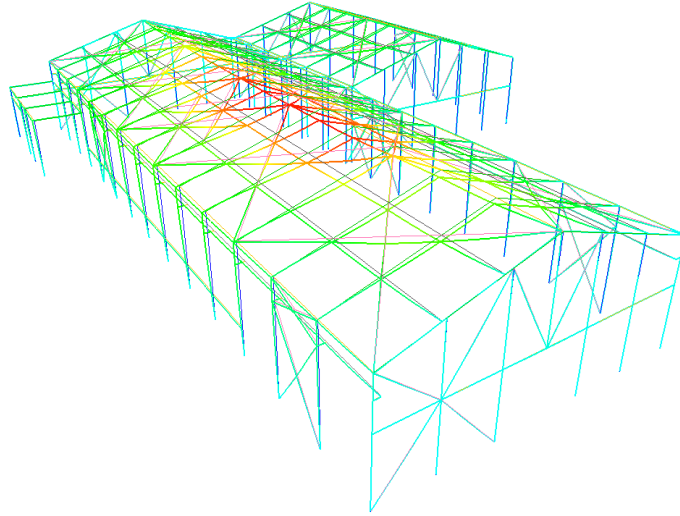
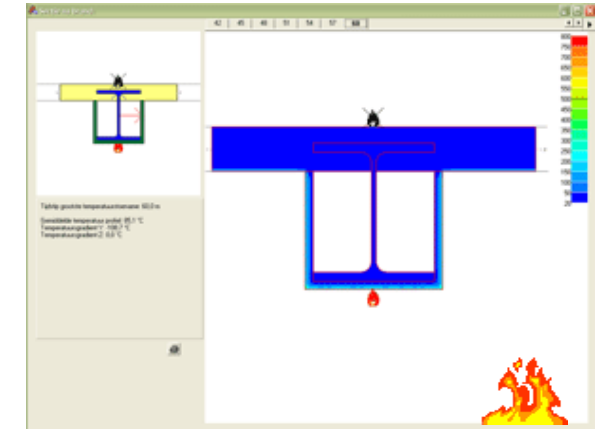
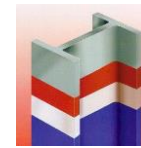
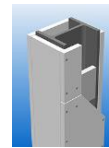




CONSTRUSOFT



CÁLCULO DE RESISTENCIA AL FUEGO EN ESTRUCTURAS (EN)



CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

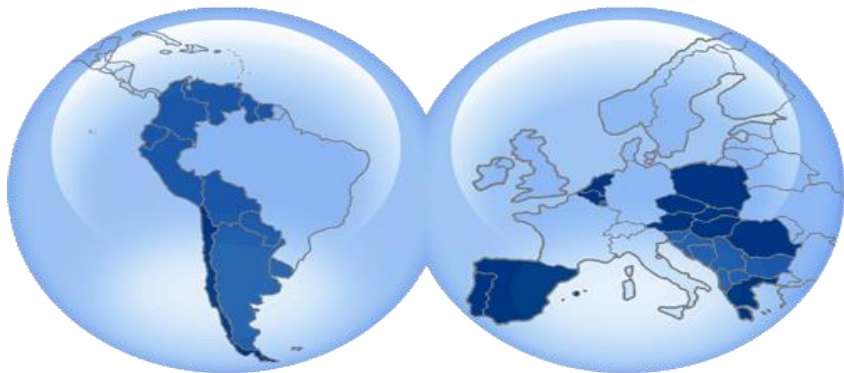
1. **Presentación de Construsoft y soluciones de Software para diseño de estructuras**
2. **Cuadro normativo en Europa sobre RF.**
3. **Método de Cálculo de Resistencia al fuego en las estructuras**
4. **Ejemplos resueltos con el software**





A large group of approximately 50 people, including students and faculty, are posing for a group photo outdoors. They are arranged in several rows on a paved area, with a body of water and a distant shoreline visible in the background under a cloudy sky. The group is diverse in age and attire, with some individuals kneeling in the front row.

- Somos una empresa dedicada a la **distribución de software** para la construcción
- **Somos especialistas en software BIM desde 1995**
- Tenemos oficinas en 14 Países
- Tenemos presencia en 30 Países
- Mas de 8000 referencias trabajando en tecnología BIM

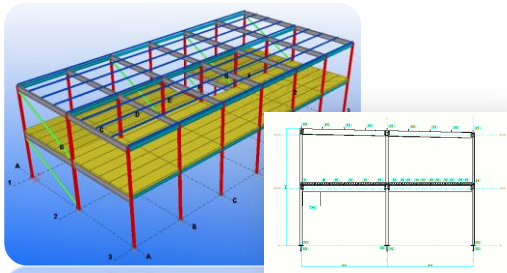


SOFTWARE QUE DISTRUBUIMOS

BIM software for Structural Design



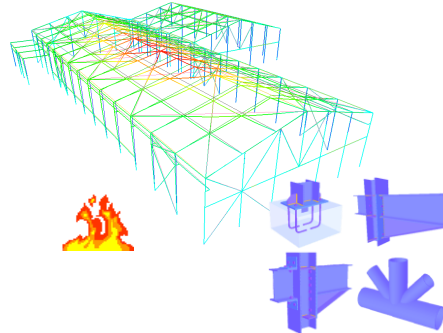
- **Tekla Structures Steel**
 - > Design 3D workshop drawings
- **Tekla Structures Concrete**
 - > Design 3D precast concrete & drawings
- **Tekla Structures Engineering**
 - > Design 3D & general drawings
- **Tekla BIM Sight**
 - > www.teklabimsight.com



Analysis and Design Software



- **Diamonds, ConSteel**
 - > FEM software A&D of structures in steel, concrete, timber
- **PowerConnect, IDEA Statica**
 - > Steel connection design for EC3 & AISC
- **Fire Module in Diamonds**
 - > A&D of structures in fire



Steel Fabrication management



- **Strumis ERP** → ERP (gestión) específico para talleres metálicos
- **Strumis MRP** → Nesting, Compras, Stock y enlace con máquinas CN



CONSTRUSOFT

Software De análisis estructural de BuildSoft



Diamonds



PowerConnect



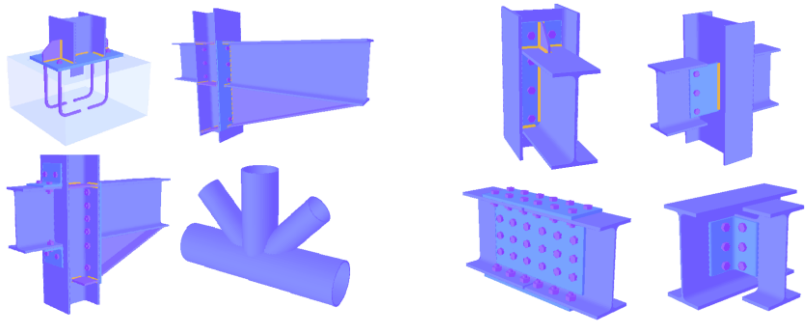
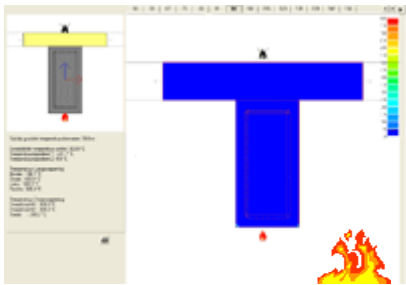
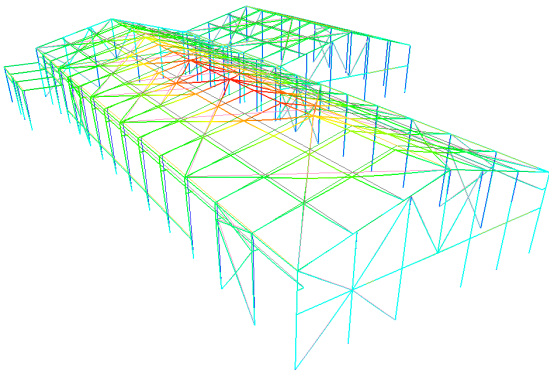
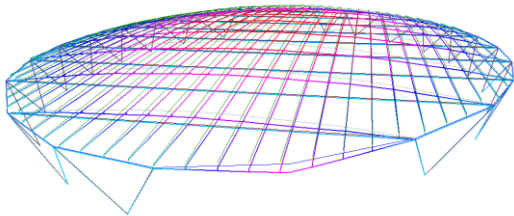
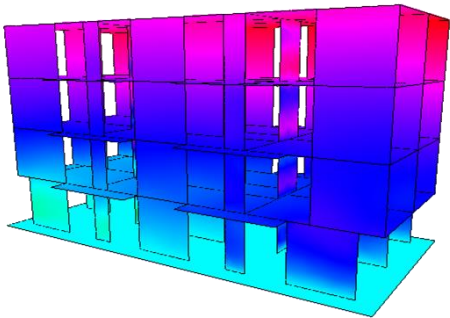
Bim Expert



