

PRECAUCIONES EN LA MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE INCENDIOS

MARIANO LÁZARO URRUTIA
DANIEL ALVEAR PORTILLA
GRUPO GIDAI, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (ESPAÑA)

Los modelos de simulación computacional de incendios son una potente herramienta para el diseño de sistemas de protección contra incendios.

El Modelado y Simulación Computacional de Incendios (MSCI) basado en técnicas de Fluidodinámica Computacional (CFD), resulta una novedosa herramienta y muy importante en la investigación de los aspectos científicos y tecnológicos de los incendios y para su uso en la ingeniería de seguridad contra incendios.



Normativas de diversas partes del mundo [1-3] permiten su uso para las tareas de diseño de los sistemas de protección contra incendio en diferentes edificaciones civiles, industriales, infraestructuras de transporte e incluso en instalaciones críticas como centrales nucleares, empleándose estas herramientas computacionales para demostrar que una solución alternativa a la solución prescriptiva tradicional cumple con los criterios de seguridad que se han fijado para dicha edificación.

Como cualquier clase de modelo computacional, los modelos específicamente dedicados a reproducir el



fenómeno del incendio deben pasar por un proceso de verificación y validación que permitan comprobar cuan cercanos están los resultados obtenidos por el modelo con la realidad, pero aunque los resultados de este análisis den unos resultados razonables que permitan validar el modelo para su uso, los usuarios y la autoridad competente deben conocer que durante el uso del modelo hay muchas decisiones del propio usuario que pueden introducir errores que hagan que los resultados disten mucho de parecerse a los resultados que se darían en la realidad, con lo que es necesario tener una serie de precauciones y cautelas que minimicen esas fuentes de errores en los resultados.

CLASIFICACIÓN DE LOS ERRORES

De cara a conocer las limitaciones e incertidumbres de los Modelos de Simulación Computacional de Incendios y de su uso, es importante disponer de una clasificación que permita analizar en profundidad los errores existentes en estos modelos. En la Figura 1 se puede ver representada la taxonomía de los errores para los Modelos de Simulación Computacional de Incendios [4], que como se puede observar se dividen en errores reconocidos y errores no reconocidos.

Los errores no reconocidos pueden dividirse en errores de programación y en errores del usuario. Los primeros son errores debidos a fallos realizados en la programación o escritura del código del modelo, por lo que es responsa-

bilidad de los programadores. Para poder eliminar estos errores hay que realizar estudios de verificación de los diferentes subprocesos que conforman el modelo, así como revisar las líneas de código que los forman. En principio estos errores no tendrían que estar presentes en los modelos definitivos, ya que deberían de eliminarse durante los procesos de testeo y verificación.

Los otros errores no reconocidos son los errores del usuario, que son debidos a la aplicación de forma indebida del modelo por parte del usuario, y que muchas veces tienen también una cierta relación con algunos de los errores reconocidos. El usuario selecciona los submodelos de representación de diferentes fenómenos, la rejilla, algunos algoritmos y coeficientes de estos, y los

