics of externally venting flames and their effect on the exposed façade surface. *Fire Safety Journal*, 91, 451–460.
- [13] Stec, A. A., & Hull, T. R. (2011). Assessment of fire toxicity: The role of fire effluents in fire hazard. *Fire Safety Journal*, 46(3), 96–104.
- [14] National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 285: Standard fire test method for evaluation of fire propagation characteristics of exterior wall assemblies*. NFPA.
- [15] British Standards Institution. (2015). *BS 8414-1: Fire performance of external cladding systems*. BSI.
- [16] Buchanan, A. H., & Abu, A. (2017). *Structural Design for Fire Safety* (2.^a ed.). Wiley.
- [17] Torero, J. L. (2020). *Fire safety engineering: A global perspective*. Springer.
- [18] Khoo, B., Jahn, W., Bonner, M., Kotsovinos, P., & Rein, G. (2025). Fire inside the cavity of a non-flammable façade: Step-by-step development of Multiphysics computer simulations. *Fire Technology*, 61(4), 2235–2263. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01680-z>
- [19] Rajasekharan Pillai, S. (2025). From design to disaster: A review of fire hazards in building façades. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 10(2), 9–12. <https://doi.org/10.33564/IJEAST.2025.v10i02.002>
- [20] International Organization for Standardization. (2017). *ISO 13785-2: Reaction-to-fire tests for façades—Part 2: Large-scale test*. ISO.
- [21] Quintiere, J. G. (2006). *Fundamentals of fire phenomena*. Wiley.
- [22] Intemac. (s. f.). Instituto Técnico de Materiales y Construcciones. (Consultado el 24 de marzo de 2026). <https://www.intemac.es/>
- [23] Society of Fire Protection Engineers. (2016). *SFPE handbook of fire protection engineering* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0>