ConCrete



1•2•Build

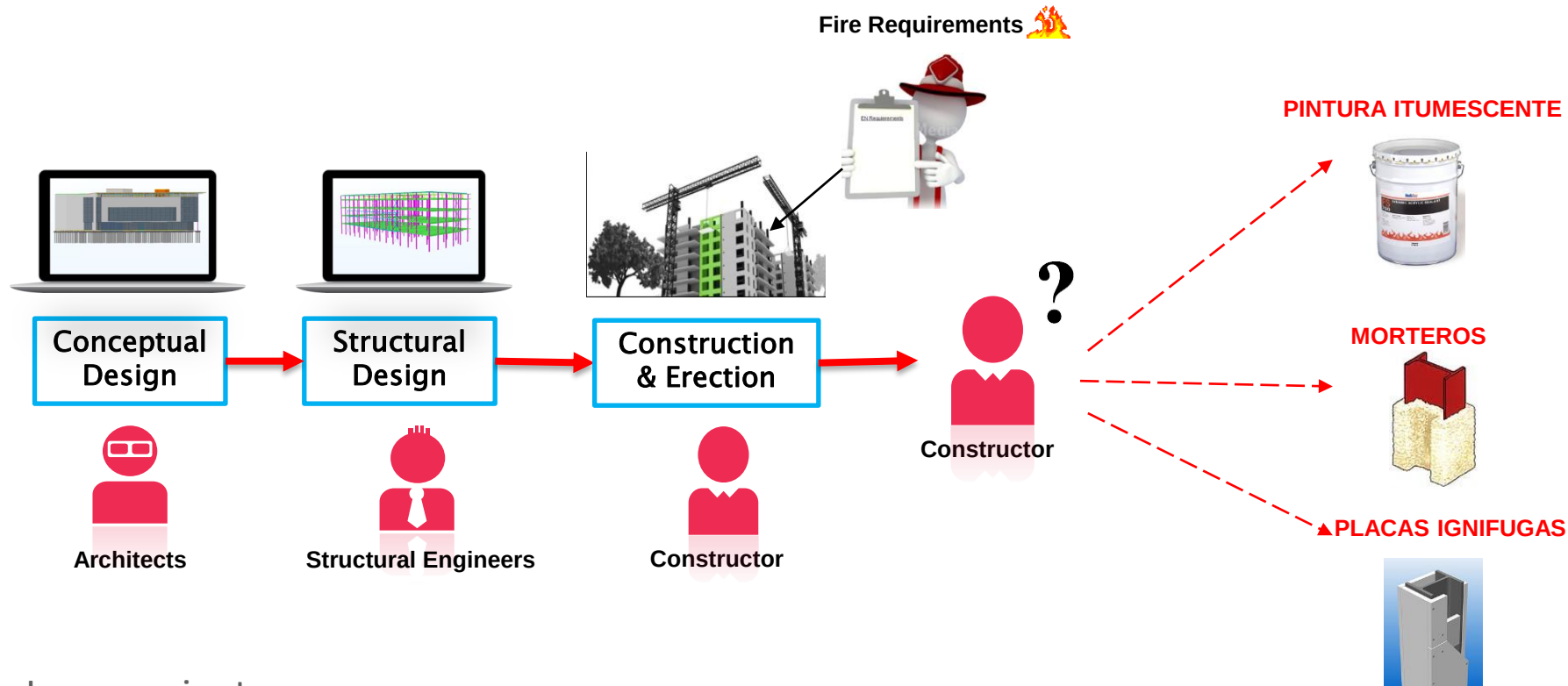


Antecedentes del problema del Fuego en Estructuras Metálicas



CONSTRUSOFT

Método tradicional para determinar la protección a fuego

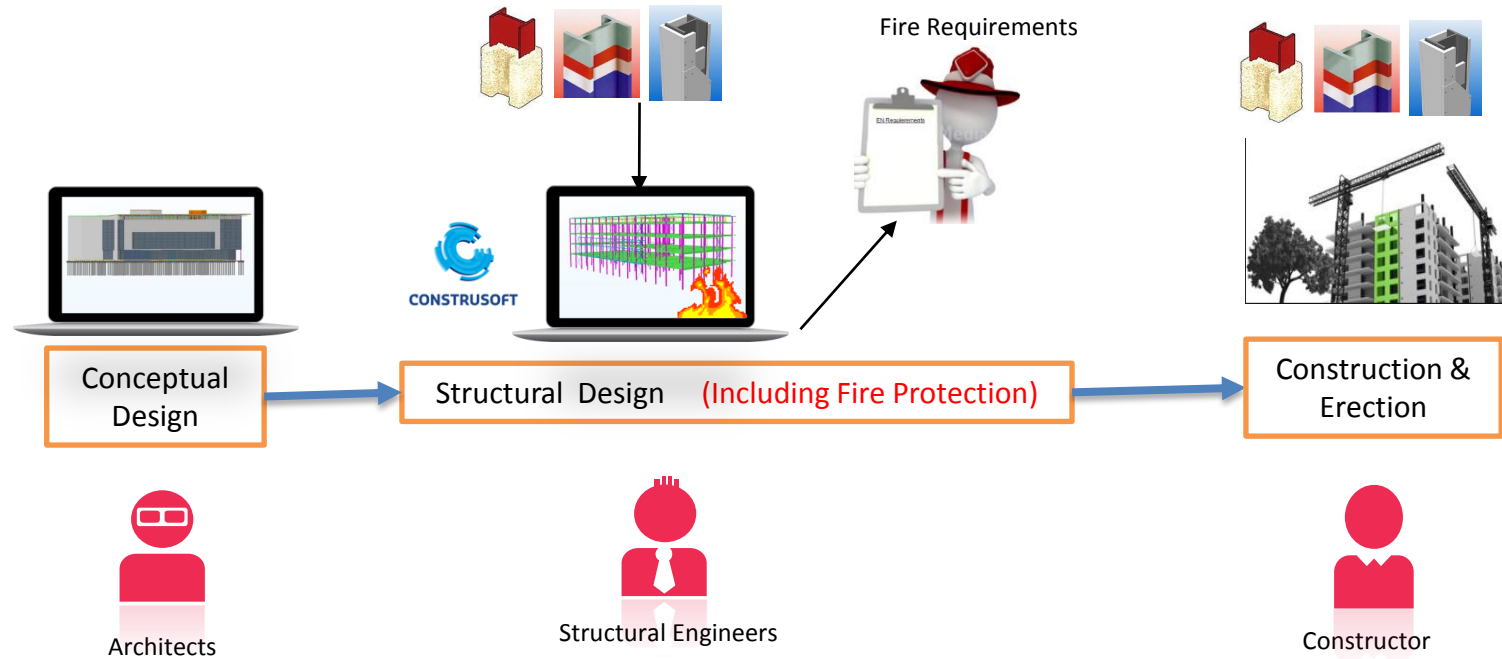


Inconvenientes

- ✓ El Sistema de protección se decide al final del proceso y no en la fase de estudio → No posibilidad de optimización global Acero-Protección
- ✓ El coste de la protección acaba siendo una partida elevada.
- ✓ Limitación en el campo de aplicación del acero cuando las exigencias al fuego son elevadas



Nuevo método para determinar la protección a fuego



Ventajas

- ✓ Los Ingenieros estructurales pueden optimizar la solución global Acero- Protección
- ✓ Se racionalizan los costes de la protección pasiva
- ✓ Se extiende el uso del Acero bajo requerimientos altos de Resistencia al Fuego

Exigencias de requerimiento al fuego en estructuras metálicas en el Marco Europeo



CONSTRUSOFT

Cuadro Normativo en Europa

❖ Ámbito Europeo

Eurocódigos estructurales.

