

# DIFISEK – WP4 Programas para el Diseño ante Incendio

## Divulgación de Conocimientos sobre Ingeniería de Seguridad Estructural ante Incendio

J.J. Martínez de Aragón; F. Rey & J.A. Chica  
*Centro Tecnológico LABEIN, Bilbao, España*

**SUMARIO:** Uno de los objetivos principales del proyecto CECA DIFISEK (RFS-C2-03048) es la recopilación y evaluación de programas informáticos disponibles al público para el diseño ante incendio. Con el fin de evaluar dichos programas de forma correcta, es necesario clasificarlos, así como establecer un criterio de evaluación de los mismos. En 1992, Friedman realizó un estudio de modelos de fuego informáticos para el “Forum for International Cooperation on Fire Research”. En 2003, Olenick y Carpenter actualizaron el citado estudio con la incorporación de nuevos programas y un debate sobre las categorías de estos. En el presente documento, se presenta una nueva clasificación, teniendo en cuenta la clasificación definida por los anteriores y actualizando el listado de programas, destacando los programas para el diseño ante incendio disponibles al público. Así mismo, se establecen los aspectos más importantes que deben conocerse para evaluar los programas para el diseño ante incendio. De este modo, se proporciona una guía para elegir el programa para el diseño ante incendio que mejor se adapte a las necesidades de cada usuario. Se han encontrado un total de 172 programas, de los cuales 27 están disponibles al público gratuitamente.

### 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de la ingeniería de seguridad estructural ante incendio es la obtención de metodologías de cálculo fiables para el cálculo de estructuras seguras en caso de incendio. Con el fin de alcanzar dicho objetivo es necesario demostrar, mediante estas metodologías, que la estructura mantiene su función portante durante un período de tiempo superior al tiempo requerido para asegurar la evacuación (véase la figura 1).



Fig.1 Requisito que debe cumplirse para la obtención de una estructura segura

Durante los últimos 15 años, se han realizado numerosos proyectos para el desarrollo de metodologías de cálculo que determinen la resistencia de una estructura sometida al fuego. Todos estos métodos aparecen reflejados en los Eurocódigos y están relacionados con los distintos eventos que tienen lugar durante un incendio (véase la figura 2 – Sucesión de eventos).

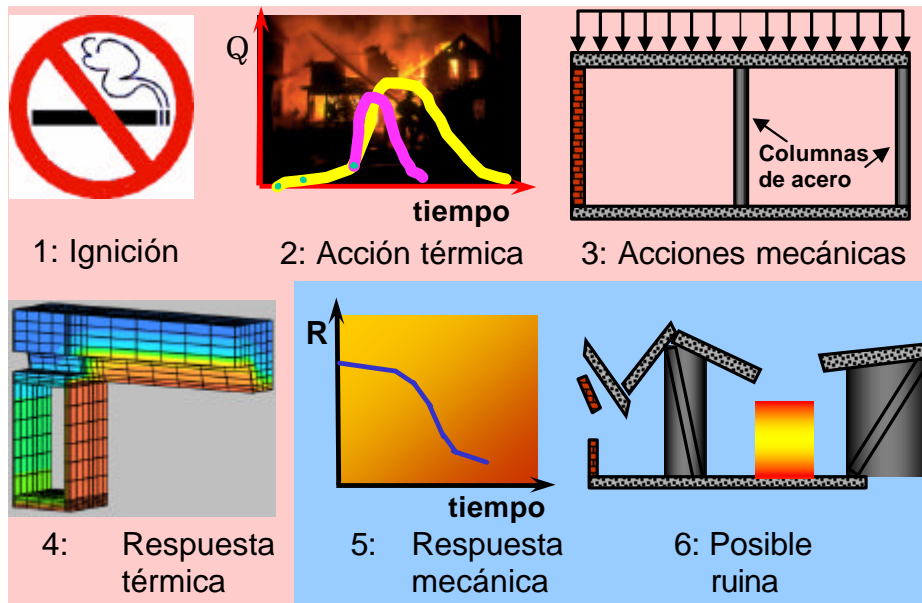


Fig. 2 Sucesión de eventos durante un incendio

Para determinar la seguridad de una estructura también es necesario conocer con claridad los requisitos que dicha estructura debe cumplir. Normalmente, estos requisitos se definen en función del tiempo. En cada país existen códigos y normativas que especifican dichos requisitos (requisitos prescriptivos). Mediante la ingeniería de seguridad ante incendio, se han desarrollado diferentes metodologías para determinar estos requisitos de un modo más realista (requisitos basados en las prestaciones; véase la figura 3 - requisitos).



Fig. 3 Requisitos

Para obtener estos dos parámetros ( $R_{resistencia}$  de la estructura sometida al fuego y  $R_{requerido}$  para estar a salvo), se han desarrollado numerosos programas de cálculo de fuego. Se han encontrado un total de 172 programas de cálculo de fuego, 27 de los cuales están disponibles al público.

En este documento, no sólo se pretende proporcionar una recopilación de programas informáticos para incendio, sino que también se quiere suministrar una guía para poder elegir el programa que mejor se adapte a las necesidades del usuario. Es muy importante saber qué es un modelo de fuego, qué es un programa informático para incendio y cuál es el campo de aplicación de estos modelos de fuego para evaluarlos.

Un modelo de incendio es una herramienta que describe un evento relacionado con el fuego, desde la combustión hasta la evacuación y la ruina estructural (no sólo el proceso de crecimiento del fuego y el proceso de transporte del humo). Todos los modelos se pueden descomponer en modelos experimentales y modelos matemáticos. Los modelos experimentales son aquellos que operan en el espacio físico o humano, dichos modelos quedan fuera del ámbito abarcado por el presente documento; mientras que los

modelos matemáticos son series de ecuaciones que describen algo, en este caso un evento relacionado con el fuego. Estos últimos modelos estudiados se incluyen en el ámbito de este documento.

Los modelos matemáticos se dividen en modelos deterministas y modelos estadísticos. Los primeros se rigen por leyes físicas, térmicas y químicas; mientras que los modelos estadísticos no se rigen directamente por estas leyes, solamente realizan predicciones estadísticas sobre un evento. Debido a la complejidad de estas ecuaciones y al gran número de repeticiones necesarias para obtener resultados precisos, se hace necesario el uso de ordenadores. Los programas informáticos para el diseño ante incendio constituyen únicamente una herramienta desarrollada para resolver estas ecuaciones matemáticas, tanto en los modelos deterministas como en los estadísticos.

Existen muchos eventos asociados a un incendio. Con el fin de facilitar la evaluación de los programas, hemos realizado su clasificación en función los eventos más comunes de los que se ocupan (el campo de aplicación o el programa).

## 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE CÁLCULO DE FUEGO:

Los programas de diseño ante incendio más comunes describen el transporte del humo y el calor en los recintos. Dichos programas se denominan modelos de zona y modelos de campo. Pero existen más tipos de modelos según su campo de aplicación, como pueden ser los modelos de resistencia al fuego estructural o los modelos de respuesta a detectores. La clasificación adoptada por Olenick y Carpenter se descompone en seis tipos de campos de aplicación: Resistencia a fuego estructural, zona, campo, evacuación, respuesta a detectores y varios. Nosotros reduciremos el número de campos de aplicación a cinco, fusionando los modelos de zona y de campo en un solo grupo más general llamado “Modelos de fuego térmicos”. De este modo, obtenemos una clasificación únicamente en función del campo de aplicación del programa y no en función del método matemático empleado para resolver los distintos eventos.

Dentro de esta clasificación, podemos distinguir dos grupos diferentes (véase la figura 4):

- El primero estrechamente relacionado con la respuesta térmica y mecánica de la estructura durante un incendio (véase la figura 2 – sucesión de eventos)
- El segundo se centra en determinar los requisitos que una estructura debe cumplir para resultar segura en caso de incendio.

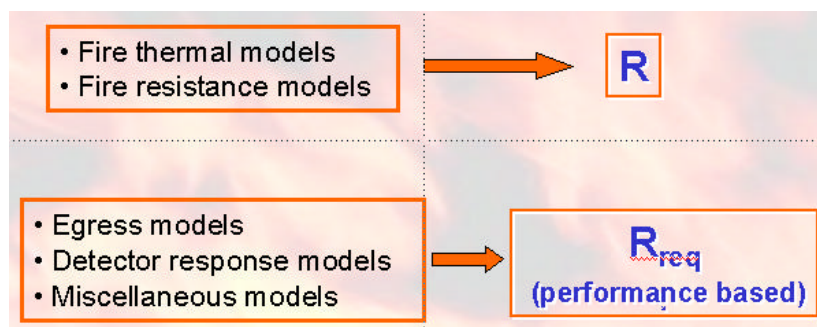


Fig. 4 Grupos de campos de aplicación

### 2.1 Modelos de fuego térmicos:

Dentro de este campo de aplicación, podemos encontrar distintos tipos de programas en función del método empleado para resolver la respuesta térmica asociada a un fuego. Para clasificarlos, seguimos la clasificación de la EN 1991-1-2:2002 en las “Acciones térmicas para el análisis de temperatura” (véase la figura 5).

Modelos de fuego térmicos		
Curvas nominales de temperatura-tiempo (Normas preceptivas)	Curva estándar de temperatura-tiempo	
	Curva de fuego externo	
	Curva de hidrocarburo	
Fuegos naturales (Normas basadas en el rendimiento)	Modelos de fuego simplificados	Fuegos totalmente desarrollados
		Fuegos localizados
	Modelos de fuego avanzados	Modelos de zona
		Modelos de campo

Fig. 5 Acciones térmicas para el análisis de la temperatura – Modelos de fuego térmicos

De este modo, la clasificación de los Modelos de Fuego Térmicos es la siguiente:

- Modelos de Fuego Térmicos Simplificados: divididos en Fuegos Totalmente Desarrollados y Fuegos Localizados.
- Modelos de Fuego Térmicos Avanzados: divididos en Modelos de Zona y Modelos de Campo (basados en la Mecánica de Fluidos Computacional).

### 2.1.1 Modelos de Fuego Térmicos Simplificados

Estos modelos se basan en parámetros físicos específicos con un campo de aplicación limitado. Para fuegos totalmente desarrollados, se considera una distribución uniforme de temperatura y, para fuegos localizados, una distribución no uniforme.

Campo de aplicación: Modelos de Fuego Térmicos Simplificados			
Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
DIFISEK-CaPaFi	Luxemburgo	1	Cálculo de la temperatura de un elemento de acero calentado utilizando de 1 a 5 fuentes de fuego local. Se basa en la EN 1991-1-2, el prEN 1993-1-2 y los proyectos de CECA “Recintos de Gran Tamaño” y “Aparcamientos Cerrados”.
DIFISEK-EN 1991-1-2 Anexo A	Luxemburgo	2	Cálculo de las curvas paramétricas de temperatura-tiempo en un recinto y de la temperatura de un elemento de acero con y sin protección sometido a dicha curva paramétrica de temperatura-tiempo. Se basa en la EN 1991-1-2 Anexo A y en el prEN 1993-1-2.
DIFISEK-TEFINAF	Luxemburgo	3	Cálculo del rango de temperatura en la sección de acero bajo techo en función del tiempo y de la distancia radial desde el fuego. Se basa en el informe EUR 18868 “Desarrollo de reglas de cálculo para estructuras de acero sometidas a fuego natural en recintos de gran tamaño”.

Estos tres programas han sido desarrollados por Profil-Arbed y actualizados para este proyecto por Profile Arbed Researchers (PARE).

## 2.1.2 Modelos de Fuego Térmicos Avanzados

### 2.1.2.1 Modelos de Zona:

Un modelo de zona es un modelo numérico que divide el/(los) recinto(s) a estudiar en distintos volúmenes de control o zonas. Los modelos de zona más frecuentes dividen un recinto en dos zonas, una zona superior caliente y una zona inferior fría. Un caso particular de modelo de zona es el modelo de una zona. Dicho modelo se basa en la hipótesis de que no existe estratificación y el recinto de incendio puede ser tratado como un horno con propiedades homogéneas. Algunos modelos de zona incluyen la posibilidad de cambiar del modelo de dos zonas al modelo de una zona cuando se alcancen las condiciones requeridas (es decir, el flash-over).

Para poder utilizar las ecuaciones que rigen y que son la base de estos modelos, los ingenieros de protección ante incendio deben adoptar diversas hipótesis, muchas de las cuales se basan en las observaciones de ensayos experimentales y de modelos. Las hipótesis principales son:

- El humo se estratifica en dos capas diferentes (como puede verse en los incendios reales). También se considera que las capas son completamente uniformes, lo cual no es cierto, pero las diferencias dentro de cada capa son tan pequeñas en comparación con las diferencias entre las capas que, en consecuencia, esta hipótesis resulta aceptable.
- El penacho de fuego actúa como una bomba de materia (partículas de humo) y calor hacia la zona superior. Sin embargo, el volumen del penacho se considera pequeño comparado con las zonas superior e inferior y resulta, en realidad, insignificante.
- La mayoría de los contenidos de un recinto se ignoran; existe una pérdida de calor hacia el cerramiento del hueco, no hacia el mobiliario. (Algunos modelos de zona pueden determinar la propagación de la llama hacia unos pocos muebles)

Los datos de entrada suelen ser la geometría del recinto, la construcción del recinto (incluyendo todas las paredes, suelos y techos), el número de ventiladores (o agujeros) y sus dimensiones, las características del mobiliario del recinto y la velocidad de generación de calor (lo que está ardiendo)

Los datos resultantes suelen ser la predicción del tiempo de activación de los detectores de incendio y de los rociadores, el tiempo hasta el flash-over, la temperatura de las capas superior e inferior, la altura de la capa de humo y la producción de especies.

Los modelos de zona no pueden tener en cuenta con precisión la re-radiación de los alrededores. La velocidad de generación de calor no es un resultado, deben realizarse ensayos para cuantificar el tamaño del fuego, y la pericia del ingeniero debe ser la adecuada para realizar el cálculo de forma correcta en cada caso de estudio.

