

## Estudio sobre medidas de protección pasiva contra el fuego en fachadas de madera

María Pilar Giraldo<sup>b</sup>, Ana María Lacasta<sup>a</sup>, Andreu Segura<sup>a</sup>

<sup>a</sup>EPSEB, Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Dr. Marañón, 44-50, 08028 Barcelona;

<sup>b</sup>Institut Català de la Fusta (Incafust). Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC),  
Ctra. Sant Llorenç de Morunys, km 2. 25280, Solsona, Lleida.

Pilar.giraldo@incafust.cat

**Palabras clave:** fachadas de madera, propagación exterior del fuego, aleros, elementos salientes, protección pasiva.

### Resumen

En una situación de incendio en un edificio la fachada puede ser una de las vías de propagación más rápidas. El riesgo de propagación puede verse incrementado sustancialmente en presencia de revestimientos combustibles como la madera. El diseño de la fachada puede influir de forma favorable o desfavorable en la trayectoria y tamaño de las llamas dependiendo de su configuración geométrica. En este trabajo se utilizan técnicas de simulación computacional (Fire Dynamics Simulation (FDS)) para evaluar la influencia del tamaño de las ventanas y de elementos de protección, tales como aleros y bandas laterales en las jambas. Este estudio forma parte de una línea de investigación desarrollada por el Instituto Catalán de la Madera INCAFUST en colaboración con el grupo GICITED de la UPC, cuyo objetivo es promover el uso de la madera como material de revestimiento de fachadas en edificios de varias plantas sin que ello suponga un riesgo en situación de incendio.

### Introducción

Durante los últimos años la propagación del fuego por fachada ha ido despertando un interés creciente. Incendios como el de la torre Grenfell de Londres han puesto de manifiesto el riesgo que supone, entre otros aspectos, el uso de materiales combustibles en los revestimientos de fachada [1,2].

La madera es un material altamente resistente al fuego cuando se usa en elementos estructurales con suficiente sección transversal. Sin embargo, se trata de un material combustible e inflamable con clasificación D-s2,d0 según las Euroclases de reacción al fuego. Lo que indica que es un material con una aportación media al fuego (D), que genera una cantidad moderada de humos (S2) y que no produce caída de gotas incandescentes. Por este motivo, en varios países de Europa los reglamentos de

construcción restringen el uso de la madera como material de revestimiento de fachada. El código técnico de la Edificación (CTE) español no es excesivamente restrictivo con los revestimientos combustibles, permitiendo su uso en edificios hasta de 18 m. Sin embargo, el uso de revestimientos de madera es significativamente bajo comparado con otros países de Europa debido, principalmente, a la desconfianza que genera su combustibilidad. En países como Suiza, que se caracteriza por utilizar la madera de forma extendida en todo tipo de edificios, dan una gran importancia al diseño de la fachada como medida preventiva en situación de incendio [3].

El fuego es un fenómeno complejo, sensible a diferentes factores. Uno de ellos es la geometría del recinto o la superficie por la cual se propaga. En la fachada, además, la verticalidad favorece la rápida propagación del fuego debido a que las llamas tienden a ceñirse a la superficie por el llamado efecto coanda. Por ello, las medidas de protección pasiva mediante elementos de protección que evitan el contacto de los revestimientos combustibles con el fuego o desvían la trayectoria de las llamas puede reducir en gran medida el riesgo de propagación del incendio a través de la superficie de fachada [4].

### **Metodología**

Este estudio se ha realizado mediante técnicas de modelado y simulación computacional para evaluar algunos aspectos relacionados con la dinámica del fuego en los diferentes casos estudiados. En particular, se ha utilizado el modelo *Fire Dynamics Simulator* (FDS) [5] para la resolución numérica de los modelos, la interfaz gráfica de *PyroSim* [6] para crear el escenario y *Smokeview* para visualizar los resultados. La simulación computacional es una herramienta de gran utilidad que proporciona una aproximación al problema de los incendios, teniendo en cuenta diferentes variables y escenarios. Una de las grandes ventajas de la simulación es la posibilidad de estudiar algunos aspectos del fenómeno del fuego sin incurrir en los altos costos de los ensayos de laboratorio. Sin embargo, no se trata de herramientas que puedan sustituir los ensayos, más bien cumplen un papel complementario.