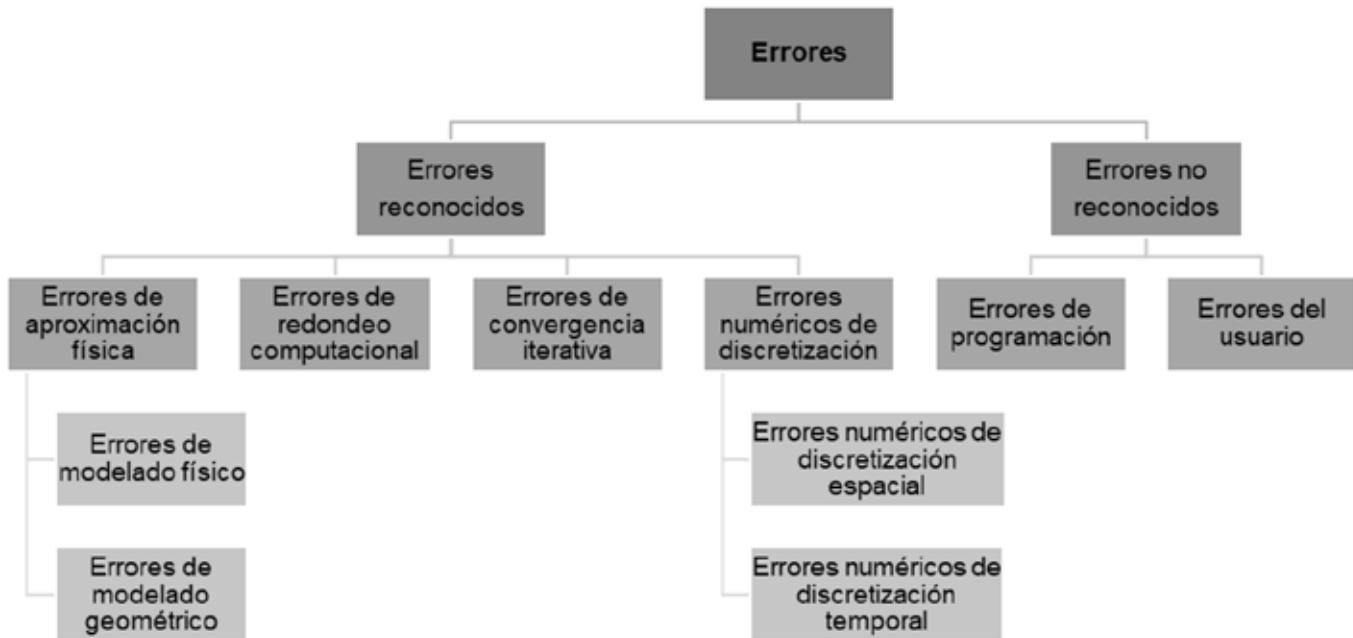


FIGURA 1. TAXONOMÍA DE LOS ERRORES.

parámetros de entrada que representarán el escenario para realizar la simulación, con lo que la calidad de todos estos datos fija la precisión con la que se van a disponer de resultados.

Los errores reconocidos pueden estimarse casi en su totalidad a través del proceso de validación, y Modelos de Simulación Computacional de Incendios como FDS [5] tienen decenas de validaciones en diferentes entornos que permiten conocer el grado de error del modelo en dichos escenarios o en la representación de ciertos fenómenos.

Aun así, cuando el usuario está empleando el modelo, estos errores pueden tener una incidencia importante en los resultados finales, por ejemplo dependiendo de los valores que se empleen para las constantes de los diferentes submodelos que están relacionados con los errores de modelado físico, o por el tamaño de celda o grado de discretización espacial que tiene relación tanto con los errores numéricos de discretización espacial, los errores de modelado físico y los errores de modelado geométrico.

Los errores numéricos de discretización espacial suceden por la representación de las ecuaciones diferenciales de gobierno del fluido y de otros procesos físicos como expresiones algebraicas mediante diferencias o volúmenes finitos, con el correspondiente truncamiento de los términos de orden superior, y debería de tender a cero a medida que se reduce el tamaño de celda.

Los errores de modelado físico pueden estar influenciados por el grado de discretización espacial ya que muchos de ellos basan su solución en el cálculo de variables referidas a cada celda. Finalmente, los errores de modelado geométrico vienen dados por el empleo de mallados que imposibiliten la representación de la geometría del escenario con total exactitud (por ejemplo,

mallado rectilíneo para representar superficie curva).

A continuación, se muestran ejemplos de la importancia de algunos de estos errores para que el usuario los conozca y tenga en consideración a la hora de crear sus modelos.

ERRORES DEL USUARIO

En la Figura 2 se puede observar parte de este error del usuario. Aunque en este caso la representación es muy fidedigna, se puede observar cómo se han tenido que juntar ítems u objetos y tenerlos en cuenta de forma conjunta (por ejemplo, hojas de papel o libros), se han eliminado otros elementos por su baja contribución al posterior desarrollo del incendio, entre otros.

El análisis de estas dos figuras también deja de relieve otras fuentes de error, como los errores de modelado geométrico y los errores de discretización espacial.



FIGURA 2. VISTA DE ENSAYO A ESCALA REAL REALIZADO EN DALMARNOCK.

El porcentaje de este error de usuario aumenta a medida que el modelo empleado pone a disposición del usuario un mayor número de grados de libertad, o lo que es lo mismo, un mayor número de opciones para modelar un mismo escenario [6] y se verá reducido con la experiencia y formación del usuario que emplee el modelo. Esta formación deberá estar enfocada tanto en las características del modelo a nivel de usuario como en el conocimiento de los fundamentos del mismo, y de todos los fenómenos fisicoquímicos que van a estar presentes en el escenario objeto de estudio (combustión, condiciones de contorno, ecuaciones de gobierno de los fluidos, etc.).

Por otro lado, en algunas ocasiones el usuario puede introducir este error de forma deliberada con el fin de poder simplificar el escenario que está estudiando, o a fin de reducir tiempo de cómputo. En este caso deberá ser consciente de este error a la hora de realizar el análisis de los resultados obtenidos.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**
Facultad de Ingeniería

NUESTRA OFERTA

Ingeni@ provee soluciones TIC a todas las organizaciones que quieran innovar y sumarse a la transformación con la que se accede al aprendizaje:



VIRTUALIZACIÓN DE CURSOS

Diseño y acompañamiento para la producción de cursos virtuales



SOporte TÉCNICO

Acompañamiento continuo
Capacitación en herramientas y plataformas tecnológicas



DESARROLLO DE APLICACIONES

Diseño y desarrollo de aplicaciones a la medida



BIENESTAR VIRTUAL

Acompañamiento psicosocial para estudiar virtualmente, además de apoyar y potenciar los roles del estudiante, el tutor y los padres de familia



CONSULTORÍA EN INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

Asesoría y montaje de la infraestructura para el desarrollo de proyectos virtuales