Acciones de incendio sobre estructuras Eurocódigo-1 EN 1991 Parte 2.2.

Estructuras de Hormigón Eurocódigo-2 EN 1992 Parte 1.2.

Estructuras de acero Eurocódigo-3 EN 1993 Parte 1.2.

Estructuras mixtas acero-hormigón Eurocódigo-4 EN 1994 Parte 1.2.

Euronormas de ensayo de resistencia al fuego.

Exigencias generales EN 1363 / Clasificación de productos EN 13501.

Ensayos al fuego para estructuras de acero EN 13381 Partes 1, 2 y 4



❖ Ámbito nacional:

Código Técnico de la Edificación CTE [SI-Seguridad contra Incendios]

Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales RSCIEI.

Estructuras de Hormigón Estructural Instrucción EHE

Estructuras de Acero en la Edificación Instrucción EAE



❖ Ámbito autonómico y local:

Legislación autonómica (CAM, Generalitat de Catalunya...)

Ordenanzas municipales (Barcelona, Madrid, Valencia).

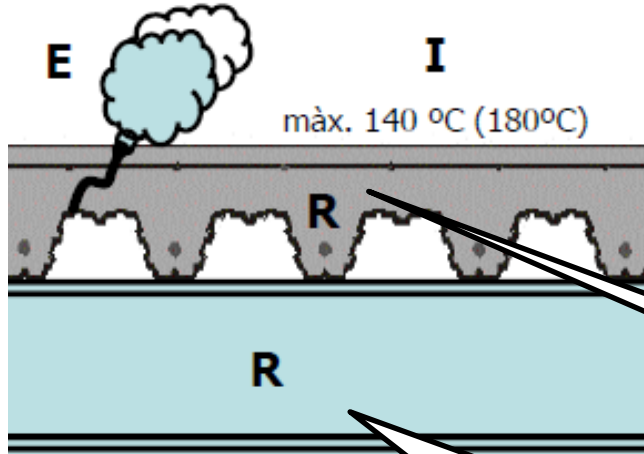


**Ajuntament
de Barcelona**



CONSTRUSOFT

Exigencias de Resistencia al Fuego



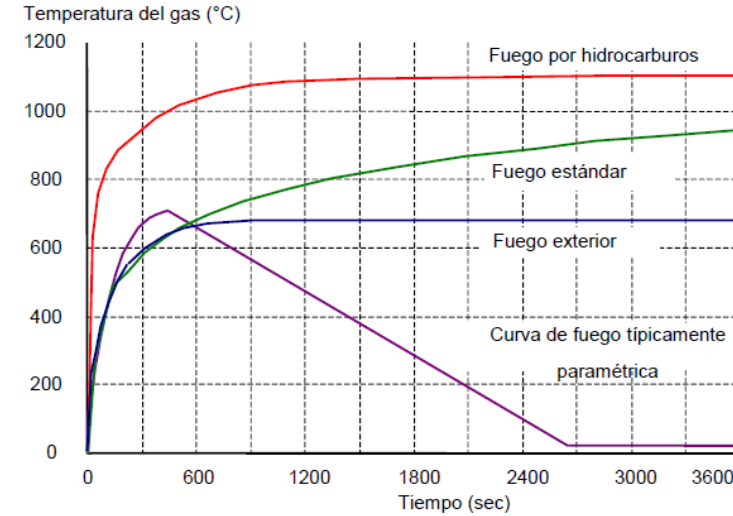
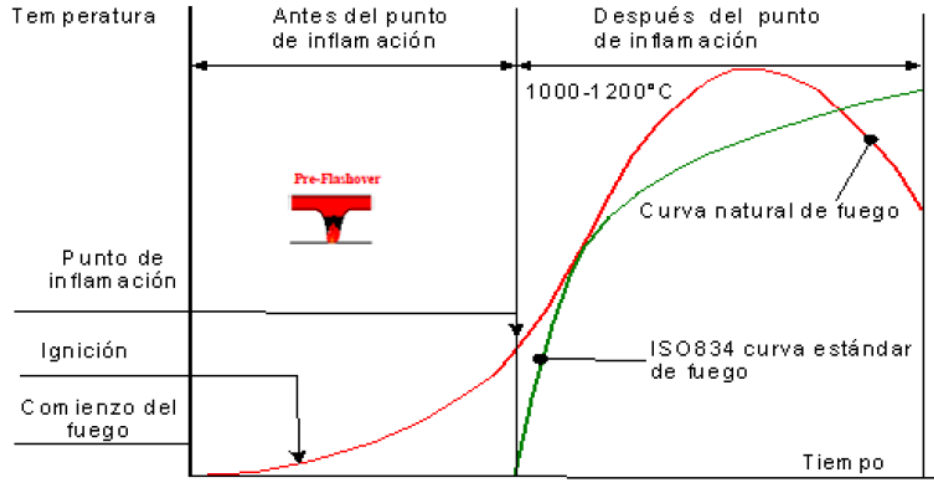
R	Criterio de Resistencia estructural
E	Criterio de Integridad (estanqueidad)
I	Criterio de Aislamiento Térmico

En una viga sólo se le piden
requerimientos de resistencia
mecánica.
Por ejemplo, **R 120** (120
minutos a ISO 834)

En general, en un forjado se le exigen
requerimientos de resistencia mecánica y
de sectorización.
Por Ejemplo, **REI 120** (120 minutos a ISO
834)



Curvas de Fuego Normalizadas



$$\text{ISO834 } \theta = 20 + 345 \log \left[\left(\frac{8t}{60} \right) + 1 \right]$$



Exigencias de Resistencia al Fuego en Estructuras

Edificios Residenciales

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales				
Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		<15 m	<28 m	≥28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ La resistencia al fuego suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del sector de incendio situado bajo dicho suelo.

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

⁽³⁾ R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Edificios Industriales

CARGA DE FUEGO DEL EDIFICIO

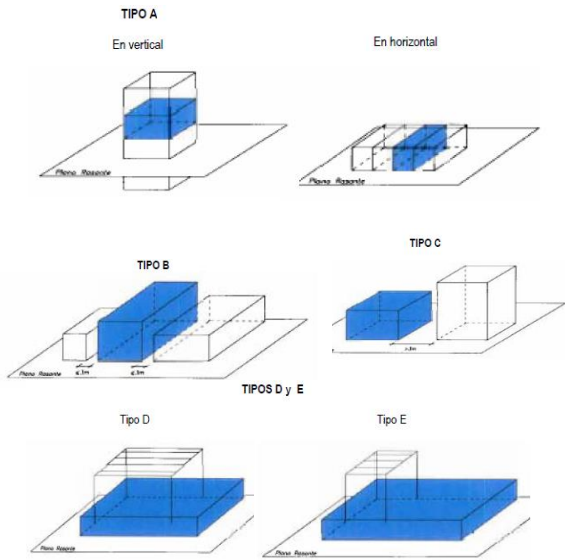
$$\frac{\sum(C_i)}{\text{Superficie Sector}}$$

$$\frac{168.891.081MJ}{792.11m^2} = 213.216MJ/m^2 \quad \text{Riesgo de Activación Ra}=2$$

$$426.316MJ/m^2 \quad \text{RSCIE} \rightarrow \text{Riesgo Intrínseco Nivel Alto-8}$$