---

#### Campo de aplicación: Modelos de Zona

---

Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
ARGOS	Dinamarca	4	Modelo de zona multirecinto
ASET/ASET-B	EEUU	5	Modelo de zona para un recinto sin ventilación
ASMET	EEUU	6	Herramienta de Ingeniería de Gestión de Humos en atrios
Branzfire	New Zealand	7	Modelo de zona multirecinto, totalmente integrado con un modelo de propagación de llama y crecimiento de fuego aplicable a escenarios de fuego en recintos
BRI-2	Japón/EEUU	8	Modelo de zona multirecinto de dos capas para el transporte de humos en múltiples plantas
CCFM/Vents	EEUU	9	Modelo de zona multirecinto con ventilación
Cfire-X	Alemania/Noruega	10	Modelo de zona para fuego totalmente

---

			desarrollado, en particular para fuego en piscinas de hidrocarburo líquido
CiFi	Francia	11	Modelo de zona multirecinto
COMPBRN	EEUU	12	Modelo de zona para recintos
COMPF2	EEUU	13	Modelo para un solo recinto con post flash-over
DACFIR-3	EEUU	14	<i>Modelo de zona para cabinas de avión</i>
DSLAYV	Suecia	15	Modelo de zona para un solo recinto
FAST/CFAST	EEUU	16	Modelo de zona para predecir las condiciones externas de la estructura de un recinto
FASTLite	EEUU	17	Versión con características limitadas de CFAST
FFM	EEUU	18	Modelo de zona con pre flash-over
FIGARO II	Alemania	19	<i>Modelo de zona para determinar la inhabitabilidad</i>
FIRAC	EEUU	20	Utiliza el FIRIN, incluye complejos sistemas de ventilación
FireMD	EEUU	21	Modelo de dos zonas para un solo recinto
FireWalk	EEUU	22	Utiliza el modelo CFAST con visualización mejorada
FireWind	Australia	23	Modelo de zona multirecinto con varios submodelos
FIRIN	EEUU	24	Modelo de zona multirecinto con conductos, ventiladores y filtros
FIRM	EEUU	25	Modelo de dos zonas para un solo recinto
FIRST	EEUU	26	Modelo de zona para un solo recinto con ventilación
FLAMME-S	Francia	27	Modelo de dos zonas
FMD	EEUU	28	Modelo de zona para Atrios
HarvardMarkVI	EEUU	29	Versión anterior de FIRST
HEMFAST	EEUU	30	Incendio de muebles en un recinto
HYSLAB	Suecia	31	Modelo de zona con pre flash-over
IMFE	Polonia	32	Modelo de zona para un solo recinto con ventilaciones
MAGIC	Francia	33	<i>Modelo de dos zonas para centrales nucleares</i>
MRFC	Alemania	34	<b>Modelo de zona para múltiples huecos, desplazamiento de humo y carga térmica sobre estructuras</b>
NAT	Francia	35	<b>Modelo de zona para un recinto, orientado a la respuesta de las estructuras</b>
NBS	EEUU	36	Modelo de zona con pre flash-over
NRCC1	Canadá	37	Modelo de zona para un solo recinto
NRCC2	Canadá	38	Modelo de zona para grandes espacios de oficinas
OSU	EEUU	39	Modelo de zona para un solo recinto
Ozone	Bélgica	40	<b>Modelo de zona orientado a la respuesta de las estructuras</b>
POGAR	Rusia	41	Modelo de zona para un solo recinto
RADISM	Reino Unido	42	Modelo de zona que incluye la entrada de la llama desviada bajo el techo en la capa boyante, rociadores y ventilaciones
RFIRES	EEUU	43	Modelo de zona con pre flash-over
R-VENT	Noruega	44	Modelo de ventilación de humo para un recinto
SFIRE-4	Suecia	45	Modelo de zona con post flash-over
SICOM	Francia	46	Modelo de zona para un solo recinto
SMKFLW	Japón	47	Modelo de zona de una capa para el transporte de humo en edificios
Smokepro	Australia	48	Modelo de zona para humo en un solo recinto
SP	Reino Unido	49	Modelo de zona con post flash-over
WPI-2	EEUU	50	Modelo de zona para un solo recinto

WPIFIRE	EEUU	51	Modelo de zona para múltiples recintos
ZMFE	Polonia	52	Modelo de zona para un solo recinto

La mayoría de estos programas se centran en el transporte de humo y de calor. Su aplicación a la ingeniería estructural ante incendio se dedica sólo a la determinación de la temperatura del gas (para determinar, en un siguiente paso, la temperatura de los elementos estructurales). Los programas en negrita se centran directamente en el cálculo estructural en caso de incendio. Los programas en cursiva se centran en casos particulares y su aplicación al cálculo en ingeniería de seguridad estructural ante incendio es muy reducida. Se han encontrado otros tres modelos, pero no se ha obtenido información sobre ellos: CISNV (Rusia), FirePro (Reino Unido) y FireWalk (EEUU).

#### 2.1.2.2 Modelos de campo:

Un modelo de campo representa el filo cortante de la ingeniería de protección contra incendios. El modelo CFD aplica una malla tridimensional de volúmenes de control elementales al recinto en estudio. Dichos volúmenes de control son como los utilizados en los modelos de zona; sin embargo, mientras que los modelos de zona podrían tener dos o tres zonas, un modelo CFD tendrá cientos de miles de volúmenes de control.

Los modelos CFD resuelven ecuaciones diferenciales dependientes del tiempo (conocidas como ecuaciones de Navier-Stokes) para cada volumen de control. Este método detallado es mucho más complejo y requiere mucho más tiempo, pero las ecuaciones de Navier-Stokes sólo se ven limitadas por las condiciones de contorno del problema. Estos modelos tienen en cuenta menos hipótesis y una geometría de recinto más compleja.

Los datos de entrada son la geometría detallada de los recintos, su construcción (incluyendo todas las paredes, suelos y techos), el número de ventiladores (o agujeros) y sus dimensiones, las características del mobiliario de los huecos, las características del combustible/la combustión, los parámetros de turbulencia y los parámetros de radiación.

Los datos resultantes son el desplazamiento/velocidad del humo y el calor, la predicción del tiempo de activación de detectores de fuego y rociadores, el tiempo hasta el flash-over, las temperaturas en el dominio, las velocidades, la altura de la capa de humo y la producción de especies.

El CFD requiere gran cantidad de tiempo de computación, a medida que aumenta el número de volúmenes de control, aumenta también el tiempo de computación. Se consideran ciertos parámetros; los modelos CFD deben ser validados antes de confiar en ellos plenamente.

Los modelos CFD pueden utilizarse para geometrías complejas (como paredes curvas). El uso de los modelos CFD está muy extendido en otros campos de la ingeniería (tales como la mecánica y la aeroespacial), esto significa que muchos ingenieros, más que con los modelos de zona, pueden probar, desarrollar y verificar los códigos CFD.

Campo de aplicación: Modelos de campo (CFD)			
Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
<i>ALOFT-FT</i>	<i>EEUU</i>	<i>53</i>	<i>Desplazamiento del humo en incendios de grandes dimensiones en espacios abiertos</i>
<b>CFX</b>	<b>Reino Unido</b>	<b>54</b>	<b>Programa CFD de propósito general</b>
FDS	EEUU	55	Código CFD específico para flujos en relación al fuego
FIRE	Australia	56	Modelo CFD con sprays de agua, unido al combustible en fase sólida/líquida para predecir la velocidad de combustión y el proceso de extinción
FISCO-3L	Alemania/Noruega	57	Modelo de campo de un solo recinto para describir la interacción de los sprays de los rociadores con los gases del fuego con ventilación natural o forzada
<b>FLUENT</b>	<b>EEUU</b>	<b>58</b>	<b>Programa CFD de propósito general</b>

JASMINE	Reino Unido	59	Modelo CFD para la propagación de fuego y humo
KAMALEON	Noruega	60	Modelo CFD para fuegos unidos a un código de elementos finitos para respuestas térmicas de estructuras
KOBRA-3D	Alemania	61	Modelo CFD para la transferencia de calor y la propagación de humo
MEFE	Portugal	62	Modelo CFD para uno o dos recintos, incluye el tiempo de respuesta de los termopares
<b>PHOENICS</b>	<b>Reino Unido</b>	<b>63</b>	<b>Programa CFD de propósito general</b>
RMFIRE	Canadá	64	Modelo de campo bidimensional para el cálculo transitorio del desplazamiento de humo
SMARTFIRE	Reino Unido	65	Modelo de campo para fuegos
SmokeView	EEUU	66	Herramienta para visualizar datos FDS
SOFIE	Reino Unido/Suecia	67	Modelo CFD para la propagación de fuego y humo
<i>SOLVENT</i>	<i>EEUU</i>	68	<i>Modelo CFD para la transferencia de calor y la propagación de humo en un tunel</i>
SPLASH	Reino Unido	69	Modelo de campo para describir la interacción de los sprays de los rociadores con los gases del fuego
<b>STAR-CD</b>	<b>Reino Unido</b>	<b>70</b>	<b>Programa CFD de propósito general</b>
<i>TUNFIRE</i>	<i>Reino Unido</i>	71	<i>Modelo CFD para la transferencia de calor y la propagación de humo en un tunel</i>
UNSAFE	EEUU /Japón	72	Modelo de campo para incendios en espacios abiertos y cerrados

La mayoría de estos programas se centran en el transporte de humo y calor en caso de incendio. Su aplicación a la ingeniería estructural ante incendio se centra exclusivamente en la determinación de la temperatura de los elementos estructurales. Los programas en negrita son códigos CFD de propósito general. Los programas en cursiva se centran en casos particulares y su aplicación al cálculo en ingeniería estructural ante incendio es muy reducida. Se han encontrado otros tres modelos, pero no se ha obtenido información sobre ellos: STREAM (Japón), VESTA (Holanda) y FLOTRAN (EEUU).

## 2.2 Modelos de resistencia al fuego estructural:

Estos modelos simulan la respuesta de los elementos estructurales del edificio expuestos al fuego. Su finalidad principal es la determinación del tiempo de fallo de los elementos sometidos al fuego. Se rigen por leyes térmicas y mecánicas.

Al igual que para los modelos de fuego térmicos, podemos encontrar distintos tipos de programas en función del método empleado para resolver la respuesta mecánica asociada a un fuego. Para clasificarlos, seguimos la clasificación de los Eurocódigos (EN 1991-1-2:2002 y prEN 1993-1-2:2003) para los procedimientos de cálculo (véase la figura 6).

De este modo, la clasificación de los Modelos de resistencia a fuego estructural se descompone en programas para la resistencia a fuego estructural simplificados y avanzados.

Los datos de entrada suelen ser las propiedades materiales y las condiciones de contorno de los elementos estructurales (incluyendo las cargas de fuego).

Los datos resultantes son el tiempo de fallo, la tensión y los desplazamientos de los elementos.

Structural design procedure			Tabulated data	Simple calculation methods	Advanced methods
Prescriptive based rules	Member analysis	Calculation of mechanical actions and boundaries	YES	YES	YES
	Analysis of part of the structure		NO	YES (if available)	YES
	Analysis of entire structure	Selection of mechanical actions	NO	NO	YES
Performance based rules	Member analysis	Calculation of mechanical actions and boundaries	NO	YES (if available)	YES
	Analysis of part of the structure		NO	NO	YES
	Analysis of entire structure	Selection of mechanical actions	NO	NO	YES

Fig. 6. Clasificación de los métodos de cálculo estructural

### 2.2.1 Modelos de Resistencia a Fuego Estructural Simplificados:

Estos modelos calculan el comportamiento estructural de cada elemento de forma individual, cada elemento estructural aislado del resto de la estructura, y están basados en métodos simplificados. Algunos de estos modelos están incorporados en modelos de zona o de campo.

Campo de aplicación: Modelos de Resistencia a Fuego Estructural			
Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
AFCB	Luxemburgo	73	Cálculo de fuego para vigas mixtas, según el Eurocódigo 4
AFCC	Luxemburgo	74	Cálculo de fuego para columnas mixtas, según el Eurocódigo 4
<i>CIRCON</i>	<i>Canadá</i>	75	<i>Modelo de resistencia a fuego para columnas de hormigón reforzadas con sección transversal circular</i>
COFIL	Canadá	76	Resistencia al fuego de secciones circulares de acero huecas rellenas con hormigón
Elefir	Bélgica	77	Resistencia al fuego de elementos estructurales de acero según el Eurocódigo 3
H-Fire	Alemania	78	Cálculo de la resistencia de cálculo para elementos mixtos expuestos al fuego utilizando los modelos de cálculo simplificado de la EN 1994-1-2
INSTAI	Canadá	79	Resistencia al fuego de columnas de acero huecas circulares con aislamiento
INSTCO	Canadá	80	Resistencia al fuego de secciones tubulares circulares de acero rellenas de hormigón
POTFIRE	Francia	81	Resistencia al fuego de secciones huecas rellenas de hormigón – en base al anexo G del Eurocódigo 4
<i>RCCON</i>	<i>Canadá</i>	82	<i>Modelo de resistencia al fuego para columnas de hormigón reforzado con sección transversal rectangular</i>
RECTST	Canadá	83	Resistencia al fuego de columnas de acero huecas rectangulares con aislamiento
<i>SQCON</i>	<i>Canadá</i>	84	<i>Modelo de resistencia al fuego para columnas cuadradas de hormigón reforzado</i>
WSHAPS	Canadá	85	Resistencia al fuego de columnas de perfiles W de acero con protección

Los programas en cursiva solamente son válidos para elementos estructurales de hormigón.

### 2.2.2 Modelos de Resistencia a Fuego Estructural Avanzados:

Estos modelos pueden simular una estructura parcial o completa en modo estático o dinámico, proporcionándonos el tiempo de ruina de todo el edificio en caso de que ésta ocurra. Estos programas son códigos de elementos finitos y frecuentemente son de propósito general.