En esta investigación se considera un escenario de tres plantas de altura en el que se desarrolla un incendio en un sofá situado en la planta baja. Para ello, se coloca una fuente de ignición de 400 cm<sup>2</sup> en la superficie del sofá con una tasa de liberación de calor de 1000 kW / m<sup>2</sup>. Una vez que el fuego alcanza todos los elementos combustibles contenidos en el escenario (fase de *flashover*), se propaga hacia el exterior a través de las ventanas. Las ventanas se desactivan cuando un dispositivo (detector de calor) alcanza los 300 °C. El crecimiento del fuego se produce de acuerdo con el cálculo realizado por el modelo en función del contenido de material combustible del recinto, el cual está caracterizado con mobiliario de un salón de estar. El FDS resuelve las ecuaciones que rigen el sistema simulado y proporciona datos gráficos y numéricos para cada escenario.

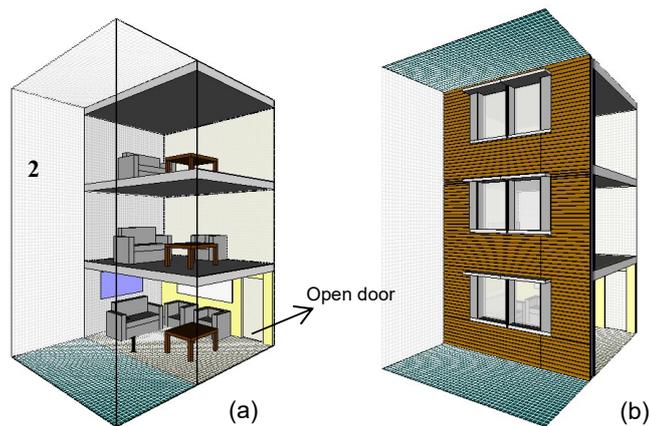


Figura 1. (a) Escenario definido por un módulo de tres plantas con condiciones de interior (1) y una zona con condiciones de exterior por la que se propaga el fuego (2). (b) Escenario con las variables de fachada del caso 4 (ver cuadro de casos de estudio).

La tabla 1 muestra los parámetros de simulación aplicados. Las características del dominio computacional son las siguientes:

- Tamaño de la malla es 4,90x6,50x8,25 m
  - Celdas uniformes de tamaño 10x10x10 cm. Número total de celdas 241.920.
- Hay dos áreas dentro del dominio, una con condiciones interiores y otra con condiciones exteriores que constituye la zona de propagación (Fig.1).

Tabla 1. Parámetros de simulación

| Parámetros de simulación |         |                                       |                      |
|--------------------------|---------|---------------------------------------|----------------------|
| Temperatura              | Humedad | Condiciones de ventilación            | Tiempo de simulación |
| 10°C                     | 60%     | Viento moderado<br><2,0 m/s (7,2km/h) | 1.000 segundos       |

Las tres plantas del escenario están separadas por elementos de material no combustible que hacen de forjados. Cada planta contiene mobiliario típico de un salón de vivienda con una carga de fuego orientativa de 600 MJ/m<sup>2</sup>. Los parámetros de los materiales han sido tomados de la librería de materiales del FDS. La puerta ubicada en la pared posterior del escenario de incendio constituye la única entrada permanente de oxígeno al recinto.

La fachada está conformada por una hoja interior no combustible (cartón yeso) y una exterior de revestimiento de material combustible (madera de pino). Los elementos del contorno de las ventanas, que son el objeto principal de evaluación, son también de material no combustible (mortero). En particular, se han considerado unas proyecciones horizontales tipo alero y unas bandas laterales sobre las jambas. Estas variables se han combinado también con dos tamaños diferentes de ventanas. Las diferentes variables se han estudiado mediante nueve casos con un escenario común para poder realizar una comparativa entre ellos. En la figura 2 se aprecia la ubicación

de los elementos en la fachada y de los termopares. En la tabla 2 se describen las variables consideradas en los nueve casos de estudio.