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m²	MJ/m²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

TIPO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL



EXIGENCIAS DE RESISTENCIA AL FUEGO SEGÚN RSCIEI

La estructura dispone de un sistema de rociadores automáticos

Nivel de riesgo intrínseco	Sistema de almacenaje independiente o autoportante operado manualmente					
	Tipo A		Tipo B		Tipo C	
	Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua	
	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ
Riesgo bajo	R30(EF-30)	R15(EF-15)	R15(EF-15)	No se exige	No se exige	No se exige
Riesgo medio	R60(EF-60)	R30(EF-30)	R30(EF-30)	R15(EF-15)	R15(EF-15)	No se exige
Riesgo alto			R60(EF-60)	R30(EF-30)	R30(EF-30)	R15(EF-15)

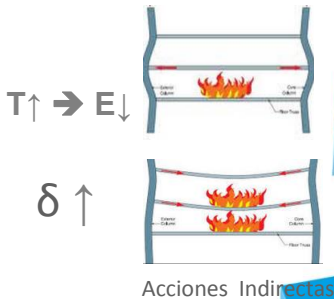
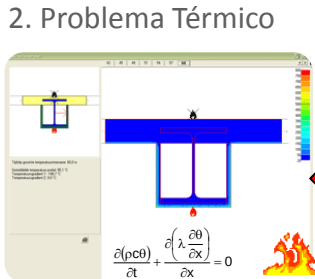
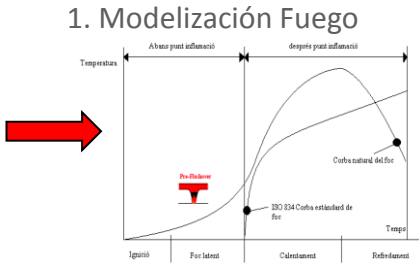
R15

A decorative graphic on the right side of the slide, featuring several overlapping, curved, ribbon-like shapes in shades of blue and red, creating a dynamic, abstract composition.



Aproximación de cálculo al problema real de incendio

El problema real de incendio es un fenómeno complejo donde se debe de analizar: (1) el comportamiento del fuego, (2) el calentamiento de las secciones y su influencia en los esfuerzos mecánicos (3)



Ante esta complejidad existen diferentes métodos para analizar la capacidad resistente de la estructuras bajo acción del fuego

Aproximaciones a la solución:

Métodos Tabulados

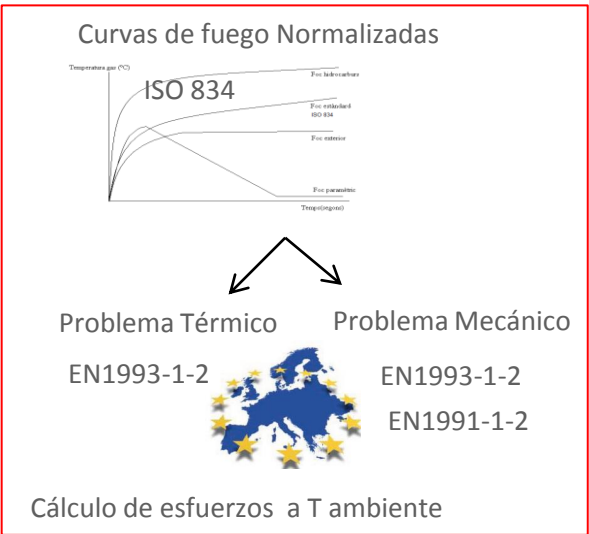
Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio

Tabla D.1. Coeficiente de protección, d/λ_k (m²/KW) de vigas y tirantes

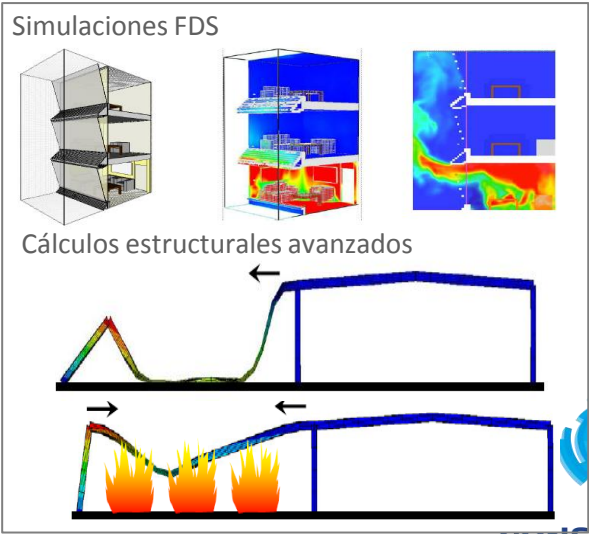
Tiempo estándar de resistencia al fuego	Factor de forma A_e/V (m ⁻¹)	Coeficiente de sobredimensionado μ_k		
		$0,70 > \mu_k \geq 0,60$	$0,60 > \mu_k \geq 0,50$	$0,50 > \mu_k \geq 0,40$
R 30	30	0,05	0,05	0,05
	60			
	100			
	150	0,10	0,10	0,10
	200			
	250			
R 60	30	0,05	0,05	0,05
	60			
	100			
	150	0,10	0,10	0,10
	200			
	250			
	300	0,15	0,15	0,15
	300			

Tabla D.1 del CTE SI

Método Simplificado de Cálculo



Métodos Avanzados de Cálculo



El problema Mecánico



CONSTRUSOFT

Disminución de resistencia y rigidez del Acero

PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO AFECTADAS POR LA TEMPERATURA