Campo de aplicación: Modelos Avanzados de Resistencia Estructural ante Incendio			
Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
<b>ABAQUS</b>	<b>EEUU</b>	<b>86</b>	<b>Código de elementos finitos de propósito general</b>
<b>ALGOR</b>	<b>EEUU</b>	<b>87</b>	<b>Código de elementos finitos de propósito general</b>
<b>ANSYS</b>	<b>EEUU</b>	<b>88</b>	<b>Código de elementos finitos de propósito general</b>
BoFire	Alemania	89	BoFire es un código informático incremental, transitorio y no lineal basado en el método de los elementos finitos. Para las propiedades materiales, se aplican las definiciones térmicas y mecánicas de la ENV 1994-1-2. Pueden analizarse estructuras de acero, de hormigón y estructuras mixtas de acero y hormigón.
<i>BRANZ-TR8</i>	<i>Nueva Zelanda</i>	<i>90</i>	<i>Este programa sirve para analizar la resistencia a fuego de sistemas de suelo de hormigón reforzado o pretensado</i>
CEFICOSS	Bélgica	91	Modelo de resistencia a fuego
CMPST	Francia	92	Resistencia mecánica de secciones a temperaturas elevadas
<i>COMPSL</i>	<i>Canadá</i>	<i>93</i>	<i>Temperaturas de forjados multicapa durante la exposición al fuego</i>
<b>COSMOS</b>	<b>EEUU</b>	<b>94</b>	<b>Código de elementos finitos de propósito general</b>
FASBUS	EEUU	95	Modelo de resistencia mecánica para elementos estructurales expuestos al fuego
FIRES-T3	EEUU	96	Transferencia de calor de elementos finitos de 1, 2 o 3D
HSLAB	Suecia	97	Desarrollo de temperatura transitorio en un forjado caliente compuesto de uno o varios materiales
LENAS	Francia	98	Comportamiento mecánico de estructuras de acero expuestas al fuego
<b>LUSAS</b>	<b>Reino Unido</b>	<b>99</b>	<b>Programa de análisis de ingeniería general</b>
<b>NASTRAN</b>	<b>EEUU</b>	<b>100</b>	<b>Código de elementos finitos de propósito general</b>
SAFIR	Bélgica	101	Análisis transitorio y mecánico de estructuras expuestas al fuego
SAWTEF	EEUU	102	Análisis estructural de armaduras de madera, unidas por placas metálicas, expuestas al fuego
SISMEF	Francia	103	Comportamiento mecánico de estructuras mixtas de acero y hormigón sometidas al fuego
STA	Reino Unido	104	Comportamiento transitorio de elementos sólidos calientes
STELA	Reino Unido	105	Modelo tridimensional de volumen finito, integrado en JASMINE y SOFIE, para calcular la respuesta térmica de los elementos estructurales a los gases del fuego
TASEF	Suecia	106	Código de elementos finitos para el análisis de temperatura de estructuras expuestas al fuego
<i>TCSLBM</i>	<i>Canadá</i>	<i>107</i>	<i>Distribuciones de temperatura bidimensionales para armaduras de forjado/viga de hormigón expuestas al fuego</i>
THELMA	Reino Unido	108	Código de elementos finitos para el análisis de temperatura de estructuras expuestas al fuego
<i>TR8</i>	<i>Nueva Zelanda</i>	<i>109</i>	<i>Resistencia a fuego de forjados de hormigón y sistemas de plataforma</i>
VULCAN	Reino Unido	110	Programa para el análisis tridimensional de pórticos,

<i>WALL2D</i>	<i>Canadá</i>	<i>111</i>	desarrollado principalmente para modelizar el comportamiento de pórticos de acero y mixtos, incluyendo los forjados, en condiciones de fuego <i>Modelo para predecir la transferencia de calor a través de muros con conectores de madera expuestos al fuego</i>
---------------	---------------	------------	---

Los programas en cursiva no son válidos para estructuras de acero. Los programas en negrita son códigos de elementos finitos de propósito general. Se han encontrado otros dos modelos, pero no se ha obtenido información sobre ellos: HEATING y TAS (EEUU).

### 2.3 Modelos de evacuación:

Los modelos de evacuación predicen el tiempo necesario para evacuar un edificio. Dichos modelos se usan generalmente en los análisis de cálculo basados en prestaciones, como análisis alternativo, así como para determinar la ubicación de las zonas de congestión durante la evacuación.

Algunos de estos modelos se unen a los modelos de zona o de campo para determinar el tiempo hasta el inicio de las condiciones de inhabilitación de un edificio.

Los más sofisticados incluyen también características interesantes como el efecto psicológico del fuego sobre los ocupantes, el efecto de la toxicidad del aire o el efecto de la visibilidad decreciente. Algunos de estos últimos poseen también utilidades gráficas que muestran el movimiento de la gente durante el proceso de evacuación.

Los datos de entrada suelen ser la ocupación del edificio y la geometría del mismo (salidas, escaleras, ascensores, pasillos, etc.).

Los datos resultantes suelen ser el tiempo necesario para evacuar el edificio y la localización de las zonas de congestión.

Estos suelen ser modelos estadísticos.

#### Campo de aplicación: Evacuaciones

Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
AEA EGRESS	EEUU	112	Análisis de evacuación de ocupantes
ALLSAFE	Noruega	113	Modelo de evacuación que incluye factores humanos
ASERI	Alemania	114	Movimiento de la gente en geometrías complejas que incluye los factores de propagación de fuego y el humo
BGRAF	EEUU	115	Modelo de evacuación de emergencia que incorpora un modelo casual de la decisión humana
EESCAPE	Australia	116	Evacuación de edificios de varias plantas utilizando las escaleras
EGRESS	Reino Unido	117	Modelo de evacuación para geometrías complejas que incluye la visualización
EGRESSPRO	Australia	118	Modelo de evacuación que incluye la activación de detectores y rociadores
ELVAC	EEUU	119	Evacuación de edificios de varias plantas mediante ascensores
EVACNET	EEUU	120	Determina el plan de evacuación óptimo
EVACS	Japón	121	Modelo de evacuación para determinar el diseño óptimo
EXIT89	EEUU	122	Evacuación de edificios de gran altura
EXITT	EEUU	123	Modelo de evacuación de tipo nodo y arco que incluye el comportamiento de la gente
EXODUS	Reino Unido	124	Herramienta de evacuación para empresas de seguridad

GRIDFLOW	Reino Unido	125	Simulación de evacuación para obtener el tiempo necesario para que los ocupantes abandonen cada planta de un edificio de varias plantas, así como el tiempo necesario para que abandonen la totalidad del edificio
PATHFINDER	EEUU	126	Modelo de evacuación
PEDROUTE	Reino Unido	127	Modelo de simulación de evacuación a pie
SEVE_P	Francia	128	Modelo de evacuación con resultados gráficos, incluyendo obstrucciones
SIMULEX	Reino Unido	129	Modelo de evacuación basado en coordenadas
STEPS	Reino Unido	130	Programa de Simulación con Visualización 3D de Movimientos a Pie
WAYOUT	Australia	131	Parte del paquete de programas FireWind sobre evacuaciones

Se han encontrado otros cinco modelos, pero no se ha obtenido información sobre ellos: BFIRE, ERM, Magnetic Simulation, Modelo de Fluidos de Takashi y VEGAS (Reino Unido).

#### 2.4 Modelos de respuesta de detectores:

Los modelos de respuesta de detectores determinan el tiempo hasta la activación de un dispositivo activo de seguridad ante incendio, como pueden ser: detectores térmicos, rociadores o detectores de humo.

Estos modelos adoptan un modelo de zona para calcular el transporte de calor y humo, y utilizan submodelos para determinar la respuesta de los detectores térmicos al flujo de calor y humo. Para abreviar, estos modelos emplean un sistema simplificado y calculan la transferencia de calor al elemento detector para determinar el tiempo de activación del mismo.

Los datos de entrada suelen ser las características del elemento detector a analizar, su situación y la velocidad de generación de calor del fuego. Para los modelos más sofisticados se necesitan la geometría del recinto y sus materiales.

Los datos resultantes son el tiempo de activación del dispositivo y, en los modelos más sofisticados, el efecto de la activación del dispositivo.

Es necesario tener cuidado para elegir el modelo correctamente ya que algunos son sólo válidos para techos planos o techos sin obstáculos.

Campo de aplicación: Modelos de Respuesta a Detector			
Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
ASCOS	EEUU	132	Análisis de sistemas de control de humo
DETECT-QS	EEUU	133	Calcula el tiempo de activación del detector térmico bajo techos sin obstáculos, fuego arbitrario
DETECT-T2	EEUU	134	Calcula el tiempo de activación del detector térmico bajo techos sin obstáculos, fuego t2
FPETOOL	EEUU	135	Conjunto de ecuaciones de ingeniería útiles para el cálculo del riesgo de fuego potencial y la respuesta de los sistemas espaciales y de protección contra el fuego ante el riesgo en desarrollo
G-JET	Noruega	136	Modelo de detección de humo
JET	EEUU	137	Modelo para la Predicción de la Activación del Detector y la Temperatura del Gas ante la Presencia de una Capa de Humo
LAVENT	EEUU	138	Respuesta de las conexiones de los rociadores en fuegos totalmente desarrollados con cortinas y ventilaciones en los techos
PALDET	Finlandia	139	Respuesta de rociadores y detectores de fuego, bajo techos sin obstáculos

SPARTA	Reino Unido	140	Modelo de rastreo de partículas de los rociadores, integrado en JASMINE, para evaluar el efecto de los rociadores sobre los gases del fuego
SPRINK	EEUU	141	Respuesta de los rociadores para fuegos en almacenes con estantes elevados
TDISX	EEUU	142	Respuesta de rociadores en almacenes

Se ha encontrado un modelo más, pero no se ha obtenido información sobre el mismo: HAD.

### 2.5 Modelos varios:

Existen algunos modelos asociados con la ingeniería de seguridad ante incendio que no han sido incluidos en las categorías anteriores. Algunos de ellos poseen características que responden a más de una de las categorías anteriores y otros tratan aspectos específicos del fuego que no están incluidos en las otras categorías. A estos modelos se les ha denominado varios.

Muchos de estos modelos son programas informáticos que contienen muchos submodelos y, por consiguiente, pueden utilizarse para varios de los campos de aplicación listados antes. Son paquetes informáticos constituidos por modelos independientes, que se ocupan, cada uno de ellos, de un aspecto individual del fuego.

#### Campo de aplicación: Modelos varios

Modelo	País	Número Id.	Breve descripción
ALARM	Reino Unido	143	Optimización económica de las medidas para el cumplimiento de las exigencias reglamentarias
ASKFRS	Reino Unido	144	Paquete de modelos que incluye un modelo de zona
BREAK1	EEUU	145	Respuesta de las ventanas ante el fuego
BREATH	Reino Unido	146	Dispersión de sustancias contaminantes en una red de recintos con ventilación forzada
Brilliant	Noruega	147	Modelo CFD combinado con modelos analíticos
COFRA	EEUU	148	Modelo de evaluación del riesgo de fuego
CONTAMW	EEUU	149	Modelo del flujo de aire
CRISP	Reino Unido	150	Modelo de zona para fuegos con evaluación del riesgo y la evacuación
FIERAsystem	Canadá	151	Modelo de evaluación de riesgos, que incluye una serie de correlaciones
FireCad	EEUU	152	Parte principal de CFAST
FIRECAM	Canadá	153	Evaluación del riesgo de daños
FIREDEMND	EEUU	154	Determina la cantidad de agua necesaria para extinguir un fuego
FIRESYS	Nueva Zelanda	155	Paquete de programas para trabajar con códigos basados en prestaciones
FIREX	Alemania	156	Modelos de zona simplificados combinados con correlaciones empíricas
FIVE	EEUU	157	Evaluación de la vulnerabilidad inducida por el fuego
FRAME	Bélgica	158	Modelo de evaluación del riesgo de fuego
FREM	Australia	159	Modelo de evaluación del riesgo de fuego
FriskMD	EEUU	160	Versión basada en el riesgo del modelo de zona FireMD
HAZARD I	EEUU	161	Modelo de zona con amplias posibilidades de evacuación
JOSEFINE	Reino Unido	162	Interfaz integrada del fuego a los modelos de zona y CFD, y a los modelos de simulación de riesgos y evacuación
MFIRE	EEUU	163	Sistemas de ventilación en minas
RadPro	Australia	164	Modelo de radiación del fuego
Risiko	Suiza	165	Modelo de evaluación de riesgos
RISK-COST	Canadá	166	Riesgos de muerte esperados y costes asociados al fuego
RiskPro	Australia	167	Modelo de clasificación de riesgos
SMACS	EEUU	168	Desplazamiento del humo a través de los sistemas de aire

SPREAD	EEUU	169	acondicionado Predice la velocidad de combustión y la velocidad de propagación de un fuego iniciado en una pared
ToxFED	Reino Unido	170	Cálculo de la FED ( <b>F</b> ractional <b>E</b> ffective <b>D</b> ose – Dosis Fracionaria Efectiva) de las concentraciones de clases de capas de humo
UFSG	EEUU	171	Predice la propagación de la llama hacia arriba y el crecimiento en materiales de carbonización y de no carbonización
WALLEX	Canadá	172	Cálculo de la transferencia de calor del penacho de fuego en una ventana a la pared situada sobre la ventana

Se ha encontrado un modelo más, pero no se ha obtenido información sobre él: Dow indices (EEUU).

