

3.1 Diseño prestacional

Claves PARA EL AVANCE CONTRA INCENDIOS EN EDIFICIOS

El diseño prestacional tiene como meta satisfacer de forma analítica y técnicamente justificada los niveles de seguridad contra incendios en grandes edificios, y puede incluso ayudar a comprender la reacción del fuego en un edificio antes de producirse. De esta forma, es posible comprobar si el sistema funcionaría adecuadamente en caso de necesidad y determinar el grado de fiabilidad de un determinado inmueble. España se adhirió al código prestacional en el último cuatrimestre de 2006, siendo uno de los últimos países de Europa en hacerlo.

Es muy útil diseñar en función de la seguridad», afirma Brian Meacham, doctor ingeniero y director de la consultora internacional Arup, cuando habla del diseño prestacional, sistema impulsado en España por el Código Técnico de Edificación (CTE), en vigor desde el 29 de septiembre de 2006.

Análisis y técnica

Según informa la Asociación de Profesionales de Ingeniería de Protección contra Incendios (APICI), el diseño prestacional, traducción del término inglés *performance based design*, «tiene como meta, en el campo de la prevención contra incendios, satisfacer de forma analí-

tica y técnicamente justificada los niveles de seguridad contra incendios conseguidos, tanto cualitativa (seguridad humana, protección de la propiedad, continuidad de procesos e impacto medioambiental) como cuantitativamente (tiempos de evacuación, tiempos de resistencia al fuego, toxicidad, etc.)».

Este sistema es un concepto sustancialmente ligado a la práctica en general de la ingeniería: definición de objetivos, factores de seguridad, métodos de diseño, desarrollo de diseños, selección del diseño y especificaciones.

La práctica del diseño prestacional no es posible si los profesionales no tienen un previo conocimiento y experiencia de las herramientas disponibles en un

marco de consenso sobre las pautas de aplicación y validez. Lo que significa que el riesgo de incendio, en cualquier entorno, debe ser correctamente evaluado y controlado de acuerdo al estado de desarrollo de las tecnologías y herramientas disponibles.

Tal y como marca el CTE, «antes del inicio de la evaluación deben establecerse claramente los objetivos de la misma, en términos de las prestaciones futuras del edificio». Para ello se requiere conocer una serie de exigencias: el nivel de seguridad en relación con la resistencia y la estabilidad estructural; la garantía de continuidad del funcionamiento en edificios de especial importancia, tales como hospitales, centros de comu-



nicación o similares; y las exigencias específicas de la propiedad en relación con la protección de los bienes (protección frente a pérdidas económicas) o con la aptitud al servicio.

La citada asociación de profesionales ha puesto de manifiesto que el «principal problema» para el desarrollo del diseño prestacional en España, como resultado de códigos prestacionales o de la aplicación de la cláusula de seguridad equivalente, es la «inexistencia de un cuerpo de conocimientos, suficiente y homogéneo, en el que los técnicos de las diversas administraciones de un lado, y los ingenieros y arquitectos, representando a los usuarios, del otro, puedan trabajar en un marco de mutua confianza técnica y seguridad legal».

La puesta en práctica

Meacham señala que «uno de los motores de cambio más importantes» en arquitectura es la búsqueda de «espacios abiertos», con aprovechamiento de luz, pero que, a su vez, sean «edificios seguros». En relación con esta premisa, los diseños deben cumplir con todos los «objetivos de seguridad» posibles.

En opinión de Meacham, hay que analizar «cuáles deben ser los elementos principales del diseño» de un edificio y cuáles son las posibles causas que podrían «provocar un incendio» en él. También insiste en la necesidad de «hacer mediciones de los materiales empleados» y en la forma de evacuar a las per-

**Es muy difícil
determinar cuál debe
ser la altura máxima
de un edificio para que
sea completamente
seguro**

sonas en caso necesario, con plantas-refugio en al menos cada 25 pisos de los rascacielos. Las hipótesis de diseño se emplean como base, por ejemplo, para conocer el tiempo de actuación de los detectores y evaluar el «funcionamiento conjunto de todos los sistemas contra incendios».