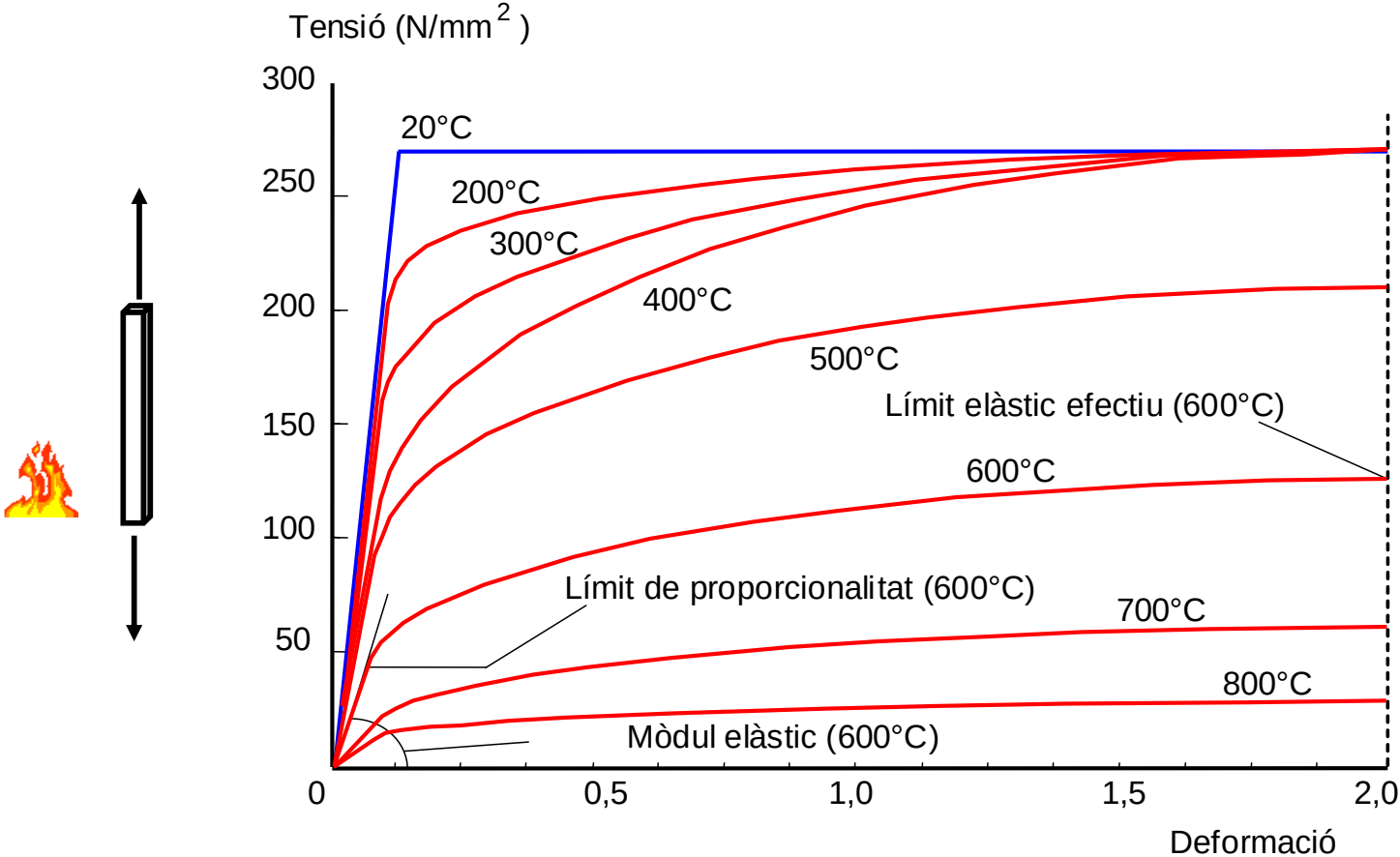
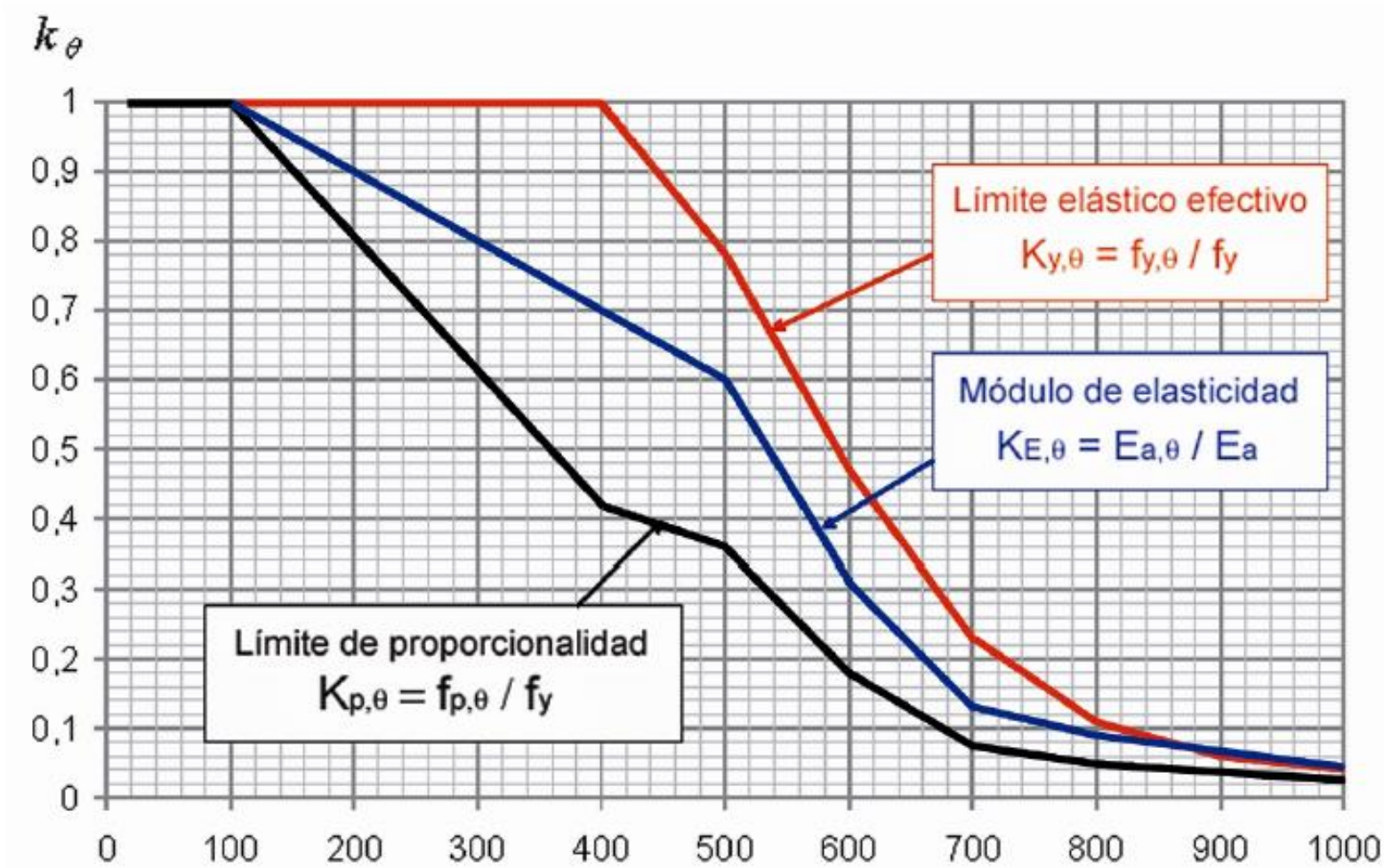


Gráfico tensión (N/mm²) - deformación (%) en funció de la temperatura para el acero S275

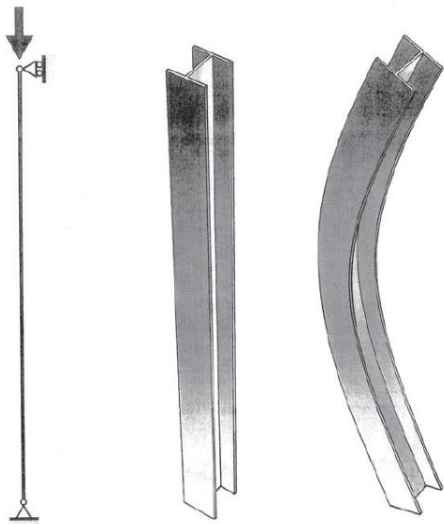
Disminución de resistencia y rigidez del Acero

Tabla 3.1 – Coeficientes de reducción para la relación tensión-deformación del acero al carbono a temperaturas elevadas



Disminución de resistencia y rigidez del Acero

PANDEO POR FLEXIÓN EN PILARES



Disminución de la carga crítica elástica

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times EI_y}{L_{cr,y}^2}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times EI_z}{L_{cr,z}^2}$$

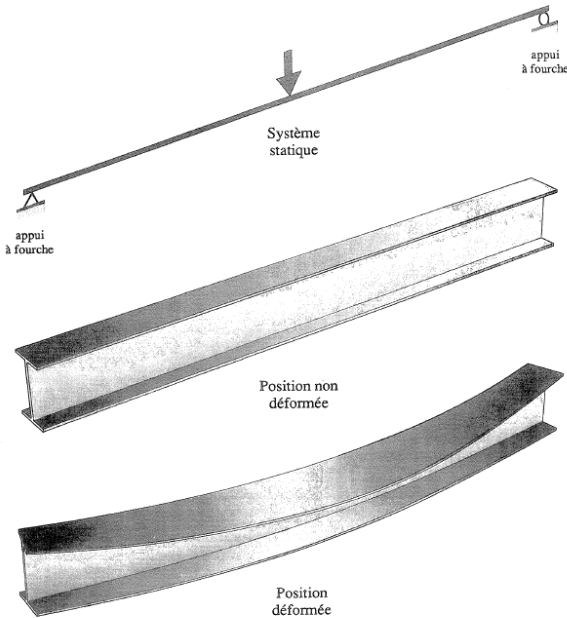
Aumento de la esbeltez

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}}$$

(≈1,2)