## 2.6 Programas de cálculo de fuego disponibles al público:

Entre todos los programas encontrados durante este estudio, 27 están disponibles al público. El listado de estos programas se incluye en la siguiente tabla:

Programas de cálculo de fuego disponibles al público			
Modelo	Campo de aplicación	Número Id.	Disponible en
DIFISEK-CaPaFi	Modelos térmicos de fuego – Simplificado	1	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
DIFISEK-EN 1991-1-2 Anexo A	Modelos térmicos de fuego – Simplificado	2	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
DIFISEK-TEFINAF	Modelos térmicos de fuego – Simplificado	3	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
ASET/ASET-B	Modelos térmicos de fuego – Zona	5	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
ASMET	Modelos térmicos de fuego – Zona	6	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
CCFM/Vents	Modelos térmicos de fuego – Zona	9	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FAST/CFAST	Modelos térmicos de fuego – Zona	16	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FIRST	Modelos térmicos de fuego – Zona	26	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
OZONE	Modelos térmicos de fuego – Zona	40	<a href="http://www.ulg.ac.be">www.ulg.ac.be</a> <a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
ALOFT-FT	Modelos térmicos de fuego – Campo	53	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FDS	Modelos térmicos de fuego – Campo	55	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
SmokeView	Modelos térmicos de fuego – Campo	66	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
AFCB	Resistencia estructural ante incendio – Simplificado	73	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
AFCC	Resistencia estructural ante incendio – Simplificado	74	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
ELEFIR	Resistencia estructural ante incendio – Simplificado	77	<a href="http://www.ulg.ac.be">www.ulg.ac.be</a>
H-Fire	Resistencia estructural ante incendio – Simplificado	78	<a href="http://www.stahlbau.uni-hannover.de">www.stahlbau.uni-hannover.de</a>
POTFIRE	Resistencia estructural ante incendio – Simplificado	81	<a href="http://www.cidect.org">www.cidect.org</a>
ELVAC	Evacuación	119	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
EVACNET	Evacuación	120	<a href="http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet">http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet</a>
ASCOS	Respuesta de detectores	132	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
DETECT-QS	Respuesta de detectores	133	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
DETECT-T2	Respuesta de detectores	134	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FPETOOL	Respuesta de detectores	135	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
JET	Respuesta de detectores	137	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
LAVENT	Respuesta de detectores	138	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>

BREAK1	Varios	145	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FIREDEMND	Varios	154	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>

### 3 ASPECTOS A EVALUAR:

Los aspectos principales a evaluar en los programas de cálculo ante incendio son:

- Metodología de cálculo – Modelos físicos y matemáticos empleados
- Documentación de los programas
- Aspectos del usuario

#### 3.1 Metodología de cálculo – Modelos físicos y matemáticos empleados:

El concepto más importante de la metodología de cálculo es la *formulación empleada* por los programas para realizar los cálculos. Estas formulaciones se basan normalmente en leyes físicas o térmicas, o en datos y teorías experimentales. La fiabilidad de los programas depende, en gran medida, de la precisión y veracidad de la formulación utilizada.

Resulta imposible tener en cuenta todas las variables relacionadas con un evento a la hora de calcularlo; para realizar los cálculos, hay que establecer hipótesis. Las *hipótesis adoptadas* por los programas para realizar los cálculos constituyen claramente un concepto importante para evaluar su precisión.

Tanto la formulación utilizada, como las hipótesis adoptadas, limitan la versatilidad de los programas. Las *limitaciones de los programas* no vienen impuestas únicamente por estos conceptos, sino que existen otros, como las dimensiones del modelo y la complejidad de la geometría, que también limitan a los programas. Dichas limitaciones nos dirán si los programas se adaptan bien al caso de estudio.

#### 3.2 Documentación de los programas:

Cuando se comienza a usar un programa, es muy importante poseer una información clara sobre el mismo. Los documentos más importantes son: *la Guía del Usuario, las Guías Técnicas y los artículos y ejemplos de validación*. La calidad y claridad de estos documentos resultará muy importante para el uso correcto de los programas y, por tanto, para la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos.

#### 3.3 Aspectos del usuario:

Estos aspectos no están relacionados con la fiabilidad y precisión de los programas, pero resultan de gran importancia a la hora de utilizar dichos programas. Un buen *interfaz de programa* nos permite definir los datos de entrada de forma sencilla, evitando así los errores durante el proceso; los *informes de entrada y salida de datos* son muy importantes para facilitar el análisis de resultados y unos buenos *gráficos* nos proporcionan una mejor visión del evento simulado. Estos tres conceptos harán que los programas sean manejables y puedan reducirse los errores y el tiempo requerido para la obtención del informe de resultados.

### 4 PROGRAMAS EVALUADOS

Durante el presente proyecto, se ha obtenido una gran cantidad de datos sobre distintos programas para el cálculo ante incendio. Debido a la gran cantidad de programas encontrados, se ha adaptado el estudio a catorce de ellos. Para estos catorce programas, se ha recogido la información necesaria para evaluarlos en profundidad (véase el punto 3) y se ha puesto en formato de texto (Anexo I). Además, se ha creado una base de datos con toda esta información, añadiendo los programas no evaluados (para estos últimos sólo se ha recogido la información general). Dicha base de datos estará disponible en los sitios web asociados a DIFISEK.

#### 4.1 *Información de cada programa recogida en formato de texto:*

- Identificación del programa (información general): Nombre, Versión, Año, Campo de Aplicación, País, Autor/es, Organismo/s, Requerimientos del Sistema, Lenguaje de Programación, Tamaño, Disponibilidad, Información de Contacto y Descripción.
- Aspectos de evaluación:
  - Metodología de cálculo: Formulación Utilizada, Hipótesis Adoptadas y Limitaciones.
  - Documentación: Guía de Usuario, Guías Técnicas, Artículos y Ejemplos de Validación.
  - Aspectos de Usuario: Interfaz, Informes de Entrada/Salida de Datos y Gráficos.
- Conclusiones: Evaluación de los aspectos listados anteriormente y Requerimientos de Nivel de Conocimientos del Usuario.

#### 4.2 *Catorce programas evaluados en profundidad:*

- Modelos de Fuego Térmicos (4):
  - Modelos de Fuego Térmicos Simplificados (1): DIFISEK-EN 1991-1-2 Anexo A
  - Modelos de Fuego Térmicos Avanzados (3): FAST/CFAST y OZONE (Zona) y FDS (Campo)
- Modelos de Resistencia Estructural ante incendio (7):
  - Modelos de Resistencia Estructural a Incendio Simplificados (5): AFCB, AFCC, Elefir, H-Fire y Potfire
  - Modelos de Resistencia Estructural a Incendio Avanzados (2): Abaqus y BoFire
- Modelos de Evacuación (1): Evacnet4
- Modelos de Respuesta de Detectores (2): Detact-Qs y Jet

Véase el anexo I y la base de datos.

## 5 ANEXO I: PROGRAMAS

### 5.1 DIFISEK-EN 1991-1-2 Anexo A

#### 5.1.1 Información general (Número ID: 2)

- Nombre: Difisek-EN 1991-1-2 Anexo A
- Versión: 1
- Año: 2004
- Campo de Aplicación: Modelos de Fuego Térmicos – Simplificados
- País: Luxemburgo
- Autores: L.G. Cajot; M. Haller
- Organismo: Arcelor LCS Research Centre
- Idioma: Inglés
- Requerimientos de sistema: Windows
- Tamaño: 2.26 MB
- Precio: Gratuito
- Disponible en: [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)

#### **Descripción:**

Cálculo de las curvas paramétricas de temperatura-tiempo en un recinto y de la temperatura de un elemento, con y sin protección, sometido a dicha curva paramétrica de temperatura-tiempo. Basado en la EN 1991-1-2 Anexo A y el prEN 1993-1-2.

#### 5.1.2 Aspectos de evaluación:

Metodología de cálculo:

- Formulación Utilizada: Véase la EN 1991-1-2 Anexo A y el prEN 1993-1-2
- Hipótesis adoptadas: Se considera que la carga de fuego del recinto se ha consumido totalmente. Si se especifican las densidades de la carga de fuego sin consideraciones específicas de comportamiento de la combustión, entonces este método debe limitarse a recintos de incendio con cargas de fuego celulósicas principalmente.
- Limitaciones: Las curvas de temperatura-tiempo utilizadas son válidas para recintos de fuego de hasta 500 m<sup>2</sup> de superficie en planta, sin aberturas en la cubierta y con una altura máxima de 4 m.

#### **Documentación:**

Véase la EN 1991-1-2 Anexo A y el prEN 1993-1-2

#### **Aspectos de usuario:**

- Interfaz: Windows, Excel
- Informe de datos de entrada y resultados mediante archivos en Excel
- Gráficos: Gráficos en Excel

#### 5.1.3 Conclusiones:

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación: EN 1991-1-2 Anexo A y prEN 1993-1-2
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Bajo

## 5.2 FAST/CFAST:

### 5.2.1 Identificación del programa (Número ID 16):

- Nombre: FAST/CFAST
- Versión: FAST 3.1.7/CFAST 5.1.1
- Año: 2004
- Campo de Aplicación: Modelo de zona
- País: EEUU
- Autor: Walter W. Jones
- Organismo: NIST – Instituto Nacional de Normativas y Tecnología
- Requerimientos de sistema: Procesador 386 o superior compatible; 4 MB libres de memoria extendida; tarjeta gráfica compatible con VGA
- Lenguaje de programación: FORTRAN/C
- Tamaño: FAST 11.1 MB / CFAST 6.73 MB
- Disponible en: [www.fast.nist.gov](http://www.fast.nist.gov) or [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)
- Información de contacto: [www.fast.nist.gov](http://www.fast.nist.gov) o contactar con Walter W. Jones mediante correo electrónico: [wwj@nist.gov](mailto:wwj@nist.gov)

### Descripción:

FAST es una recopilación de métodos, constituidos sobre el modelo informático CFAST, para proporcionar un cálculo de ingeniería del riesgo de incendio en estructuras de recinto. Las funciones principales que posee incluyen el cálculo de:

- La producción de entalpía y materia (humo y gases) por parte de uno o más objetos ardiendo en un recinto, en base a mediciones a pequeña o gran escala.
- El transporte, tanto por flotación, como forzado, de dicha energía y materia a través de una serie de recintos y conexiones especificados (puertas, ventanas, conductos,...).
- Las temperaturas resultantes, las densidades ópticas del humo y la concentración de gases después de considerar la transferencia de calor a las superficies y su dilución tras mezclarse con aire puro.

CFAST es un modelo de dos zonas utilizado para calcular el desarrollo de la distribución del humo y los gases del fuego, así como la temperatura en la totalidad de un edificio durante un incendio. Version 3.1.6 modelo de hasta 30 recintos, un sistema de ventilador y conductos para cada recinto, 31 fuegos individuales, hasta un objeto de propagación de la llama, penachos y fuegos múltiples, múltiples rociadores y detectores, y los diez tipos considerados los más importantes en cuanto a la toxicidad del fuego incluyendo la dosis letal efectiva. La geometría incluye relaciones variables de área/altura, la ignición de múltiples objetos, como por ejemplo muebles, bases de datos termofísicos y de pirolisis, paredes multi-capas, ignición a través de barreras y ventilaciones, viento, el efecto chimenea, filtraciones del edificio, y el flujo a través de agujeros en las conexiones suelo-techo.

### 5.2.2 Aspectos de Evaluación:

#### Metodología de Cálculo:

- Formulación utilizada: CFAST se basa en la resolución de una serie de ecuaciones que predicen las variables de estado (presión, temperatura, etc.) en base al flujo de entalpía y materia sobre pequeños incrementos de tiempo. Estas ecuaciones se derivan de las ecuaciones de conservación de la materia y la energía, el momento y la ley de los gases ideales. Los errores que puedan cometerse no pueden provenir de estas ecuaciones, sino de la representación numérica de dichas ecuaciones o de hipótesis simplificadoras.
- Hipótesis adoptadas: La hipótesis básica de todos los modelos de zona para fuegos es que cada recinto puede dividirse en un número reducido de volúmenes de control, cada uno de los cuales es internamente uniforme en cuanto a la temperatura y la composición. En CFAST, todos los recintos constan de dos zonas, excepto el recinto del fuego, que tiene zonas adicionales para la penacha de fuego y la llama bajo el techo, los cuales se calculan individualmente para calcular la transferencia de materia y de calor entre zonas y entre las zonas y las superficies del recinto. Para simular el

crecimiento del fuego, el sistema utiliza un fuego especificado por el usuario, expresado en velocidades de la materia y la energía generadas por el elemento (o elementos) en combustión en función del tiempo. Se realizan determinaciones individuales tanto para incapacitación como para la letalidad por la temperatura y la toxicidad, además de la incapacitación potencial por quemaduras debidas a la exposición al flujo.

- Limitaciones: El modelo CFAST no incluye un modelo de crecimiento de fuego. Actualmente tampoco incluye interacciones entre temperatura y toxicidad.

#### **Documentación:**

- Guía de usuario:  
Guía de usuario de FAST: Herramientas de ingeniería para evaluar el crecimiento de fuego y el transporte de humo. NIST-SP-921; 200 p. marzo 2000.  
Peacock, R. D.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Bukowski, R. W.; Forney, G. P.  
Disponible en: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)  
Guía de usuario de CFAST Versión 1.6.  
NISTIR-4985; 106 p. diciembre 1992.  
Portier, R. W.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Peacock, R. D.  
Disponible en: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Guías técnicas:  
Referencias técnicas para CFAST: una herramienta de ingeniería para evaluar el transporte de fuego y humo. NIST TN 1431; 190 p. marzo 2000.  
Jones, W. W.; Forney, G. P.; Peacock, R. D.; Reneke, P. A.  
Disponible en: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Artículos y Ejemplos de validación:  
“Revisión de los fuegos de cuatro recintos con modelos de fuego de cuatro recintos”, Deal, S. Desarrollos y Ensayos de Seguridad contra Incendios, Acta de la reunión anual de la Sociedad de Productos Químicos Retardantes del Fuego. Octubre 21-24, 1990, Ponte Verde Beach, Florida, 33-51.  
“Verificación de un modelo de transporte del fuego y el humo”, Peacock, R. D.; Jones, W. W.; Bukowski, R. W. Fire Safety Journal., 21 89-129 (1993).  
“La precisión de los modelos de fuego informáticos: algunas comparaciones con datos experimentales provenientes de Australia”, Duong, D. Q. Fire Safety Journal 1990, 16(6), 415-431.  
“Comparación de las predicciones de los modelos de fuego con los experimentos realizados en un hangar con un techo de 15 m”, Davis, W. D.; Notarianni, K. A.; McGrattan, K. B. NIST, NISTIR 5927 (1996).

#### Aspectos de Usuario:

- Interfaz: MS-DOS
- Informe de datos de entrada/resultados: Incluye un generador de informes de texto.
- Gráficos: Incluye un generador de informes gráficos.