A la hora de introducir el diseño prestacional en un país, hay que tener en cuenta el proceso. Meacham precisa las partes del mismo: regulaciones, metodología y documentación de apoyo son las más significativas. Las regulaciones desembocan en un informe de ingeniería. La parte de metodología se concreta en una serie de elementos para estimar el inicio, el desarrollo y el control del fuego, incluyendo la tasa inicial de calor. Mientras que la documentación



Los sistemas contra incendios deben ser el resultado de un proyecto específico elaborado por técnicos competentes

de apoyo, como la Guía del Árbol de Decisiones para la Seguridad Contra Incendios (NFPA 550) o la Guía para la Evaluación de Riesgos de Incendio (NFPA 551), debe ser utilizada en la lucha contra incendios.

La altura y la finalidad del edificio

Es muy difícil determinar cuál debe ser la altura máxima de un edificio para que tenga la calificación de seguro. «Lo principal es comprender cuál será su función y la forma de salir», comenta Meacham. Hay construcciones con más de 400 metros de altura con sistemas de seguridad totalmente fiables. No obstante, cuantos más criterios de seguridad, mejor, ya que la altura puede plantear problemas en el rescate.

Respecto a la finalidad, la prioridad es otorgar al edificio una apropiada protección contra incendios, según sus características. Por ejemplo, una instalación de detección como medio para producir la alarma temprana de incendio en un hotel u hospital es diferente de la que se coloca en una refinería, en la que

hay que activar sistemas de espuma y de refrigeración con agua.

Por tanto, los sistemas contra incendios, su debido mantenimiento y el diseño prestacional deben ser el resultado de un proyecto específico elaborado por técnicos competentes.

Según George Faller, de Arup España, la protección contra incendios en edificios de gran altura ha de contemplar cuatro elementos fundamentales. En ese sentido, debe considerar cuál será el tipo de evacuación que se podrá realizar (en fases o simultánea), la naturaleza del incendio potencial, la resistencia de la estructura (identificar los puntos débiles de la edificación) y el acceso de los bomberos.

Pedro Soria, de ITSEMAP, considera que el diseño prestacional es imprescindible para el caso de edificios singulares por su tamaño, forma, actividad o nivel de riesgo; debe tener en cuenta la naturaleza del riesgo de incendio, los medios de protección, tanto activa como pasiva, las características de sus ocupantes en sí mismos y en relación con el edificio y las actuaciones de los servicios públicos de extinción y salvamento. ♦



El diseño prestacional no es posible si los profesionales no tienen un previo conocimiento y práctica de las herramientas disponibles

3.2 Entrevista

JOSÉ LUIS POSADA. Jefe del Área de Seguridad y Accesibilidad del Ministerio de la Vivienda.

«El diseño prestacional no constituye una obligatoriedad, es una estrategia, una filosofía»

En opinión de José Luis Posada, jefe del Área de Seguridad y Accesibilidad del Ministerio de la Vivienda, el problema de la seguridad contra incendios en los edificios es que muchos de los construidos con anterioridad a 1975 no se han adecuado a la normativa vigente. El experto en seguridad admite sus reservas respecto a este tema. Con él mantuvimos la siguiente entrevista.

¿Cómo valora la situación de la normativa española en cuanto a prevención contra incendios?

Está a la altura de las más avanzadas. Hay mucho intercambio y cruce de experiencias entre los países más avanzados. Los planteamientos técnicos son muy parecidos.

¿No es una legislación de mínimos?

No, es una legislación orientada a la seguridad de las personas. Cada cual decide dónde colocar los máximos. La legislación actual establece los mínimos imprescindibles para garantizar la seguridad de los ocupantes de los edificios. No protege ni patrimonios ni el edificio en sí mismo, sino a las personas.

¿El Código Técnico de Edificación (CTE) tiene que ser prestacional?