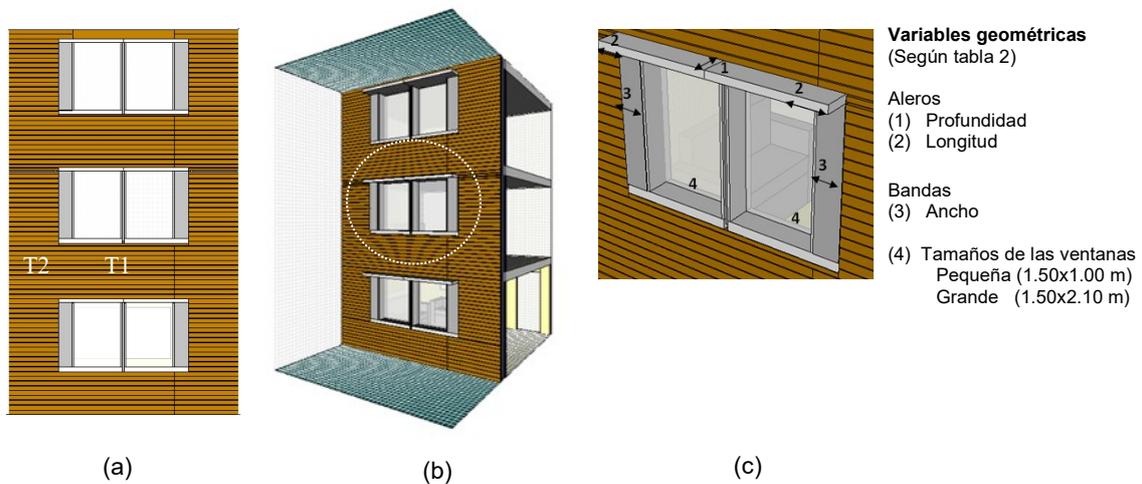


Figura 2. (a) Ubicación de termopares (vista frontal) (b) Ubicación de las ventanas y los elementos de fachada (vista isométrica) (c) Detalle de los elementos de la fachada estudiados

## Objetivos

El objetivo principal es determinar la influencia de la configuración geométrica de la fachada en la propagación del fuego. En particular, se pretende saber el nivel de protección aportado por los elementos estudiados y qué dimensiones orientativas deberían tener para reducir la incidencia del fuego sobre la superficie de fachada.

Tabla 2. Casos de estudio

| Caso | Aleros                          |                              | Bandas en las jambas      | Ventanas           |
|------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|
|      | Profundidad /variable 1<br>(cm) | Longitud/ variable 2<br>(cm) | Ancho /variable 3<br>(cm) | Tamaño /variable 4 |
| 1    | 15                              | -                            | 15                        | Pequeña            |
| 2    | 15                              | 15                           | -                         | Pequeña            |
| 3    | 30                              | -                            | -                         | Pequeña            |
| 4    | 30                              | 30                           | 30                        | Pequeña            |
| 5    | 60                              | -                            | -                         | Pequeña            |
| 6    | 60                              | 60                           | 60                        | Pequeña            |
| 7    | 30                              | -                            | -                         | Grande             |
| 8    | 60                              | -                            | -                         | Grande             |
| 9    | 80                              | -                            | -                         | Grande             |

## Resultados

Los resultados muestran que el factor geométrico de la fachada tiene gran influencia en la propagación de un incendio a través de ésta. El diseño de las ventanas y el uso de

elementos tales como aleros y bandas laterales en las jambas pueden reducir significativamente los efectos de la propagación.