#### 5.2.3 Conclusiones:

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación muy detallada
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Medio

### 5.3 OZONE

#### 5.3.1 Identificación del programa (Número ID 40):

- Nombre: OZONE
- Versión: V2.2.2
- Año: 2002

- Campo de aplicación: Modelo de zona
- País: Bélgica
- Autores: J. F. Cadorin y J. M. Franssen de ULG y L. G. Cajot; M. Haller y J. B. Schleich de Arcelor
- Organismo: Universidad de Lieja, Inst. de Mecánica e Ingeniería Civil, 1, Chemin des Chevreuils, 4000 Lieja 1, Bélgica. Y el centro de investigación Arcelor LCS
- Requisitos de sistema: PC bajo Windows.
- Lenguaje de programación: FORTRAN – Visual Basic
- Tamaño: 5 MB
- Disponible en: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be) ; [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)
- Información de contacto: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be) o contactar con Jean Marc Franssen ([jm.franssen@ulg.ac.be](mailto:jm.franssen@ulg.ac.be)) o J. F. Cadorin ([jf.cadorin@ulg.ac.be](mailto:jf.cadorin@ulg.ac.be))

### **Descripción:**

El código informático Ozone V2 ha sido desarrollado para ayudar a los ingenieros en el cálculo de elementos estructurales sometidos a fuegos totalmente desarrollados. El código se basa en varios avances recientes, por un lado, el cálculo de fuego totalmente desarrollado, por otro, el efecto de los fuegos localizados sobre las estructuras. Incluye un modelo simplificado de fuego totalmente desarrollado que combina un modelo de dos zonas y un modelo de una zona. También tiene en cuenta el efecto localizado de un fuego con la ayuda del modelo de Hasemi. Así pues, es un modelo pre y post flash-over. Calcula la temperatura de una sección de acero sometida al fuego totalmente desarrollado y, finalmente, evalúa la resistencia al fuego de elementos de acero simples, según la EC3 ENV 1993-1-2. Se ha desarrollado en el ámbito de dos estudios europeos ‘Edificios de Acero Competitivos a través del Concepto de Seguridad contra Fuegos Naturales’ y ‘Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly design tool’. En Ozone se han realizado diversas mejoras: el modelo de paredes se realiza mediante elementos finitos (va implícito) y se han desarrollado dos modelos de combustión diferentes para abarcar distintas situaciones de uso del código.

### *5.3.2 Aspectos de Evaluación:*

#### **Metodología de Cálculo:**

- **Formulación utilizada:** Los modelos numéricos de dos zonas se basan en once variables físicas. Dichas variables están relacionadas mediante seis restricciones y cuatro ecuaciones diferenciales que describen los equilibrios de masa y energía en cada zona. La ecuación de equilibrio de masas expresa la variación de la masa del gas en cada zona, que es igual a la masa de los gases de combustión originados por el fuego, más la masa que penetra en el recinto a través de las ventilaciones, menos la masa que sale del recinto a través de las ventilaciones. La ecuación de equilibrio de energía expresa el equilibrio entre la energía generada en el recinto por la combustión y la forma en que dicha energía se consume: mediante el calentamiento de los gases en el recinto, mediante la pérdida de masa del aire caliente a través de las aberturas (incluyendo un valor negativo que contabiliza la energía del aire entrante), mediante la pérdida de radiación a través de las aberturas y mediante el calentamiento de las particiones. En el caso del modelo de una zona, el número de variables se reduce a seis, el número de restricciones a cuatro y las ecuaciones diferenciales a dos. Ozone incluye un modelo de partición y dos modelos de combustión.
- **Hipótesis adoptadas:** La hipótesis principal en los modelos de zona es que el recinto se divide en zonas en las que la distribución de la temperatura es uniforme en cualquier momento. En los modelos de una zona, la temperatura se considera uniforme dentro de la totalidad del recinto. Este tipo de modelo es, por tanto, válido en el caso de fuegos totalmente desarrollados, al contrario que los modelos de dos zonas, que son válidos en caso de fuegos localizados. En este último modelo existe una capa caliente, que está próxima al techo, y una capa fría próxima al suelo.
- **Limitaciones:** Ozone no incluye un modelo de pirolisis, pero incluye dos modelos de combustión (modelos de llama externo e interno) que modificarán la evolución de la curva de Velocidad de Generación de Calor (**Rate of Heat Release – RHR** – definida por el usuario) en función del equilibrio de la masa de oxígeno. La geometría del recinto queda restringida a cuatro paredes y tres ventilaciones.

#### **Documentación:**

- Guía del usuario:  
“La Herramienta de Cálculos de Fuego Ozone V2.0 – Descripción Teórica y Validación con Ensayos de Fuego Experimental”  
Informe interno SPEC/2001\_01 Universidad de Lieja, Bélgica, junio 2001.  
J. F. Cadorin; J. M. Franssen; D. Pintea.  
Disponible en: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be)
- Guías técnicas:  
Incluidas en la Guía del Usuario.
- Artículos y Ejemplos de Validación:  
“Edificios de acero competitivos a través de conceptos de seguridad frente a fuego natural”  
Parte 2: Modelos de fuego natural – El modelo de una zona OZone, Informe final  
Acuerdo CEC 7210-SA/125/126/213/214/323/423/522/623/839/937.  
Perfil ARBED, marzo 1999.  
Disponible contactando con: [ecsc-steel@cec.eu.int](mailto:ecsc-steel@cec.eu.int)  
“Conceptos de Seguridad frente a Fuego Natural – Ensayo a Plena Escala, Cumplimiento en los Eurocódigos y Desarrollo de una Herramienta de Cálculo de Fácil manejo”  
Parte 2: Modelos de fuego natural – El modelo de una zona OZone, Informe final  
Acuerdo CEC 7210-PA/PB/PC/PE/PF/PR-060.  
Borrador del informe final, diciembre 2000.  
Disponible contactando con: [ecsc-steel@cec.eu.int](mailto:ecsc-steel@cec.eu.int)  
“Sobre el campo de aplicación de Ozone V2”  
Informe interno N°M&S/2002-003 Universidad de Lieja, Bélgica, 2002.  
J. F. Cadorin  
“Modelos de fuego totalmente desarrollado para ingeniería estructural”  
Tesis doctoral de J. F. Cadorin, Universidad de Lieja.  
J. F. Cadorin  
Disponible en: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be)

Para ampliar información enviar un correo electrónico al contacto.

#### **Aspectos de Usuario:**

- Interfaz: Visual Basic
- Informes de datos de entrada/salida: Incluye un generador de informes de texto.
- Gráficos: Incluye un generador de informes gráficos.

#### *5.3.3 Conclusiones:*

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación muy detallada
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Medio

#### *5.4 FDS - Fire Dynamics Simulator y Smokeview (Simulador de Dinámica de Fuego y Smokeview):*

##### *5.4.1 Identificación del programa (FDS – Número ID: 55 – Número ID: 66):*

- Nombre: FDS – Fire Dynamics Simulator / Smokeview
- Versión: FDS Version 3 / Smokeview Version 3.1
- Año: 2002
- Campo de Aplicación: Modelos de campo (CFD)
- País: EEUU
- Autor/es: FDS – Kevin McGrattan, Glenn Forney. / Smokeview – Glenn Forney
- Organismo: NIST – National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Normas y Tecnología)

- Requisitos de Sistema: UNIX o PC con procesador PII 450 o superior.
- Lenguaje de Programación: FORTRAN 90
- Tamaño: 5.48 MB + 24 MB de ejemplos y documentación
- Disponible en: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Información de contacto: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov) o contactar con Kevin McGrattan  
[kevin.mcgrattan@nist.com](mailto:kevin.mcgrattan@nist.com)

### **Descripción:**

El FSD (Fire Dynamics Simulator – Simulador de Dinámica de Fuego) es un modelo computacional de dinámica de fluidos (Computational Fluid Dynamics – CFD) para el flujo de fluidos generado por el fuego. El programa resuelve numéricamente una forma de las ecuaciones de Navier-Stokes adecuada para flujos dirigidos térmicamente a bajas velocidades, poniendo énfasis en el transporte de humo y calor del fuego. El FDS tiene como objetivo la resolución de problemas de fuego prácticos en ingeniería de protección ante incendios y, al mismo tiempo, proporciona una herramienta para el estudio de la dinámica fundamental de fuego y de la combustión.

Smokeview es un programa de visualización que se emplea para mostrar los resultados de la simulación FDS. Smokeview visualiza los resultados del modelo FDS mostrando: el flujo de partículas, contornos sombreados 2D o 3D de los datos del flujo de gas, como son la temperatura y los vectores de flujo que muestran la dirección y magnitud del mismo. Smokeview también visualiza datos estáticos en momentos concretos usando igualmente contornos 2D o 3D.

#### *5.4.2 Aspectos de Evaluación:*

### **Metodología de Cálculo:**

- **Formulación empleada:** En este modelo se utiliza una forma aproximada de ecuaciones de Navier-Stokes adecuada a aplicaciones de número de Mach reducido. La aproximación conlleva el filtrado de ondas acústicas, mientras que permite grandes variaciones de temperatura y densidad. Esto proporciona a las ecuaciones un carácter elíptico, compatible con procesos de convección térmica a baja velocidad. La computación puede tratarse como una Simulación Numérica Directa (DNS - **D**irect **N**umerical **S**imulation), en la que los valores disipativos se computan directamente, o como una LES (**L**arge **E**ddy **S**imulation), en la que las turbulencias a gran escala se computan directamente y se calculan los procesos disipativos a escala sub-malla. La elección de DNS o LES depende del objetivo de cálculo y de la resolución de la malla computacional. Existen dos modelos de combustión utilizados en FDS. Para un cálculo DNS, donde la difusión del combustible y el oxígeno puede calcularse directamente, resulta más apropiada una reacción química de velocidad finita en un solo paso. En un cálculo LES, donde la malla no es suficientemente fina para resolver la difusión del combustible y el oxígeno, se usa un modelo de combustión de mezcla basado en la fracción.
- **Hipótesis adoptadas:** Las ecuaciones de número de Mach reducido se resuelven numéricamente dividiendo el espacio físico en el que se va a simular el fuego en un gran número de celdas rectangulares. En el interior de cada celda, la velocidad del gas, temperatura, etc. se consideran uniformes, sólo varían con el tiempo. La precisión con que puede simularse la dinámica de fuego depende del número de celdas incluidas en la simulación.
- **Limitaciones:** Los cálculos deben realizarse en un dominio constituido por bloques rectangulares, cada uno con su malla rectilínea. Los dominios no rectangulares no pueden usar el modelo. El FDS no tiene un pre-procesador, se necesita generar un archivo de texto con los datos de entrada (poco manejable).

### **Documentación:**

- **Guía del Usuario:**  
“Simulador de Dinámica de Fuegos FDS (Versión 3) – Guía del Usuario”  
NISTIR 6784 2002.  
McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. y Prasad K.  
Disponible en: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)

“Guía del Usuario para Smokeview Versión 3.1 – Una Herramienta para Visualizar Datos de Simulación de Dinámica de Fuego”

NISTIR 6980 2003.

Forney G. P. y McGrattan K. B.

Disponible en: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)

- Guías Técnicas:  
“Simulador de Dinámica de Fuegos FDS (Versión 3) – Guía de Referencia Técnica”  
NISTIR 6783 2002.  
McGrattan K. B., Baum H. R., Rehm R. G., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. y Prasad K.  
Disponible en: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Artículos y Ejemplos de Validación:  
Existen artículos y ejemplos disponibles en [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)

#### **Aspectos de Usuario:**

- Interfaz: FDS – MS-DOS / Smokeview – Windows Open GL view
- Informe de datos de entrada/salida: Programa Smokeview.
- Gráficos: Programa Smokeview.

#### *5.4.3 Conclusiones:*

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación muy detallada
- El FDS no es de fácil manejo  
Smokeview es de fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Alto

#### *5.5 AFCEB (Cálculo de Fuego en Viga Mixta)*

##### *5.5.1 Identificación del programa (Número ID 73)*

- Nombre: AFCEB (Cálculo de Fuego en Viga Mixta)
- Versión: 3.07
- Año: 2003
- Campo de Aplicación: Modelos de resistencia Estructural ante Incendio
- País: Luxemburgo
- Autor: Henri Colbach
- Organismo: Centro de investigación Arcelor LCS
- Requerimientos de sistema: Windows 95/98/2000/NT, procesador 100 Mhz, 32 MB de RAM, lector de CD-ROM 6x.
- Tamaño: 3 MB
- Disponible en: El programa se encuentra disponible para su descarga gratuita en [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com).
- Información de contacto:  
Centro de investigación Arcelor LCS  
66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette  
Telefono (+352) 5313-3007  
Fax (+352) 5313-3095  
E-mail: [europofil.dsm@profilarbed.lu](mailto:europofil.dsm@profilarbed.lu)  
Internet: [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)

#### **Descripción:**

El programa AFCB calcula los momentos de flexión últimos para vigas mixtas a temperatura de recinto según el EUROCÓDIGO 4 Parte 1.1 (ENV 1994-1-1) y para los tipos de fuego ISO R30, R60, R90, R120 y R180 de acuerdo con el EUROCÓDIGO 4 Parte 1.2 (ENV 1994-1-2).