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}}$$

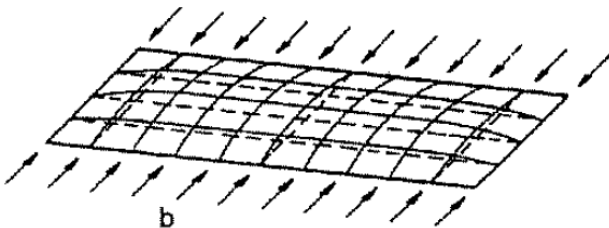
VUELCO LATERAL EN VIGAS



Momento crítico elástico

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L^2} \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} + (C_2 y_g)^2 - (C_2 y_g)^2 \right]$$

ABOLLADURA EN LAS PLACAS

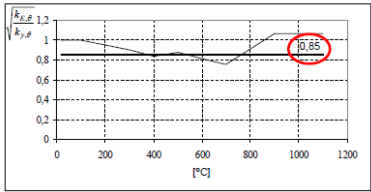


Tensión crítica elástica de abolladura

$$\sigma_{cr} = K_{\sigma} \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \frac{t^2}{b^2}$$

Clasiificación de las secciones

$$\epsilon_b = \frac{235}{f_{y,b}} \sqrt{\frac{E_b}{210000}} = \frac{235}{k_{y,b} f_y} \sqrt{\frac{k_{E,b} E}{210000}} = \frac{k_{E,b}}{k_{y,b}} \frac{235}{f_y} \sqrt{\frac{E}{210000}} = \frac{k_{E,b}}{k_{y,b}} \frac{235}{f_y} \approx 0.85 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.85 \epsilon$$



Disminución de resistencia y rigidez del Acero



CONSTRUSOFT

Resistencia de los perfiles metálicos a Fuego

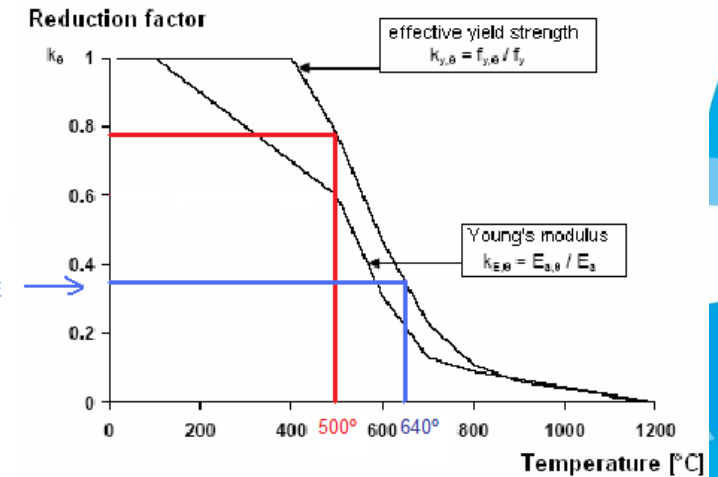
Hasta que temperatura resiste un perfil metálico?



- ~~El Acero no tiene resistencia al fuego~~
- ~~El Acero sólo resiste a hasta 500 o 550 grados~~
- ~~El cálculo a fuego es muy complejo~~



Estado de las
estructuras en
SITUACION DE
INCENDIO



Existen métodos de cálculo simplificados que permiten encontrar la “Temperatura Crítica”

$$E_{fi,d,t} \leq R_{fi,d,t}$$



CONSTRUSOFT

Método de la temperatura crítica

1. Consideración del estado de cargas en “situación de Incendio”

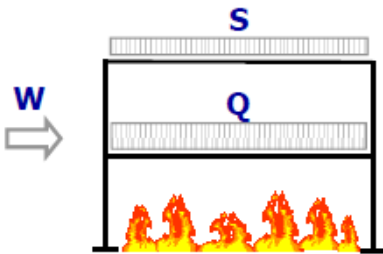
En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad $\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$ son iguales a uno si su efecto es favorable, **o a la unidad** si es desfavorable, en los términos anteriores.

$\gamma_G = \gamma_P = \gamma_Q = 1,0$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Valor frecuente

Valor cuasi permanente



- 1,0 G + 0,5 Q

1,0 G + 0,2 S + 0,3 Q

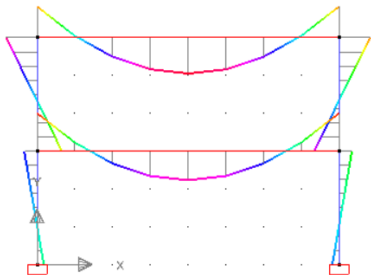
1,0 G + 0,5 W + 0,3 Q

2. Obtención de esfuerzos considerando T° ambiente

- No consideran los efectos de las dilataciones de barras

➤ No consideran disminución del módulo de elasticidad con la temperatura

➤ Permite calcular los esfuerzos en barras de la manera tradicional y verificar cada elemento de la estructura de manera independiente



3. Obtención de la Temperatura Crítica en el dominio de la resistencia

Coeficientes reductores fuego		
θ_a	$K_{y,\theta}$	$K_{E,\theta}$
20	1.000	1.000
100	1.000	1.000
200	1.000	0.900
300	1.000	0.800
400	1.000	0.700
500	0.780	0.600
600	0.470	0.310
700	0.230	0.130
800	0.110	0.090

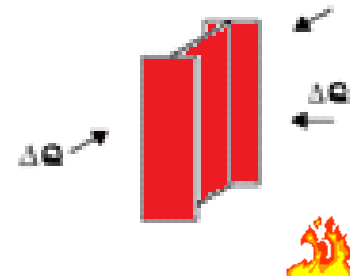
$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A_a k_{y,\theta,max} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

$P_n = F_{cr} A_g$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_c} \right] F_y$$

$\theta_{cr,d}$

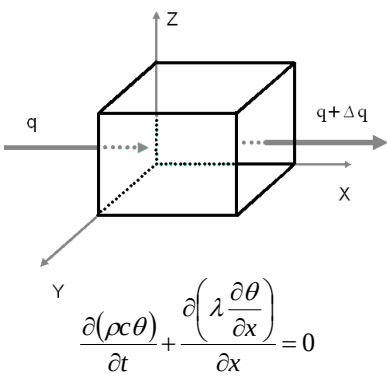
El Problema Térmico



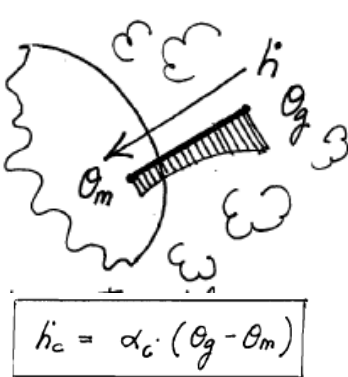
CONSTRUSOFT

Incremento de temperatura en Secciones

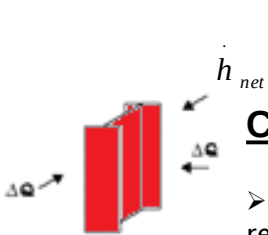
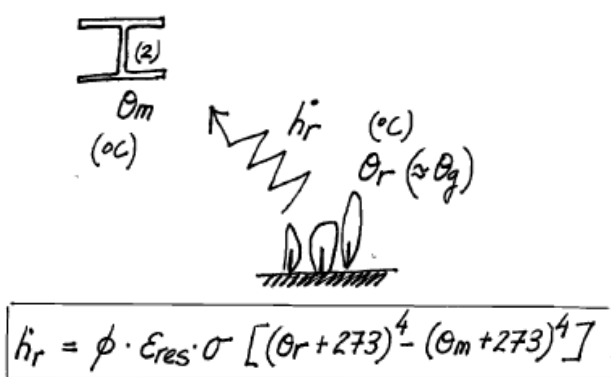
➤ Transmisión por Conducción