El Código tiende a ser prestacional. Lo acabará siendo. Hay aspectos en los que el estado del conocimiento no permite

el diseño prestacional. Por ejemplo, en el requisito de seguridad de la Administración. No hay conocimiento analítico suficiente para hacer planteamientos alternativos, es un requisito totalmente prescriptivo. En cambio, estructuras y ahorro energético son requisitos con planteamientos muy prestacionales desde hace tiempo. Existen modelos muy avanzados. El Código es prestacional en un 70-80%.

Pero, ¿debería normativizarse para que fuera obligatorio?

El diseño prestacional no constituye una obligatoriedad, es una estrategia, una filosofía. Todos los planteamientos prestacionales van acompañados de unos documentos sencillos donde se dan prácticamente las soluciones hechas. ¿Para qué vamos a hacer un cálculo de carga de fuego y de su curva real para un edificio de viviendas normal cuando podemos dar una tabla con los valores pres-



criptivos normales? No se puede obligar a que todo el mundo aborde la estrategia prestacional. Es un derecho, no una obligación.

¿Cuál debería ser el siguiente paso en España en cuanto a normativización?

Llevar a cabo todos los desarrollos que dependan del Código Técnico. Necesita un desarrollo de documentos reconocidos, para que los usuarios tengan un soporte adecuado a fin de poder ejercer el enfoque prestacional. Los programas, catálogos de soluciones o documentos de cálculo serán los que actúen de soporte de aplicación del Código.

La LOE es el instrumento que regulará la edificación en los próximos años.

Es la ley básica de la edificación desde su aprobación en el año 2000. Es un instrumento fundamental. Es lo mismo que la Ley del Suelo, cuando se promulgue, en las actuaciones urbanísticas.

¿Qué debe tener un edificio para que sea de calidad en relación a medidas contra incendios?

Debe cumplir seis exigencias: contemplar las medidas que limitan la propagación interior del fuego, tener tratamientos para evitar la propagación exterior, tener unas condiciones adecuadas de evacuación, disponer de sistemas activos de ex-

tinción, tener medios adecuados de acceso a bomberos y suficiente resistencia estructural ante el fuego. El CTE enumera estas exigencias en su parte primera y las desarrolla en el Documento Básico.

¿Se puede decir que los edificios en España son seguros frente a incendios?

Se puede decir con muchas reservas.

Tenemos un patrimonio edificado muy dispar. Muchos de los edificios anteriores a 1975, cuando todavía no había legislación al respecto, no se han adecuado porque las normas no son retroactivas. Se van actualizando según se hacen obras en ellos. Por tanto, hay muchos edificios antiguos que no reúnen condiciones en cuanto a seguridad sobre incendios. ♦

3.3 Entrevista

BRIAN J. MEACHAM. Doctor ingeniero. Director de la consultora internacional Arup.



«Aplicado correctamente, el diseño prestacional provee de un mejor entendimiento del fuego»

En la presente entrevista, Brian J. Meacham, director de la prestigiosa consultora internacional Arup, se muestra optimista respecto a la aplicación del diseño prestacional en España, entre otras razones porque ya empieza a impartirse como materia educativa en algún centro universitario. «Requiere un alto nivel de conocimiento en áreas que a menudo van a de la mano de la educación y de la formación», señala este experto.

¿Cuál es su definición del diseño prestacional?

Es un proceso de ingeniería que usa objetivos de funcionamiento reconocidos y criterios de riesgo evaluados. Incluye asimismo la evaluación cuantitativa de alternativas de diseño y estándares de riesgo.

Aparte de en el sector de la construcción, ¿dónde es posible utilizar el diseño prestacional?

Puede emplearse en una amplia variedad de situaciones de diseño: mate-

riales, productos, sistemas, vehículos, edificios e infraestructuras como puentes y presas. En el campo de la protección de medio ambiente, por ejemplo, el diseño prestacional es usado a menudo para encontrar criterios de liberación máxima aceptable de sustancias controladas. A la hora de diseñar vehículos, los criterios de funcionamiento se utilizan para una gran variedad de medidas de seguridad, como la activación del *airbag*, el daño aceptable basado en el impacto a varias velocidades,... En edificios es usado para el fuego, contra te-

rremotos y otros peligros naturales, así como para el diseño contra hechos de tipo terrorista.