El programa posee la siguiente estructura:

- **DATOS DE ENTRADA:**
  - **Proyecto:** información general referente al proyecto.
  - **Sección:** hay tres modos distintos de definir el perfil:
    - a) Introducir el nombre completo del perfil en letras mayúsculas (por ejemplo, HE 300 A)
    - b) Elegir la serie del perfil introduciendo el nombre de la misma (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB o UC), después elegir el perfil de la lista.
    - c) Elegir el perfil directamente de la lista.
  - **Forjado:** aunque el programa no realiza ningún cálculo para el forjado, necesita información sobre éste para determinar su participación en la resistencia de la viga y las reducciones a realizar en caso de incendio.
  - **Barras de armadura:** el usuario debe definir las barras de armadura en el hormigón entre las alas y las barras de armadura en el forjado.
  - **Materiales:** definir las propiedades mecánicas de cada material: punto de fluencia del perfil de acero, resistencia cilíndrica característica del hormigón en el perfil y en el forjado, y punto de fluencia de las barras de armadura en el perfil y de las mallas en el forjado.
  - **Factores de seguridad de los materiales:** el usuario puede elegir los factores aplicados a la resistencia de cada material tanto para condiciones de servicio como para condiciones de incendio.
  - **Sistema:** el usuario puede elegir entre tres tipos de cálculo posibles:
    - a) Cálculo de la resistencia de la sección: determina los valores de la resistencia plástica de la sección dada.
    - b) Dimensionamiento bajo una carga dada: el usuario puede definir las cargas. La viga será examinada primero en estado frío y, si su resistencia resulta insuficiente para este caso, el usuario deberá modificar la sección. Si es suficiente en estado frío, el cálculo para el caso de incendio seguirá el primer cálculo. Si en caso de incendio la sección es insuficiente, el programa probará otras combinaciones de las barras de armadura para encontrar una que proporcione suficiente resistencia a la sección. Las combinaciones de barras de armadura se guardan en el archivo "rebars.reb". El usuario puede modificar dicho archivo.
    - c) Dimensionamiento bajo una resistencia mínima dada: similar a b). La diferencia principal es que en este caso los valores de la resistencia de la sección requeridos no se calculan empleando cargas sino que se introducen directamente. Se utiliza este tipo de cálculo si se emplean momentos de resistencia calculados a mano o con otro programa.
- **RESULTADOS:** el programa calcula, para el caso de estado frío y para el caso de incendio, los siguientes resultados:
  - Momentos positivos últimos, M+
  - Momentos negativos últimos, M-
  - Fuerzas de corte últimas
  - Para los cálculos de tipo b) y c), el programa calcula la relación de capacidad y las armaduras (si se usó alguna).
  - Detalles: Los detalles completos del cálculo en estado de servicio y para el tipo de fuego elegido se incluyen en esta página. El usuario puede encontrar todos los datos introducidos en el límite superior del forjado de hormigón. Además, contiene también todos los valores reducidos de los momentos positivos y todos los valores reducidos de los momentos negativos.
  - Gráficos: Según el tipo de cálculo, se pueden mostrar los siguientes gráficos: gráfico de la sección, curva del momento y gráficos para el cálculo de la resistencia de la sección.

### 5.5.2 Aspectos de evaluación:

Metodología de cálculo:

- Formulación utilizada: la metodología de cálculo es la incluida en el Eurocódigo 4 Partes 1.1 y 1.2.
- Hipótesis adoptadas:
  - Este programa se ocupa de vigas de soporte simple o continuas.
  - No se tiene en consideración el anexo H de la ENV 1994-1-1.

- Los refuerzos mostrados para las barras de armadura en el perfil reproducen sólo el texto de definición de las barras de armadura para el cálculo. Este puede ser distinto de las barras de armadura utilizadas para el cálculo. Debe comprobarse en “Detalles” o en el gráfico qué barras de armadura fueron colocadas realmente y utilizadas para el cálculo.
- Limitaciones:
  - La verificación de las fuerzas de deslizamiento no se incluye en el programa. Ésta debe realizarse por separado.
  - Sólo las secciones abiertas se encuentran disponibles para los cálculos.

#### **Documentación:**

- Guía del Usuario: está incluida en el módulo de ayuda del programa.
- Guías Técnicas: Eurocódigo 4 Partes 1.1 y 1.2.
- Disponible en: El programa está disponible para su descarga gratuita en [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)
- Artículos y ejemplos de validación: el programa está suficientemente validado ya que sigue la misma metodología de cálculo que el Eurocódigo 4.

#### **Aspectos de usuario:**

- Interfaz: Windows
- Informe de datos de entrada/salida: el usuario puede imprimir los resultados de forma abreviada o de forma completa. En la forma completa, se imprimen todos los datos de entrada y de salida (resultados de los momentos positivo y negativo últimos y del deslizamiento último, así como la resistencia de la sección a los momentos positivo y negativo en estado frío y en condiciones de incendio).
- Gráficos: El programa realiza un dibujo de la sección y de la distribución de los momentos soportados para los momentos positivo y negativo en estado frío y en condiciones de fuego.

#### *5.5.3 Conclusiones:*

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación muy detallada
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Medio

### *5.6 AFCC (Cálculo de Fuego en Columna Mixta)*

#### *5.6.1 Identificación del programa (Número ID 74)*

- Nombre: AFCC (Cálculo de Fuego en Columna Mixta)
- Versión: 3.05
- Año: 2003
- Campo de Aplicación: Modelos de resistencia a fuego Estructural
- País: Luxemburgo
- Autor: Henri Colbach
- Organismo: Centro de investigación Arcelor LCS
- Requisitos de sistema: Windows 95/98/2000/NT, procesador a 100 Mhz, 32 MB de RAM, lector de CD-ROM 6x.
- Tamaño: 2,5 MB
- Disponible en: El programa se encuentra disponible para su descarga gratuita en [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com).
- Información de contacto:  
 Centro de investigación Arcelor LCS  
 66, rue de Luxembourg  
 L-4221 Esch-sur-Alzette  
 Teléfono (+352) 5313-3007  
 Fax (+352) 5313-3095

E-mail: [europofil.dsm@profilarbed.lu](mailto:europofil.dsm@profilarbed.lu)  
Internet: [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)

### Descripción:

El programa AFCC calcula las cargas últimas para columnas mixtas AF 30/120 a temperatura ambiente según el Eurocódigo 4 Parte 1.1 (ENV 1994-1-1) y para los tipos de fuego ISO R30, R60, R90 y R120, de acuerdo con el Eurocódigo 4 Parte 1.2 (ENV 1994-1-2).

El programa tiene la siguiente estructura:

- **DATOS DE ENTRADA:**
  - **Proyecto:** información general referente al proyecto.
  - **Sección:** hay tres modos distintos de definir el perfil:
    - d) Introducir el nombre completo del perfil en letras mayúsculas (por ejemplo, HE 300 A)
    - e) Elegir la serie del perfil introduciendo el nombre de la misma (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB o UC), después elegir el perfil de la lista.
    - f) Elegir el perfil directamente de la lista.
  - **Barras de armadura:** el usuario debe definir el diámetro de las barras de armadura y su localización.
  - **Materiales:** definir las propiedades mecánicas de cada material: punto de fluencia del perfil de acero, resistencia cilíndrica característica del hormigón en el perfil, y punto de fluencia de las barras de armadura en el perfil.
  - **Factores de seguridad de los materiales:** el usuario puede elegir los factores aplicados a la resistencia de cada material tanto para condiciones de servicio como para condiciones de incendio.
  - **Longitudes de pandeo:** el usuario debe definir las longitudes de pandeo para los ejes débil y fuerte de la columna AF tanto en condiciones de servicio como de incendio.
  - **Excentricidades:** la excentricidad de la carga en el eje débil y en el eje principal del perfil (ambas en mm).
- **RESULTADOS:** el programa calcula, para 5 condiciones – temperatura del recinto para condiciones de servicio, tiempo de resistencia al fuego 30 minutos (R30), tiempo de resistencia al fuego 60 minutos (R60), tiempo de resistencia al fuego 90 minutos (R90) y tiempo de resistencia al fuego 120 minutos (R120) –, las siguientes cargas:
  - Carga axial última, pandeo alrededor del eje débil del perfil (primera columna)
  - Carga axial última, pandeo alrededor del eje principal del perfil (segunda columna)
  - Carga excéntrica última sobre el eje débil (tercera columna)
  - Carga excéntrica última sobre el eje principal (cuarta columna)
  - Carga excéntrica última sobre ambos ejes del perfil (quinta columna)
- **Detalles:** se muestran los detalles completos del cálculo (longitud de pandeo, carga plástica, carga crítica, relación de esbeltez relativa, coeficiente de pandeo) en condiciones de servicio y para los tipos de fuego R30, R60, R90 y R120. También se proporciona el peso por metro de la columna, incluyendo información por separado sobre el perfil, el hormigón y las barras de armadura.
- **Gráfico:** esta parte del programa muestra una visión general de la sección transversal definida por el usuario (datos geométricos del perfil de acero, situación en las barras de armadura...)

#### 5.6.2 Aspectos de evaluación:

Metodología de cálculo:

- Formulación utilizada: la metodología de cálculo es la incluida en el Eurocódigo 4 Partes 1.1 y 1.2.
- Hipótesis adoptadas:
  - Este programa calcula columnas bajo cargas con pequeñas excentricidades constantes.
  - El programa sólo calcula columnas de simetría doble con relleno parcial y con una sección uniforme sobre toda la longitud de la columna.
  - No se considera el Anexo H de la ENV 1994-1-1.

- El porcentaje de las barras de armadura debe cumplir las siguientes normas: ENV 1994-1-1, 4.8.3.1 (3e) y 4.8.2.5(3) y ENV 1994-1-2, 4.3.6.2(2).
- Limitaciones:
  - Sólo las secciones abiertas están disponibles para los cálculos.

#### **Documentación:**

- Guía del Usuario: la guía del usuario está incluida en el módulo de ayuda del programa.
- Guías técnicas: Eurocódigo 4 Partes 1.1 y 1.2.
- Disponible en: El programa está disponible para su descarga gratuita en [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)
- Artículos y ejemplos de validación: el programa está suficientemente validado porque sigue la misma metodología de cálculo que el Eurocódigo 4.

#### **Aspectos de Usuario:**

- Interfaz: Windows
- Informe de datos de entrada/salida: el usuario puede imprimir los resultados de forma abreviada o completa. En la forma completa, se imprimen todos los datos de entrada y de salida (condiciones de servicio en los ejes débil y principal, tipos de Fuego R30, R60, R90, R120 en los ejes débil y principal, y el peso por unidad de longitud del perfil de acero, hormigón, barras de armadura principales y peso total).
- Gráficos: El programa realiza un dibujo de la sección.

#### *5.6.3 Conclusiones:*

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación muy detallada
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Medio

#### *5.7 Elefir:*

##### *5.7.1 Identificación del programa (Número ID 77):*

- Nombre: Elefir
- Versión: 2.1
- Año: 1998
- Campo de Aplicación: Modelos estructurales de resistencia a incendio
- País: Bélgica
- Autores: Dan Pintea, Laurent Miévis, Gilles Gustin, Jean-Marc Franssen
- Organismo: Universidad de Lieja
- Requisitos de sistema: Windows 95 o posterior
- Tamaño: 8 MB
- Disponible en: Página web de la Universidad de Lieja (<http://www.ulg.ac.be/matstruc/Download.html>)
- Información de contacto: Jean-Marc Franssen ([jm.franssen@ulg.ac.be](mailto:jm.franssen@ulg.ac.be))

#### **Descripción:**

ELEFIR es un programa informático que calcula la resistencia al fuego de elementos de acero aislados constituidos por secciones de acero I cargadas alrededor del eje principal.

- Se hallan disponibles las formas típicas de las secciones: HD, HE, HL, HP, IPE, UB, UC, W, L.
- Dos opciones para la exposición al fuego: tres o cuatro superficies del elemento.
- Opciones para la protección de la sección: sin protección, límites proyectados y cajeadado hueco.

- Se encuentran disponibles las propiedades de diversos materiales de protección: lana de vidrio/roca, yeso y también se permite la introducción de un nuevo material definido por el usuario.
- Están disponibles diversas curvas de calentamiento: curva ISO, curva de fuego externo, curva de hidrocarburos, curva ASTM, y también existe la posibilidad de introducir una curva definida por el usuario.

Pueden realizarse los siguientes cálculos:

- Cálculo del tiempo hasta alcanzar la temperatura crítica del elemento.
- Temperatura alcanzada después de introducir el tiempo crítico.
- Cálculo de la temperatura crítica del elemento y del tiempo crítico para elementos sujetos a tensión, compresión, y flexión y compresión.

### 5.7.2 Aspectos de evaluación:

#### **Metodología de cálculo:**

- Formulación empleada:
  - Los cálculos se basan en la ENV 1993-1-2 (Eurocódigo 3).
  - También puede utilizarse el documento nacional de aplicación Belga (NBN ENV 1993-1-2).
- Hipótesis adoptadas:
  - Se considera que la temperatura en la sección posee una distribución uniforme equivalente.
- Limitaciones:
  - Sólo están disponibles las secciones abiertas.
  - Exposición al fuego en sólo 3 o 4 superficies del elemento.
  - Sólo para secciones con simetría doble.
  - Si durante el calentamiento, la sección cambia a la Clase 4, el programa se detiene. No se aplica la última modificación de la EN 1993-1-2, que permite considerar que la clase de la sección se mantiene, tanto en condiciones de incendio como a temperatura de recinto.

#### **Documentación:**

- Guía del usuario: no disponible, pero innecesaria (fácil de usar)
- Guías técnicas: ENV 1993 1-2 (Eurocódigo 3)
- Artículos y ejemplos de validación: no disponibles

#### **Aspectos de usuario:**

- Interfaz: Windows
- Informe de datos de entrada/salida: Se incluyen archivos de texto y gráficos.
- Gráficos: El programa dibuja las curvas de temperatura.

### 5.7.3 Conclusiones:

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación: ENV 1993-1-2 (EC3)
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Bajo.