➤ Transmisión por Convección

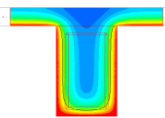


➤ Transmisión por Radiación



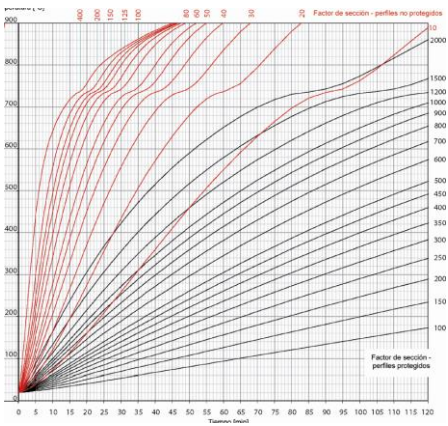
Calentamiento Uniforme de la sección

➤ Se puede utilizar Fórmula Analítica para la resolución del problema EN 1993-1-2 (Fórmula 4.25)



Calentamiento No Uniforme de la sección

➤ Se puede solucionar con Técnicas de Elementos Finitos

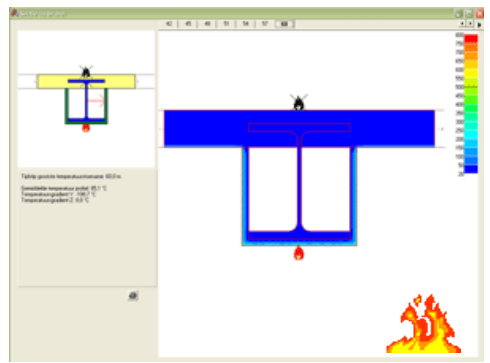


Perfiles no protegidos Fórmula 4.25

$$\Delta\theta_{s,t} = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} h_{net} \Delta t$$

Perfiles protegidos Fórmula 4.25

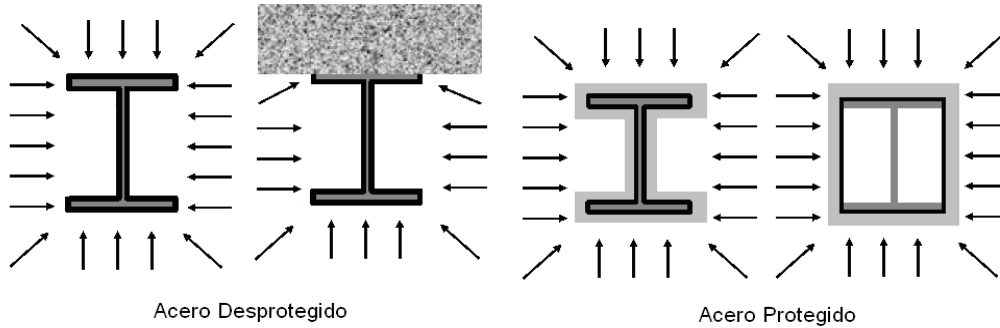
$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{\lambda_p}{d c_s \rho_s} \frac{A_m/V}{1 + \phi/3} \cdot \theta_{g,t} - \theta_{s,t} - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t}$$



Factor de Forma o Factor de masividad de un perfil

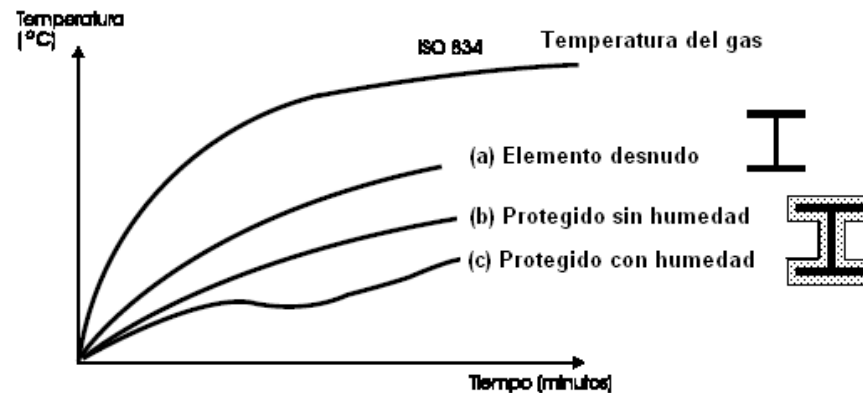
- El factor de forma es un indicador de la velocidad con la que aumenta la temperatura en un perfil

$$\frac{\text{Superficie perimetral del perfil en contacto con los gases}}{\text{Volumen del Perfil}} = \frac{Am}{V} [m^{-1}] \xrightarrow{\frac{1/L}{1/L}} = \frac{\text{Perímetro expuesto al fuego de la sección}}{\text{Área de la sección}}$$



$$\frac{\text{Puerta de Entrada de Calor}}{\text{Capacidad de almacenar calor}} = \frac{Am}{V} [m^{-1}]$$

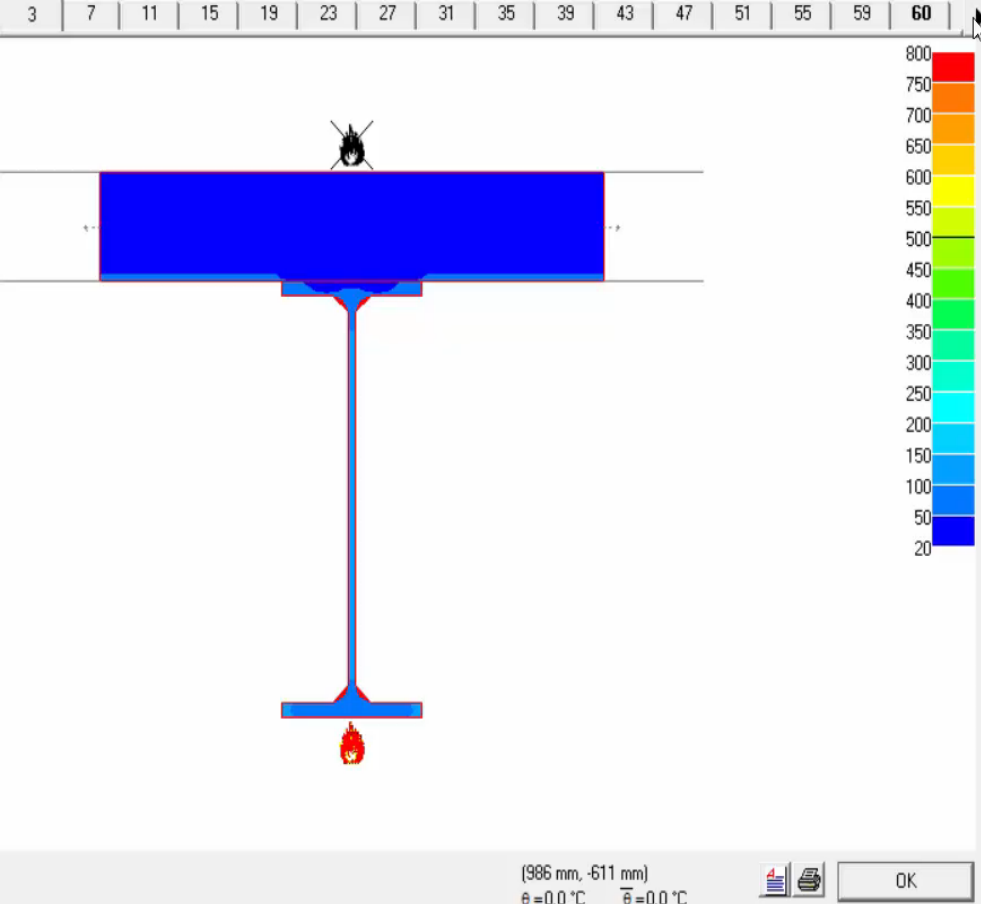
- Al subir la temperatura de los gases, la temperatura de la estructura aumenta, pero existe un retraso.