¿Cuáles son las ventajas de este tipo de diseño?

Aplicado correctamente, el diseño prestacional provee de un mejor entendimiento del comportamiento del fuego. En la construcción, esto significa que podemos saber mejor cómo puede funcionar un edificio bajo diferentes tipos de fuego u otros acontecimientos de riesgo. Con los códigos

preceptivos sólo conocemos qué rasgos tiene un edificio, como una posición de resistencia de fuego específica o una distancia de viajes máxima a una salida, pero desconocemos otros aspectos del comportamiento del fuego. Éste varía según su tamaño o las características de los inquilinos. Con el diseño prestacional podemos poner objetivos de seguridad específicos.

¿Qué problemas puede suponer acogerse a este tipo de diseño?

El diseño prestacional requiere un alto nivel de conocimiento y gran capacidad en áreas específicas, que a menudo van de la mano de la educación y de la formación. Requiere un conocimiento de física de fuego y química, lo que incluiría su dinámica. También hay que conocer la respuesta del fuego en diferentes materiales, el funcionamiento de sistemas de protección contra incendios y el comportamiento de las personas antes las alarmas contra incendios, entre otras materias. Para ser eficaz, este conocimiento debe estar presente en todos los niveles del diseño prestacional y en la ejecución de los proyectos.

¿Podría evaluar la situación de seguridad en los edificios de España?

No tengo el suficiente conocimiento ni autoridad para evaluar la situación de seguridad contra incendios en España. Mi conjetura, sin embargo, es que el nivel de seguridad proporcionada en algunos edificios está bastante bien, mientras que en otros hay carencias. A no ser que el funcionamiento de seguridad de un edificio haya sido evaluado por una evaluación de riesgo de incendio o por el diseño prestacional, desconoceremos cómo funcionará el edificio ante un fuego hasta que éste se propague.

¿Cuál es el nivel de aplicación del diseño prestacional en España?

Creo que comienza a ser aplicado, so-



bre todo en algunos edificios y grandes complejos.

¿Se consigue una condición perfecta de seguridad contra incendios con el diseño prestacional?

Desde mi punto de vista, no existe una «seguridad perfecta» o un «riesgo cero». No se debe asumir que el diseño prestacional pueda proporcionarlos por completo. Siempre habrá algún nivel de riesgo de incendio en los edificios. Eso sí, el diseño prestacional ayuda a entender el

nivel de riesgo de fuego y, por consiguiente, permitirá limitar o reducir el riesgo en sí.

¿Y su futuro en España?

Pienso que será positivo. La normativa está cambiando y ya se está impartiendo formación al respecto, como el máster en Seguridad Contra Incendios de la Universidad Carlos III de Madrid. Se investiga, se educa y los diseñadores aplican el diseño prestacional en cada vez más edificios. ♦

3.4 Fire Dynamics Simulator

ÚLTIMO AVANCE PARA investigar INCENDIOS



El modelo Fire Dynamics Simulator (FDS) es una herramienta de última generación ideada en el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de Estados Unidos para mejorar la capacidad de estudio del fuego y su comportamiento. El programa es capaz de simular el comportamiento del fuego y el humo en un espacio virtual dado por el usuario a través de variables. De este modo, antes de acometer un plan de prevención contra incendios es posible observar cómo se va a comportar un fuego en el espacio que queremos proteger, lo cual posibilitará que las medidas tomadas sean mucho más certeras. Christopher Wood, miembro de FireLink (Massachusetts, Estados Unidos), ha utilizado exhaustivamente una serie de programas de creación de modelos, además de impartir clases en la Sociedad de Ingenieros de Protección contra Incendios (SFPE, por sus siglas en inglés) desde 1995. Poca gente en el mundo conoce más acerca del Fire Dynamics Simulator que Christopher Wood.