## 5.8 H-Fire

### 5.8.1 Información general (Número ID: 78)

- Nombre: H-Fire
- Versión: 04.1
- Año: 2004

- Campo de Aplicación: Modelos estructurales de resistencia a fuego - Simplificados
- País: Alemania
- Autores: P.Schaumann, S.Hothan
- Organismos: Universidad de Hannover, Instituto de la Construcción del Acero
- Idiomas: Alemán, Inglés
- Requisitos de sistema: PC con procesador Pentium, Microsoft Windows, Microsoft Office
- Tamaño: 12.6 MB
- Precio: Gratuito
- Disponible en: Universidad de Hannover, Instituto para la Construcción del Acero
- Información de contacto: [www.stahlbau.uni-hannover.de](http://www.stahlbau.uni-hannover.de)

### **Descripción:**

Cálculo de las resistencias de cálculo para elementos mixtos expuestos al fuego utilizando los modelos de cálculo simplificado de la EN 1994-1-2

#### *5.8.2 Aspectos de evaluación:*

Metodología de cálculo:

- Formulación utilizada: Los cálculos se basan en los modelos de cálculo simplificado de la ENV 1994-1-2 (Eurocódigo 4), excepto para forjados colaborantes basados en el modelo de cálculo simplificado del prEN 1994-1-2
- Hipótesis adoptadas: las mismas que en los modelos de cálculo simplificado
- Limitaciones: las mismas que en los modelos de cálculo simplificado

### **Documentación:**

- Guía de usuario: Breve descripción, disponible en [www.stahlbau.uni-hannover.de](http://www.stahlbau.uni-hannover.de)
- Guías técnicas: Los cálculos se basan en los modelos de cálculo simplificado de la ENV 1994-1-2 (Eurocódigo 4), excepto los forjados colaborantes que se basan en el modelo de cálculo simplificado del prEN 1994-1-2
- Disponible en: Para obtener una versión, dirigirse a la página web [www.stahlbau.uni-hannover.de](http://www.stahlbau.uni-hannover.de)
- Artículos y ejemplos de validación: ninguno

### **Aspectos de usuario:**

- Interfaz: Windows; Microsoft Excel y Microsoft Access
- Informe de datos de entrada/salida: El programa realiza un informe de la mayoría de los datos de entrada y de todos los datos resultantes
- Gráficos: Cuando sea necesario, el programa dibujará las curvas

#### *5.8.3 Conclusiones:*

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación: Muy detallada
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Medio

## *5.9 Potfire (Número ID 81):*

### *5.9.1 Identificación del programa:*

- Nombre: Potfire
- Versión: 1.11

- Año: 2001
- Campo de Aplicación: Resistencia a fuego estructural
- País: Francia
- Autores: Geneviève Fouquet, George Tabet, Bin Zhao, Julien Kruppa
- Organismos: CTICM, TNO, CIDECT
- Requisitos de sistema: Procesador Pentium a 200 Mhz, Windows 95, lector de CD-Rom, y 24 MB de RAM
- Lenguaje de programación:
- Tamaño: 15 MB
- Disponible en: [www.cidect.org](http://www.cidect.org)
- Información de contacto: [www.cidect.org](http://www.cidect.org)

### **Descripción:**

El programa informático POTFIRE es una herramienta de cálculo basada en las prácticas de diseño descritas en el anexo G de la EC4 ENV 1994-1-2 "Normas generales – Cálculo del comportamiento ante el fuego".

POTFIRE permite tanto la evaluación de la duración de la resistencia al fuego de una columna sin protección con una sección hueca rellena de hormigón sometida a cargas de diseño conocidas, como la evaluación de la resistencia última después de un tiempo de exposición determinado al fuego ISO estándar.

#### *5.9.2 Aspectos de evaluación:*

##### **Metodología de cálculo:**

- Formulación empleada: En el Anexo 2 del "Manual del Usuario de POTFIRE" figura la serie completa de ecuaciones generalizadas utilizadas en el modelo para describir el comportamiento térmico, mecánico y estructural, incluidas en el programa.
- Hipótesis adoptadas: El usuario de POTFIRE debe darse cuenta de que es necesario realizar el cálculo cuidadosamente detallado de las partes superior e inferior de una columna o de las uniones de una columna continua para garantizar que las cargas se introducen en la columna de forma adecuada y que la transferencia de cargas se mantiene durante la condición de incendio.
- Limitaciones: El Eurocódigo 4 Parte 1.2 Anexo G se limita a un rango de dimensiones de columna (diámetro y longitud).

##### **Documentación:**

- Guía de usuario: Sí (incluida en el programa)
- Guías técnicas: Las recomendaciones para realizar detalladamente el cálculo de fuego se proporcionan en el Eurocódigo 4, Parte 1-2 y en la Guía de Diseño 4 de CIDECT "Guía de Diseño para Columnas de Sección Estructural Hueca Expuestas al Fuego".
- Artículos y Ejemplos de Validación: No

##### Aspectos de Usuario:

- Interfaz: Windows, todos los datos de entrada y salida se muestran en una pantalla que simula una calculadora.
- Informe de datos de entrada/salida: El programa proporciona un informe completo de los datos de entrada y de los resultados.
- Gráficos: El programa no suministra información gráfica.

#### *5.9.3 Conclusiones:*

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación muy detallada

- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Bajo

## 5.10 ABAQUS

### 5.10.1 Información general (Número ID: 86)

- Nombre: Abaqus
- Versión: 6.4
- Año: 2003
- Campo de Aplicación: Modelos de Resistencia a Fuego Estructural – Avanzados
- País: Estados Unidos
- Autores: David Hibbit, Bengt Karlsson, Paul Sorensen
- Organismo: Abaqus Inc.
- Idioma: Inglés
- Requisitos de sistema: Para el entorno Windows :  
Windows 2000 Profesional (SP3 es muy recomendable)  
Se recomienda un procesador Pentium III (o superior) con 2 GHz de velocidad mínima  
Compaq Visual Fortran 6.0 (Actualización A)  
Microsoft Visual C/C++ 6.0 (12.00.8804)  
Internet Explorer 5.5 o Netscape 6 (requerido para la documentación on-line)
- Tamaño: -
- Precio: Consultar con los distribuidores de Abaqus
- Disponible en: [www.abaqus.com](http://www.abaqus.com)  
Abaqus Inc  
1080 Main Street  
Pawtucket, RI 02860-4847  
Tel: +1 401 727 4200  
Fax: +1 401 727 4208
- Información de contacto: [www.abaqus.com](http://www.abaqus.com)

### Descripción:

El programa Abaqus está constituido por una serie de aplicaciones interactivas para el análisis de elementos finitos. Proporciona un sistema unificado para el análisis de ingeniería y la valoración de prototipos digitales como soporte al diseño y la fabricación.

### 5.10.2 Aspectos de evaluación:

Metodología de cálculo:

- ABAQUS/Estándar: proporciona una amplia variedad de procedimientos de análisis que permiten la resolución eficiente y fiable de problemas que tratan desde los análisis lineales rutinarios hasta los complejos análisis no lineales multinivel. Puede simular diversos fenómenos físicos como la transferencia de calor, la difusión de materia, y la acústica, además de realizar análisis de tensión/desplazamiento.
- ABAQUS/Específico: proporciona técnicas de resolución de elementos finitos para simular una amplia variedad de eventos dinámicos y casi-estáticos (especialmente aquellos que conllevan impacto y otros eventos de gran discontinuidad) con precisión, fiabilidad y eficiencia. No sólo soporta los análisis de tensión/desplazamiento, sino también los análisis dinámicos transitorios totalmente asociados de temperatura-desplazamiento, los acústicos, y los acústicos-estructurales asociados.
- ABAQUS/CAE: entorno de elaboración de modelos de elementos finitos con funcionalidad, organizados en módulos y paquetes de aplicaciones.

### Documentación:

- Documentación disponible:
  - Formación:
    - Iniciación al programa Abaqus
    - Iniciación al programa Abaqus/Estándar: Versión con glosario
    - Iniciación al programa Abaqus/Específico: Versión con glosario
    - Notas de instrucción
  - Análisis:
    - Manual del usuario del análisis Abaqus
  - Modelo y visualización:
    - Manual del usuario de Abaqus/CAE
  - Ejemplos:
    - Manual de ejemplos de problemas con Abaqus
    - Manual de casos de validación sobre Abaqus
  - Referencias:
    - Manual teórico de Abaqus

#### **Aspectos de usuario:**

- Interfaz: Windows
- Informe de datos de entrada/salida: Informe de datos de entrada mediante en archivo de entrada de datos (\*.inp) e informe de datos resultantes mediante el archivo de la base de datos resultantes (\*.odb).
- Gráficos: Representaciones 2D/3D del cálculo y de la base de datos resultantes.

#### 5.10.3 Conclusiones:

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación: Muy detallada
- No es de manejo fácil
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Alto

#### 5.11 BoFire

##### 5.11.1 Información general (Número ID: 89)

- Nombre: BoFire
- Versión: 7
- Año: 2004
- Campo de Aplicación: Modelos de Resistencia Estructural ante incendio
- País: Alemania
- Autores: Peter Schaumann, Jens Upmeyer, Florian Kettner
- Organismo: Instituto de la Construcción del Acero
- Idioma: Alemán
- Requerimientos de sistema: Windows 95/98/2000/NT, procesador a 100 Mhz, 32 MB de RAM
- Tamaño: 200 kB
- El programa no se encuentra disponible por el momento

#### **Descripción:**

BoFire es un código informático transitorio, incremental y no lineal basado en el método de elementos finitos. Para las propiedades materiales, se aplican las definiciones térmicas y mecánicas de la ENV 1994-1-2. Pueden analizarse estructuras de acero, de hormigón y estructuras mixtas de acero y hormigón.

### 5.11.2 Aspectos de evaluación:

Metodología de cálculo:

- Formulación empleada: Un código informático transitorio, incremental y no lineal basado en el método de elementos finitos.
- Hipótesis adoptadas:
  - Este programa se ocupa de vigas, columnas o estructuras simples de cualquier sección transversal.
  - Se aplican las propiedades materiales de la ENV 1994-1-2 (1994).
- Limitaciones:
  - No sirve para estructuras tridimensionales
  - No sirve para placas de paneles con capacidad de soporte de carga biaxial
  - No sirve para la deformación a cortante de la sección transversal (Hipótesis Bernoulli)

#### **Documentación:**

No existe documentación disponible por el momento

#### **Aspectos de usuario:**

- Interfaz: Windows
- El informe de datos de entrada/salida se suministra mediante archivos de texto. La superficie HaFront basada en Windows puede utilizarse para crear el Archivo de Datos de Entrada.
- Gráficos: La librería de gráficos de datos DISLIN incluida en el código permite generar gráficos de contorno a color de la distribución de la temperatura o gráficos 3D de las tensiones o deformaciones.

### 5.11.3 Conclusiones:

- Metodología de cálculo fiable
- Aún no existe documentación disponible
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Medio

## 5.12 Evacnet4:

### 5.12.1 Identificación del programa (Número ID 120)

- Nombre: Evacnet4
- Versión: 1.4
- Año: 1998
- Campo de Aplicación: Evacuación
- País: Estados Unidos
- Autores: T.M. Kisko, R.L. Francis, C.R. Nobel
- Organismo: Universidad de Florida
- Requerimientos de sistema: Windows 95 o superior
- Tamaño: Inferior a 1 MB
- Disponible en: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>
- Información de contacto: Thomas Kisko, 352-392-1293, [kisko@ise.ufl.edu](mailto:kisko@ise.ufl.edu)

#### **Descripción:**

EVACNET4 un programa informático interactivo que calcula evacuaciones de edificios. El programa acepta la descripción del sistema de un edificio, así como información sobre su contenido inicial al comienzo de la evacuación. A partir de dicha información, EVACNET4 genera resultados que describen

la evacuación óptima del edificio. Cada evacuación resulta óptima en el sentido en que minimiza el tiempo de evacuación del edificio. La gente es evacuada lo más rápidamente posible.

### 5.12.2 Aspectos de evaluación:

#### Metodología de cálculo:

- Formulación utilizada: EVACNET toma el modelo del sistema que el usuario le proporciona y determina un plan óptimo para evacuar el edificio en un periodo de tiempo “mínimo”. Esto se realiza empleando un algoritmo avanzado de transporte de flujos a través de redes, un algoritmo especializado para la resolución de problemas de programación lineal con estructuras de red.
- Hipótesis adoptadas: La formulación de un modelo EVACNET obliga a adoptar ciertas hipótesis, las cuales pueden hacer que los resultados del modelo no lleguen a ser realistas. Cuanto mejor entiendan los usuarios estas hipótesis, mayor será la probabilidad de que los resultados obtenidos sean válidos. Las hipótesis originales que el usuario debe tener en cuenta son:
  - EVACNET es un sistema de cálculo lineal. Las capacidades de arco dinámico y los tiempos de de arco transversal no varían con el tiempo.
  - EVACNET no calcula aspectos de comportamiento. Las únicas acciones que se calculan son aquellas que conducen al logro del tiempo de evacuación mínimo.
  - EVACNET se basa en un punto de vista global, no individual. Esto significa que, para conseguir el plan de evacuación óptimo, EVACNET posee la capacidad de "ver" todo. En una evacuación real, los individuos intentan, cada uno por su cuenta, lograr la evacuación óptima. Uno de los usos principales de EVACNET puede ser la formación de los ocupantes que potencialmente deberían evacuar y/o de los guardias de planta sobre planes óptimos de evacuación de edificios.
- Limitaciones:

#### Documentación:

- Guía de usuario: Si (Disponible en: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Guías técnicas: Si (Disponibles en: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Artículos y ejemplos de validación: Ver las referencias de validación en: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>

#### Aspectos de usuario:

- Interfaz: MS-DOS
- Informe de datos de entrada/salida: el programa suministra información sobre los “cuellos de botella” y sobre las personas que se encuentra dentro del edificio cuando se alcanza el momento crítico.
- Gráficos: El programa no dibuja ningún gráfico.

### 5.12.3 Conclusiones:

- Metodología de cálculo menos fiable
- Documentación muy detallada
- No es de fácil manejo
- Nivel de conocimientos de usuario requerido: Bajo

## 5.13 Detact-QS:

### 5.13.1 Identificación del programa (Número ID 133)

- Nombre: Detact-QS
- Versión: 1.3
- Año: -
- Campo de Aplicación: Respuesta de detectores
- País: Estados Unidos
- Autor: D.D. Evans

- Organismo: NIST (Instituto Nacional de Normas y Tecnología)
- Requerimientos de sistema: PC 286
- Tamaño: 64K de memoria libre
- Disponible en: Programa informático disponible en NIST de forma gratuita [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Información de contacto: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)

### **Descripción:**

DETECT-QS es un programa para calcular el tiempo de actuación de los dispositivos térmicos situados bajo techos sin obstáculos. Puede utilizarse para predecir el tiempo de actuación de detectores de calor de temperatura fijada y de cabezas rociadoras sometidas a un fuego especificado por el usuario. Los datos de entrada necesarios son la altura del techo situado sobre el fuego, la distancia del dispositivo térmico al eje del fuego, la temperatura de actuación del dispositivo térmico, el índice de respuesta térmica (IRT) del dispositivo y la velocidad de generación de calor del fuego. Los resultados del programa son la temperatura del gas en el techo y la temperatura del dispositivo, ambas en función del tiempo, así como el tiempo necesario para la actuación del dispositivo.