Los gráficos de distribución de temperatura muestran que los aleros desvían el flujo de calor aun cuando se trate de aleros de poca profundidad (15cm). Sin embargo, para reducir convenientemente el flujo de calor sobre la superficie éstos deben ser como mínimo de 60 cm. Cuando el riesgo es mayor, por ejemplo debido al tamaño de las ventanas, conviene que el tamaño aumente a 80 cm (Fig.3).

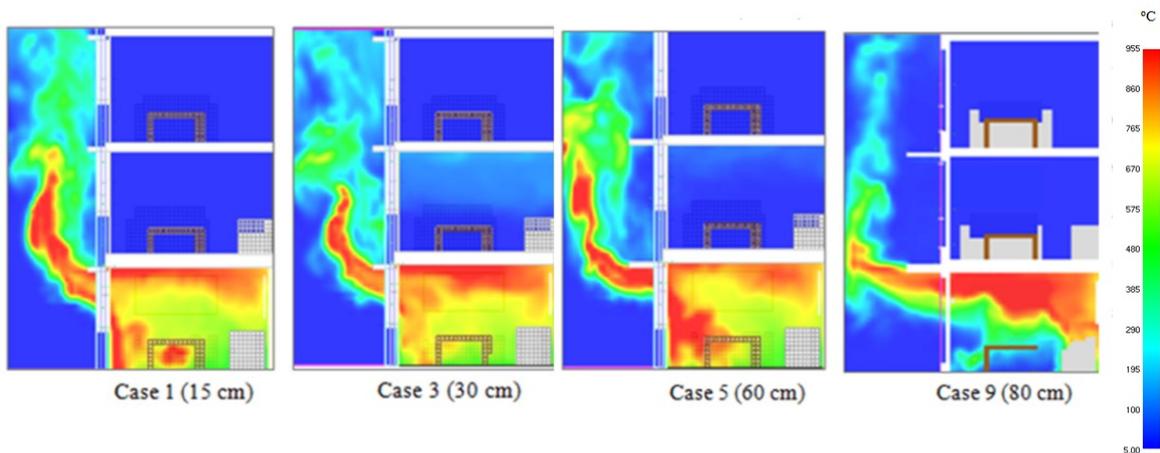


Figura 3. Comparativa de flujos de calor en escenarios con diferente tamaño de alero (profundidad) a los 600 s (vista lateral).

La longitud de los aleros también es importante. Un alero más largo que la ventana puede facilitar la propagación del fuego a otras zonas de la superficie de fachada (Fig. 4 casos 3 y 5). El aumento de la longitud debería ir acompañado de una franja de material no combustible para evitar el contacto de las llamas con el revestimiento de fachada, o bien, extenderse a lo ancho de la fachada para controlar el paso de las llamas.

Las bandas laterales no combustibles ubicadas en las jambas son una buena medida de protección para evitar el contacto del fuego con la superficie de fachada. Conviene que dichas bandas sean como mínimo de 60 cm (Fig. 4 casos 4 y 6).

El tamaño de las ventanas tiene una gran influencia en el control de la propagación del fuego. En general, las ventanas pequeñas transmiten un flujo de calor más bajo que las ventanas grandes en una relación directa con su tamaño. También el fuego evoluciona a un ritmo diferente en un recinto con ventanas pequeñas y uno con ventanas grandes dependiendo de la cantidad de oxígeno que entra y del calor disipado a través (Fig. 5).