Por **CHRISTOPHER B. WOOD**. FireLink, Massachusetts, USA.



El modelo del Fire Dynamics Simulator se creó en el NIST de Estados Unidos (NIST, por sus siglas en inglés). El FDS es un modelo de campo que introduce una forma de las ecuaciones de número Mach bajo de Navier-Stokes desarrollada por Baum y Rehm. McGrattan desarrolló considerablemente el código informático y Forney diseñó e implantó el *software* de visualización, el Smokeview. Puede encontrarse más información en la Guía Técnica de Referencia del Fire Dynamics Simulator (versión 4).

Los daños que a menudo conciernen a la ingeniería forense en la investigación de incendios no suponen únicamente el estudio del desarrollo de un incendio. En numerosos casos, el origen de un incendio, e incluso su causa, pueden no determinarse, mientras que los daños constituyen la mayoría del análisis. Estos daños pueden desglosarse en

El novedoso sistema permite simular con precisión los flujos de termofluidos que ayudan a comprender el caso del incendio y a tener en cuenta todas sus implicaciones

dos componentes, entorno térmico y mitigación de los daños.

Entre las técnicas de mitigación de daños más habituales se encuentran la detección y la alarma de incendios, la mitigación de los efectos y la supresión del incendio. Con el FDS se pueden crear modelos de detección de incendios y también simular el crecimiento del fuego y los daños durante el periodo transcurrido desde la alarma hasta el inicio de la reacción al incendio. Mu-

chos casos han rodeado a este punto concreto, a menudo denominados casos de daños diferenciales, debido a que una empresa de alarmas no transmitió una alarma o causó otros retrasos que provocaron una reacción tardía de los bomberos.

La mitigación de los efectos de un incendio puede incluir la ventilación del calor. La ventilación del calor y del humo permite que los gases calientes salgan de un edificio y en ocasiones se utiliza en almacenes o en espacios similares de gran tamaño. El FDS puede calcular cuándo se abre el conducto de ventilación y simular la apertura del mismo, de forma que se cree un modelo preciso previo a la ventilación y posterior a la misma en lo que respecta al comportamiento de los termofluidos [1].

Con frecuencia, la supresión del incendio se logra por medio del uso de sistemas automáticos de aspersores. El FDS

permite la introducción de aspersores simulados. Los modelos de aspersores simulan unas gotas que se esparcen por todo el ámbito y producen efectos realistas como la interacción del arrastre entre las gotas y la columna de fuego. Dichas gotas también simulan los efectos del enfriamiento por evaporación, y esas temperaturas predicen de forma real la activación de múltiples aspersores [2].

Limitaciones

El FDS, como ocurre con la mayoría de los modelos asistidos por ordenador, hace algunas aproximaciones a las ecuaciones y a su implantación que conducen a posibles variaciones entre las predicciones calculadas y los resultados experimentales para su comparación. En general, la pregunta más importante es en qué medida se corresponden los métodos del modelo con los fenómenos físicos del problema sobre el que se plantea una pregunta.

El FDS, por ejemplo, no puede simular explosiones. La asunción del número Mach bajo no incluye la creación de modelos matemáticos para la onda de presión inherente en un caso de explosión. Lo que sí calcula con precisión el FDS son los flujos provocados por las diferencias de densidad resultantes del calentamiento, como en el caso del fuego, o bien como una propiedad inherente de un material, como en el caso del metano o el propano. En conse-

cuencia, en el FDS puede examinarse el flujo de gases fugitivos resultantes de una liberación, y así se ha hecho, pero no la explosión resultante. En todos estos casos, sobre todo en lo que respecta a la investigación de incendios, el FDS es una herramienta con una serie de capacidades y limitaciones. Con frecuencia, sin embargo, sólo un subconjunto de las limitaciones proceden directamente del FDS, mientras que la incertidumbre de los datos representa una considerable incertidumbre potencial de los resultados. Por lo tanto, el mejor enfoque adoptado es el que suele implicar dos posibles caminos para reducir la incertidumbre.