#### *5.13.2 Aspectos de evaluación:*

### **Metodología de cálculo:**

- **Formulación utilizada:** DETECT-QS es un modelo empírico basado en correlaciones de datos procedentes de una serie de experimentos de fuego a gran escala. Este modelo resuelve una integral definida empleando una hipótesis de estado casi-estacionario. También resuelve diversas ecuaciones algebraicas para realizar predicciones. DETECT-QS consta de un algoritmo que predice la temperatura y velocidad máximas de un chorro de llama bajo techo sin obstáculos, bajo un techo horizontal plano y pulido en un radio dado desde el eje de fuego. Así mismo, utiliza un algoritmo de transferencia de calor de convección y masa desplazada para predecir el tiempo de activación de un detector térmico. Las correlaciones usadas en DETECT-QS fueron desarrolladas por Alpert y utilizan un índice de tiempo de respuesta desarrollado por Heskestad.
- **Hipótesis adoptadas:** DETECT-QS considera que el dispositivo térmico está situado en una superficie relativamente grande, por tanto, sólo el flujo de techo del fuego calienta el dispositivo y no existe calentamiento por los gases calientes acumulados en el recinto.  
El modelo considera que el detector que se está analizando está instalado en un techo horizontal plano pulido y sin obstáculos, y que dicho detector está situado en los puntos de temperatura y velocidad máximas dentro del chorro bajo el techo. Solamente se considera la transferencia de calor de convección entre el chorro de techo y el detector térmico, no se considera la pérdida conductiva o la transferencia de calor de radiación. El detector es considerado como una masa puntual. Las temperaturas y velocidades del penacho y del chorro bajo el techo son uniformes y se consideran valores máximos en el penacho. La carga combustible y el penacho se considera que se encuentran en un eje vertical sin obstrucciones. No se consideran los efectos de la ventilación ni de la estratificación. Tampoco se considera el tiempo de transporte de los gases calientes que se desplazan del combustible al detector. Para cada intervalo introducido de velocidad de generación de calor, se calcula la media de la velocidad de generación de calor sobre el intervalo y se considera constante.
- **Limitaciones:**
  - DETECT-QS predice por lo bajo las temperaturas en escenarios que contienen techos bajos cuando el detector se encuentra próximo al eje de fuego, pero las predicciones de temperatura mejoran a medida que aumenta la distancia radial del fuego al detector. Al aumentar la altura del techo, mejora el acuerdo entre las predicciones y los datos medidos.
  - Existe un mayor acuerdo entre las predicciones y los resultados experimentales con dispositivos de IRT superiores que con dispositivos de IRT inferiores.
  - El uso de DETECT-QS no es apropiado para superficies pequeñas, en las cuales se desarrolla una capa de gas antes de la activación.

### **Documentación:**

- Guía de usuario: No
- Guías técnicas: "Evaluación del modelo informático de fuego DETECT-QS" Morgan J. Hurley, Daniel Madrzykowski

- Disponible en: Publicaciones de NIST, en la página Web de NIST [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov).
- Artículos y ejemplos de validación: Comparación con los resultados experimentales disponible en el documento de la Guía Técnica.

#### Aspectos de usuario:

- Interfaz: MS-DOS
- Informe de datos de entrada/salida: Los datos resultantes del programa son la temperatura del gas en el techo y la temperatura del dispositivo, ambas en función del tiempo, así como el tiempo necesario para la actuación del dispositivo.
- Gráficos: El programa no dibuja ningún gráfico.

#### 5.13.3 Conclusiones:

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación con poco detalle
- No es de fácil manejo
- Nivel de conocimientos de usuario requerido : Bajo

#### 5.14 Jet:

##### 5.14.1 Identificación del programa (Número ID 137)

- Nombre: Jet
- Versión: 1.0
- Año: 1999
- Campo de Aplicación: Respuesta a detector
- País: Estados Unidos
- Author: William D. Davis
- Organismo: NIST (National Institute of Standards and Technology)
- Requerimientos de sistema: W95/98/2000. Se recomienda un procesador Pentium a 166 MHz o superior. 32 MB de RAM.
- Tamaño: 4 MB
- Disponible en: Programa informático disponible en NIST sin coste alguno (<http://fire.nist.gov>). El programa y la documentación se encuentran en la opción *Fire Modelling Software Online*.
- Información de contacto:  
 William D. Davis  
 National Institute of Standards and Technology  
 100 Bureau Dr. Stop 8642  
 Gaithersburg, Md., 20899-8642  
 301-975-6884  
[william.davis@nist.gov](mailto:william.davis@nist.gov)

#### Descripción:

JET es un modelo de incendio de dos zonas en un sólo recinto que resuelve las ecuaciones de conservación de la masa y la energía para obtener la temperatura de la capa superior y la altura de dicha capa. Las pérdidas de convección hacia el techo desde el chorro de techo y las pérdidas de radiación del fuego se utilizan para calcular la temperatura del techo en función de la distancia desde el eje del penacho. Las correlaciones sensibles a la temperatura de la capa superior y a la profundidad de la misma proporcionan la temperatura del techo en el eje del penacho y la temperatura y velocidad del chorro bajo el techo máximas en función del radio.

La geometría del recinto puede representarse utilizando una serie de cortinas de humo y paredes. Se puede diseñar un recinto con una puerta utilizando una cortina de humo cuya longitud sea igual a la anchura de la puerta. Los flujos de gas desde la capa superior pueden salir ya sea por debajo de las

cortinas de humo o mediante ventilación forzada. La opción de la ventilación forzada permite que los flujos de gas entren o salgan del recinto.

Se emplean fusibles para controlar la apertura de los aireadores en el techo. El calentamiento de los fusibles incluye un equilibrio entre el calentamiento por convección del fusible en el chorro bajo el techo y el enfriamiento por conducción del fusible a medida que el calor fluye desde el mismo a la estructura portante.

Las aplicaciones apropiadas para el modelo JET incluyen:

- a) La determinación de los tiempos de activación de los fusibles que controlan los aireadores y los rociadores en recintos limitados por paredes, cortinas de humos, o combinaciones de paredes y cortinas de humos para dimensiones de fuego y velocidades de crecimiento definidas por el usuario. Pueden diseñarse recintos con una o más superficies sin limitar.
- b) La determinación del impacto de las cortinas de humo, los aireadores en el techo y la ventilación forzada sobre la profundidad de la capa de humo y sobre la activación de los fusibles.
- c) La determinación de la temperatura del techo en función de la profundidad y temperatura de la capa superior y de la distancia radial desde el eje del penacho con o sin aireadores en el techo y ventilación forzada.
- d) La determinación de la temperatura y velocidad máximas del chorro bajo el techo en función de la profundidad de la capa superior y de la distancia radial desde el eje del penacho con o sin aireadores en el techo y ventilación forzada.

#### 5.14.2 Aspectos de evaluación:

##### **Metodología de cálculo:**

- Formulación utilizada: La formulación utilizada se explica en la guía de usuario.
- Hipótesis adoptadas:
  - El recinto es rectangular en planta
  - JET es un modelo de dos zonas en el que cada zona o capa se considera uniforme en cuanto a densidad y temperatura. La temperatura y densidad de la capa superior responden a un fuego creciente, mientras que la capa inferior se considera que permanece a temperatura y presión ambiente. Se considera que fluye un chorro bajo el techo dirigido por el fuego a lo largo del techo plano.
  - El fuego se caracteriza por una velocidad de generación de calor dependiente del tiempo, HRR (Heat Release Rate), una fracción radiactiva dependiente del tiempo, y un diámetro de fuego constante o variable que se determina utilizando una HRR por unidad de área para el material en combustión.
  - The flames from the fire do not touch the ceiling and the fire is always located near the centre of the compartment or area entre cortinas de humos.
- Limitaciones:
  - No se tiene en cuenta el impacto de un aireador en el techo sobre la temperatura local y la velocidad del chorro bajo el techo.
  - Basado en comparaciones con datos experimentales obtenidas en la guía de usuario, las predicciones de JET concordaban generalmente con los resultados experimentales para recintos con techos de hasta 22 m. de altura. JET puede mantener unas prestaciones óptimas para techos de altura superior a 22 m., pero no se han realizado comparaciones experimentales con alturas tan elevadas.

##### **Documentación:**

- Guía de usuario: "The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer" National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).

- Guías técnicas: “The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer” National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).
- Disponible en: Programa informático disponible en NIST sin coste alguno (<http://fire.nist.gov>). El programa y la documentación se encuentran en la opción *Fire Modelling Software Online*.
- Artículos y ejemplos de validación: En el documento de la Guía Técnica se dispone de una comparación con los resultados experimentales.

#### **Aspectos del Usuario:**

- Interfaz: Windows
- Informe de datos de entrada/salida: Todos los resultados generados por el programa quedan registrados en un archivo de texto.
- Gráficos: El programa no dibuja ningún gráfico en el archivo de resultados generados.

#### **5.14.3 Conclusiones:**

- Metodología de cálculo fiable
- Documentación muy detallada
- De fácil manejo
- Nivel de conocimientos requerido por el usuario: Medio

## REFERENCIAS:

- [1] Olenick S. M. And Carpenter D. J., May 2003, "An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke", Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [2] Friedman R., 1992, "An International Survey of Computer Models for Fire and Smoke", Journal of Fire Engineering Vol. 4
- [3] Janssens M. L., 2002, "Evaluating Computer Fire Models", Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [4] ASTM E 1355; ASTM E 1472; ASTM E 1591; ASTM E 1895
- [5] EC3 – Eurocódigo 3 Parte 1.2 (ENV 1993-1-2).
- [6] EC4 – Eurocódigo 4 Part 1.1 (ENV 1994-1-1) y Parte 1.2 (ENV 1994-1-2).
- [7] Twilt L., Hass R., Klingsch W., Edwards M. and Dutta D., 1996, "Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire", CIDECT Design Guide 4
- [8] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W., Bukowski R. W. And Forney G. P., 2000, "User's Guide for Fast: Engineering Tools for Stimating Fire Growth and Smoke Transport", NIST-SP-921
- [9] Portier R. W., Reneke P. A., Jones W. W and Peacock R. D, 1992, "User's Guide for Cfast Version 1.6", NISTIR-4985
- [10] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W. and Forney G. P, 2000, "Tecnical References for Cfast: An Engineering Tool for Stimating Fire Growth and Smoke Transport", NIST-TON-1431
- [11] Peacock R. D., Jones W. W. and Bukowski R. W., 1993, "Verification of a model of fire and smoke transport", Fire Safety Jaournal Vol. 21"
- [12] Deal S., 1990, "A review of four compartment fires with four compartment fire models", Fire Safety Developments and Safety, Proceedings of the annual meeting of Fire Retardant Chemicals Association
- [13] Duong D. Q., 1990, "The accuracy of Computer Fire models: some comparison with experimental data from Australia", Fire safety Journal Vol. 16
- [14] Davis W. D., Notarianni K. A., and McGrattan K.B., 1996, "Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling", NISTIR-5927
- [15] Cadorin J. F., Franssen J. M., and Pintea D., 2001, "The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On experimental Fire tests", Rapport interne SPEC/2001\_01 University of Liege
- [16] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Aurtentex G., Unanua J., Pustorino S., Heise F. J., Salomon R., Twilt L. y Van Oerle J., 2002, "Edificios de Acero Competitivos a través de Conceptos de Seguridad ante Fuegos Naturales" Informe Final EUR 20360 EN
- [17] Cadorin J. F., 2002, " On the application field of Ozone V2", Rapport interne N° M&S/2002-003 University of Liege
- [18] Cadorin J. F., 2003, "Compartment fire models for structural engineering", Doctoral Thesis of J. F. Cadorin, University of Liege
- [19] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Moore D., Lennon T., Kruppa J., Hüller V., Hosser D., Dobbernack R., Kirchner U., Eger U., Twilt L., Van Oerle J., Kokkala M. And Hostikka S., 2002, "Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Tests, Implementation in the Eurocodes and Development of an user friendly design tool" Final Report EUR 20580 EN
- [20] McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User's Guide", NISTIR-6784
- [21] Forney G. P. and McGrattan K. B., 2003, "User's Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data", NISTIR-6980
- [22] McGrattan K. B., Baum H. R., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical Reference Guide", NISTIR-6783
- [23] Hurley M. J. and Madrzykowsky D., 2002, "Evaluation of the computer fire model DETECT-QS", Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, 4th International Conference. Proceedings
- [24] Davis W. D., 1999, "The Zone Fire model JET: A Model for the prediction of detector activation and gas temperature in presence of a smoke layer", NISTIR-6324

## ENLACES WEB:

[www.arcelor.com](http://www.arcelor.com)  
[www.branz.co.nz/main.php?page=Fire%20Software](http://www.branz.co.nz/main.php?page=Fire%20Software)  
[www.bre.co.uk/frs/software.jsp](http://www.bre.co.uk/frs/software.jsp)  
[www.cidect.org](http://www.cidect.org)  
[www.cticm.com](http://www.cticm.com)  
[www.doctorfire.com](http://www.doctorfire.com)  
[www.europrofil.lu](http://www.europrofil.lu)  
[www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)  
[www.fire.org](http://www.fire.org)  
[www.firemodelsurvey.com](http://www.firemodelsurvey.com)  
[www.fpe.umd.edu/department/modeling/index.html](http://www.fpe.umd.edu/department/modeling/index.html)  
[www.framemethod.be/modeling.html](http://www.framemethod.be/modeling.html)  
[www.fseg.gre.ac.uk](http://www.fseg.gre.ac.uk)  
[www.irc.nrc-cnrc.gc.ca](http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca)  
[www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet](http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet)  
[www.labein.es](http://www.labein.es)  
[www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)  
[www.rautaruukki.com](http://www.rautaruukki.com)  
[www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)  
[www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be)  
[www.uni-hannover.de](http://www.uni-hannover.de)