@IngeniaUdeA



ingeniaudea.edu.co



57(4) 219 8586

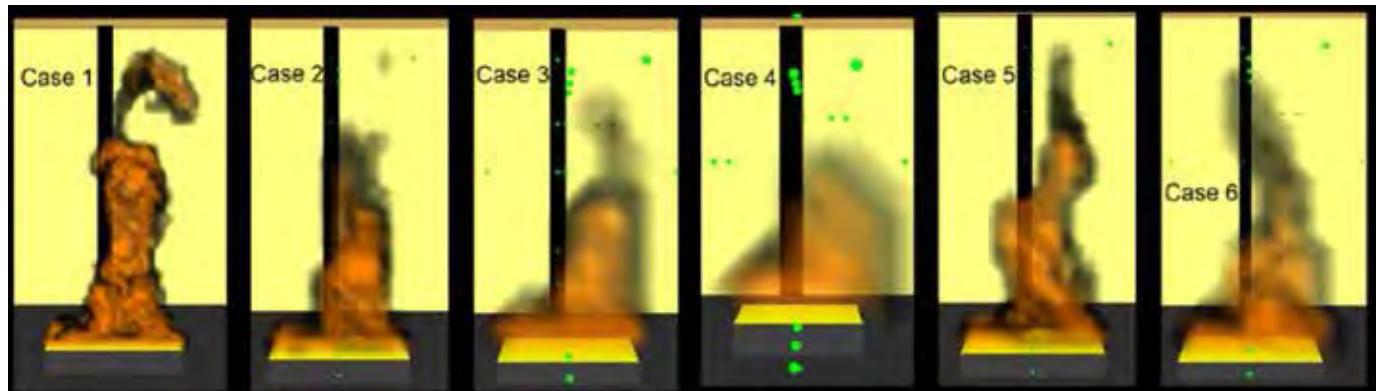


FIGURA 3. VISTA DE ENSAYO A ESCALA REAL REALIZADO EN DALMARNOCK.

ERRORES NUMÉRICOS DE DISCRETIZACIÓN ESPACIAL

El error debido al tamaño de celda es uno de los más importantes y para minimizarle se debería reducir el tamaño de celda a un valor de casi cero que permitiera la convergencia de la solución del modelo al valor 'real'.

El problema surge porque eso no es posible ya que los tiempos de cómputo se dispararían hacia unos valores que no serían viables. Aunque modelos como FDS no proporcionan métodos para calcular el tamaño óptimo de rejilla, sí que existen métodos que pueden ayudar a la estimación de su valor óptimo, como la realización de un análisis de sensibilidad o el cálculo de la relación entre el diámetro característico del incendio y el tamaño de celda, que debe de encontrarse entre 4 y 16 [7].

Aun así, cumpliendo con estas recomendaciones muchas veces los resultados son dispares para tamaños de celda que cumplen con la relación anterior, por lo que hay que actuar con cierta cautela.

Por ejemplo, en el análisis de una sala de interruptores típica en las centrales nucleares [8], el empleo de un tamaño de celda entre 5 cm y 20 cm hace que se produzca un error de hasta casi un 25 %, y el tiempo de cómputo se reduce en 100 veces, por lo que, como se ha comentado, hay que llegar a una relación de compromiso entre ambos factores. De forma muy visual, en la Figura 3 se puede apreciar la diferencia de simular con diferentes tamaños de celda que cumplen con las recomendaciones (entre 5 cm y 30 cm).

CONCLUSIONES

Los modelos de simulación computacional de incendios son una potente herramienta para el diseño de sistemas de protección contra incendios, pero para su uso apropiado es necesario tener un adecuado conocimiento de estos, y tener una serie de cautelas a la hora de la creación de los ficheros de entrada, ya que la introducción de parámetros, constantes o datos de entrada erróneos puede dar lugar a la obtención de resultados con un importante grado de error. 

REFERENCIAS

- [1] NFPA 101 - Life Safety Code, edition 2018.
- [2] Código Técnico de la Edificación de España, CTE, 2006.
- [3] Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, España.
- [4] Lázaro, M. (2008), Influencia de la discretización espacial en la exactitud del modelado de fluidodinámica comput. de incendios, Tesis doctoral, Universidad de Cantabria.
- [5] McGrattan, K., Hostikka, S., et. al., (2020), Fire Dynamics Simulator - Technical Reference Guide, Volume 3: Validation, NIST Special Publication 1018-3, Sixth Edition.
- [6] Rein, G., Torero, J.L., et. al., (2009), Round-robin study of a priori modelling predictions of the Dalmarnock Fire Test One, Fire Safety Journal, 44, pp. 590–602.
- [7] McGrattan, K., McDermott, R., et. al., (2020), Fire Dynamics Simulator- User's guide. NIST Special Publication 1019.
- [8] Lázaro, D., Lázaro, M., et. al., (2018), Influencia del mallado en el modelado comput. de incendios en centrales nucleares, Informes de la Construcción, Vol. 70, 549, e238.