Intervalos razonables de datos

El primer enfoque para reducir la incertidumbre en los resultados es utilizar unos intervalos razonables de valores de datos. En esta situación, la sensibilidad del modelo a unos datos concretos puede ser examinada para el escenario que se esté investigando. En el caso de que el modelo sea muy sensible a un dato en particular, ese dato puede investigarse con mayor intensidad con el fin de construir una certeza con respecto al valor del mismo o para ampliar el intervalo de resultados de ese dato con el fin de garantizar razonablemente que los modelos resultantes cubran las condiciones

Además de crear modelos de detección de incendios, el FDS también puede simular el crecimiento del fuego y los daños en el periodo transcurrido desde el inicio de la alarma hasta el inicio de la reacción al incendio



Cordopress



Christopher B. Wood, miembro de FireLink, experto en el Fire Dynamics Simulator.

reales. En ese caso, el creador de modelos y el usuario de los resultados de los modelos también deben tener en cuenta las implicaciones de los resultados en la investigación global.

El segundo enfoque para abordar la incertidumbre hace uso de la calibración de los modelos. La calibración puede llevarse a cabo por medio del usuario o de algún modelo o fenómeno físico a una escala razonable, como la expansión de las llamas. En ese caso, el creador de modelos puede introducir la prueba realizada específicamente con una parrilla de datos de un tamaño determinado y unos parámetros apropiados hasta que los resultados simulados coincidan razonablemente con la prueba física. Utilizando los valores «calibrados», el creador de modelos puede entonces ampliar la simulación a un ámbito mayor que cree el modelo del escenario completo. Distinguir entre determinados escenarios muy similares puede no ser posible utilizando el FDS. Por ejemplo, unos análisis que dependan en gran medida de la expansión de las llamas requerirían un estudio muy cuidadoso, ya que la creación de modelos de expansión de las llamas por parte del FDS aún está en desarrollo. Las interacciones entre superficies y la información procedente de las radiaciones



La simulación que permite el modelo del Fire Dynamics Simulator permite un mejor estudio del incendio en puntos determinados del tiempo

son dos ámbitos en los que existen dificultades considerables dentro de la creación de modelos y de las hipótesis de cálculo del FDS.

Conclusiones

El FDS proporciona una capacidad de transmisión de conocimientos únicos para los problemas que conlleva la investigación de incendios. Con una o varias preguntas formuladas adecuadamente y los correspondientes datos, el modelo puede simular con precisión unos flujos de termofluidos que ayuden a comprender el caso de incendio. La comprensión del entorno del incendio permite que el investigador tenga en cuenta todas las implicaciones de dicho

incendio, y en especial los componentes temporales. En ocasiones, dichos componentes son difíciles de comprender en su totalidad en la escena posterior al incendio, ya que en ese momento en el tiempo se muestran todos los daños provocados a lo largo de todo el caso. La simulación permite un mejor estudio del incendio en puntos determinados en el tiempo. Este aspecto temporal permite una comparación más fácil con las circunstancias específicas de cada momento, como la alarma o la activación de los aspersores, la ventilación del fuego o las observaciones de los testigos. ♦

- (1) SutuJa, I.A., Carpenter, D. J., YRoby, R. 1., «Use of the FDS Model to Analyze Two Competing Scenarios in an Alleged Arson Case», Tercer Simposio Técnico sobre Aplicaciones Informáticas en la Ingeniería de Protección contra Incendios, Baltimore, MD. 12-13 de septiembre de 2001.
- (2) McGrattan, K. B.; Hamíns, A.; Forney, G.P., Modeling of Sprinkler, Vent and Draft/Curtain Interaction, Fire Safety Science. Proceedings. Sexto Simposio Internacional. Asociación Internacional de Ciencias de Seguridad contra Incendios (IAFSS por sus siglas en inglés). 5-9 de julio de 1999, Poitiers, Francia, Intl. Assoc. For Fire Safety Science, Boston, MA, Curtet, M., Editor(s), pp 505-516, 2000.