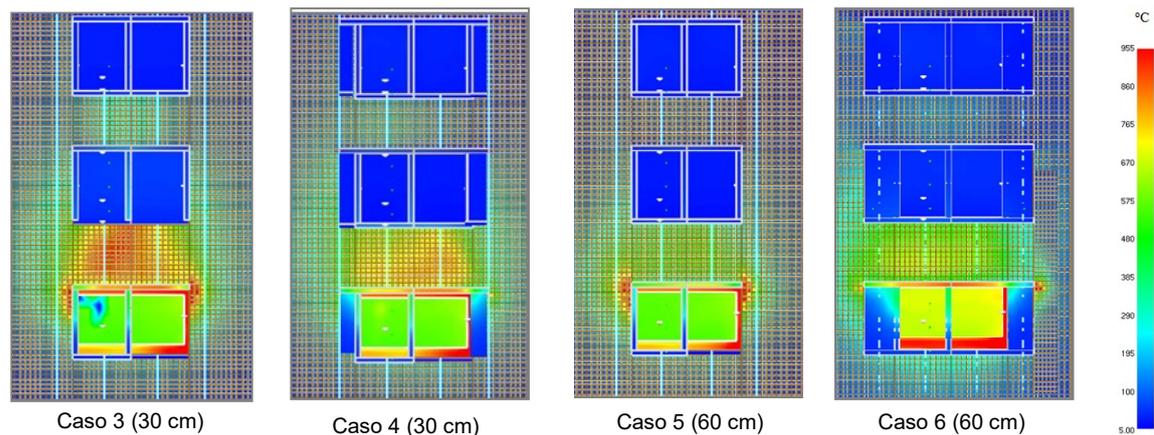


Figura 4. Comparativa de flujos de calor en escenarios con diferente tamaño (profundidad) de alero y bandas laterales a los 500 s (vista frontal).

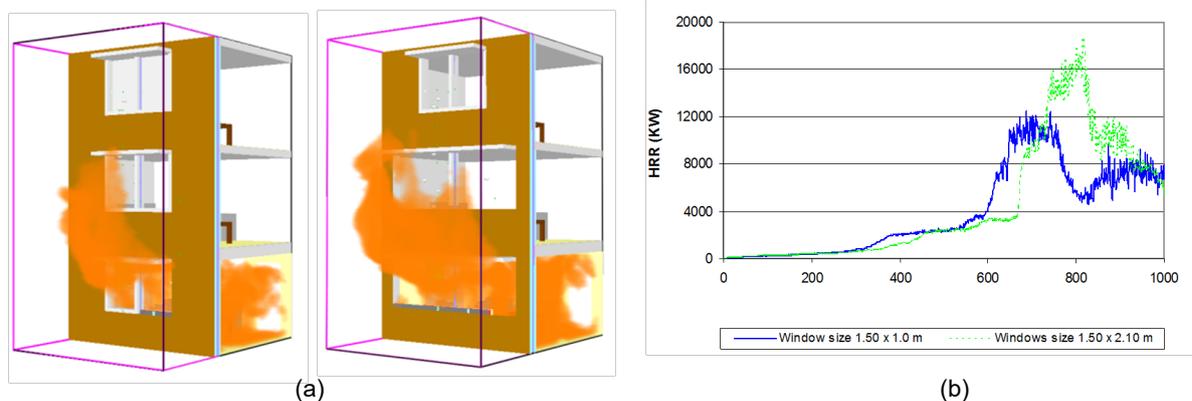


Figura 5. (a) Escenarios con diferentes tamaños de ventana. (b) Curvas comparativas de la tasa de liberación del calor HRR en dos escenarios con tamaños de ventanas diferentes.

## Referencias

- (1) Y. Martin, S. Eeckhout, L. Lassoie, E. Winnepeninckx and B. Deschoolmeester. (2017). Fire safety of multi-storey building facades. Belgian Building Research Institute (BBRI). D/2017/0611/12.
- (2) J., Sans et al. (2019). Estudio sobre la Problemática Generada por la Propagación de Incendios en Fachadas de Edificios. Col·legi/Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya.
- (3) Lignum Dokumentation Brandschutz: 7.1 Außenwände, Konstruktion und Bekleidung, [www.lignum.ch](http://www.lignum.ch).
- (4) I., Oleszkiewicz. (1991). Vertical separation of windows using spandrel walls and horizontal projections. Fire Technology, 27, pp. 334 – 340.
- (5) Fire Dynamics Simulator (version 5.1), NIST. <http://www.nist.gov>.
- (6) Thunderhead Engineering, PyroSim: A Model Construction Tool for Fire Dynamics Simulator (FDS). <https://www.thunderheadeng.com>