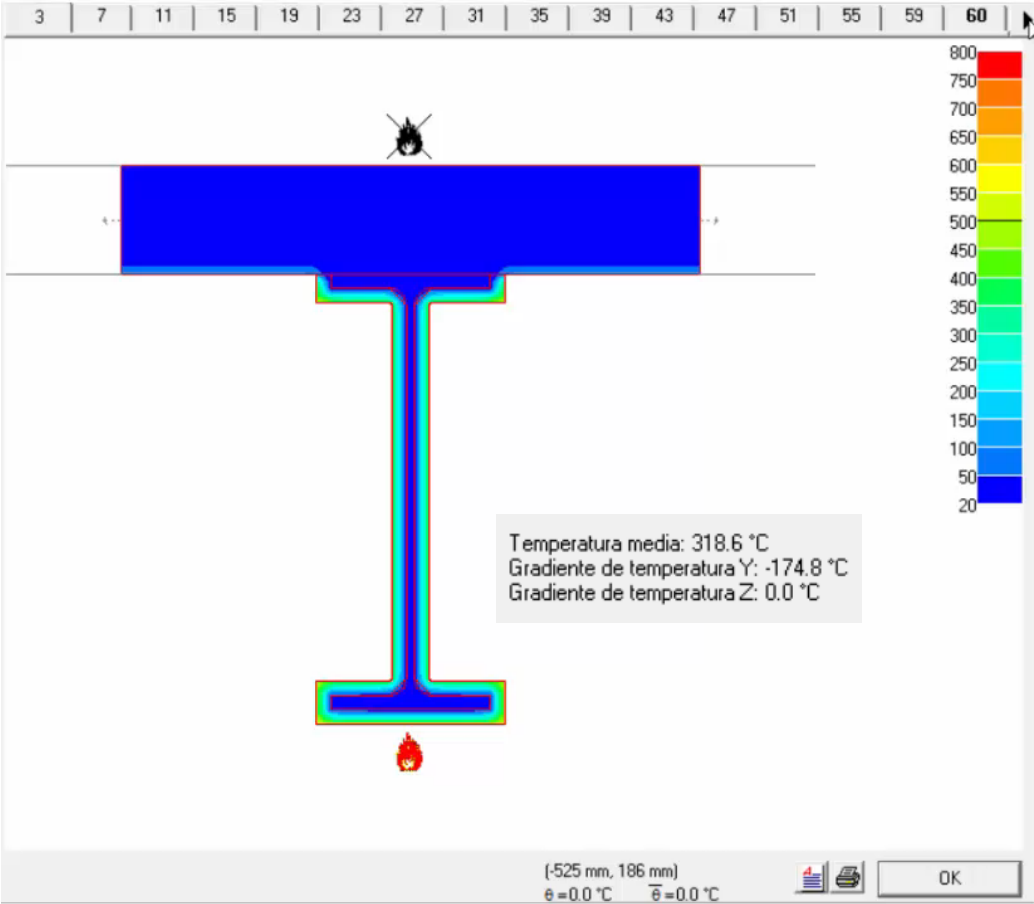
Ejemplo Cálculo Térmico

RESPUESTA TÉRMICA del perfil IPE 600 frente al fuego normalizado ISO 834

CASO A IPE 600 sin protección

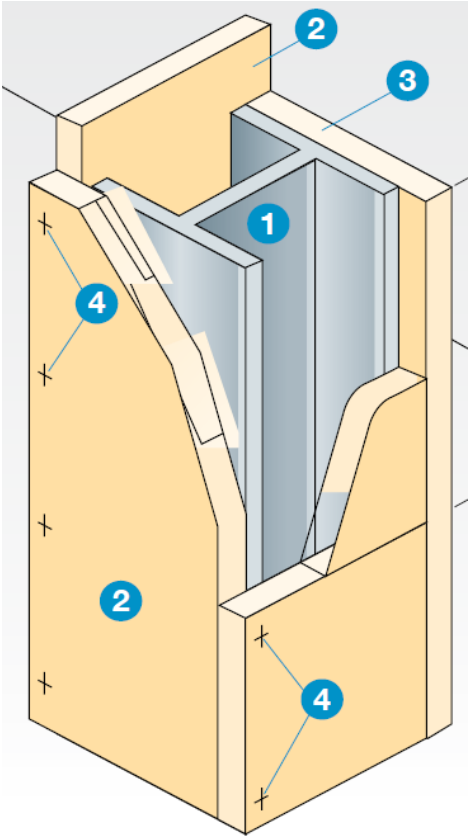


CASO B IPE 600 con una protección de mortero de vermiculita de 20 mm

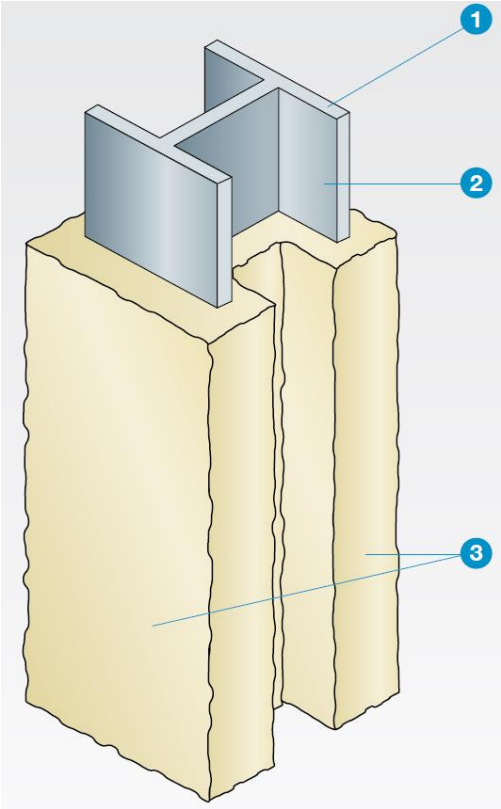


Sistemas de Protección habituales

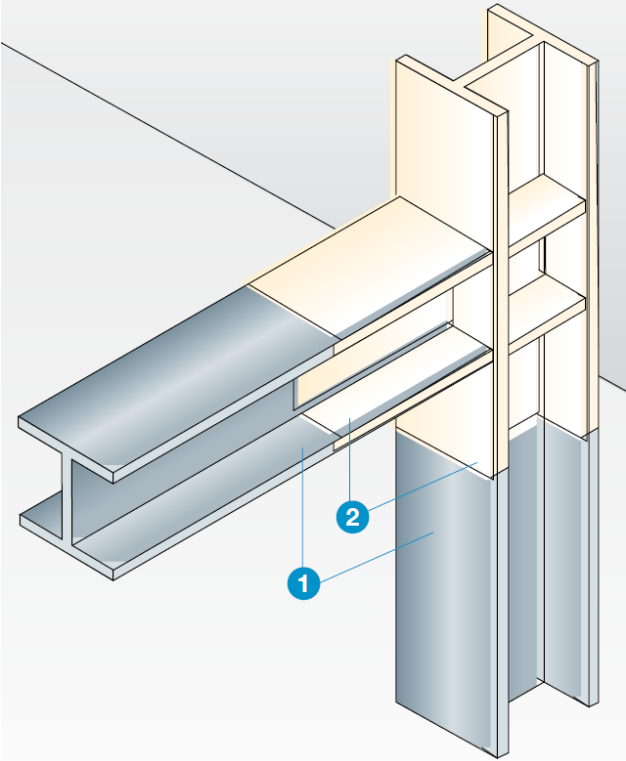
**PLACAS
ENSAMBLADAS**



**MORTEROS
PROYECTADOS**



**PINTURAS
INTUMESCENTES**



Método de cálculo simplificado de Eurocódigo

Este método permite suponer que no hay interacción entre el problema térmico y mecánico. La norma ofrece una formula de combinación de acciones para conocer los esfuerzos en situación de incendio y la resistencia mecánica de los perfiles sometidos a temperaturas elevadas, y otra formula para conocer el calentamiento del perfil a lo largo del tiempo sometido a una curva normalizada de fuego. Método de la temperatura crítica

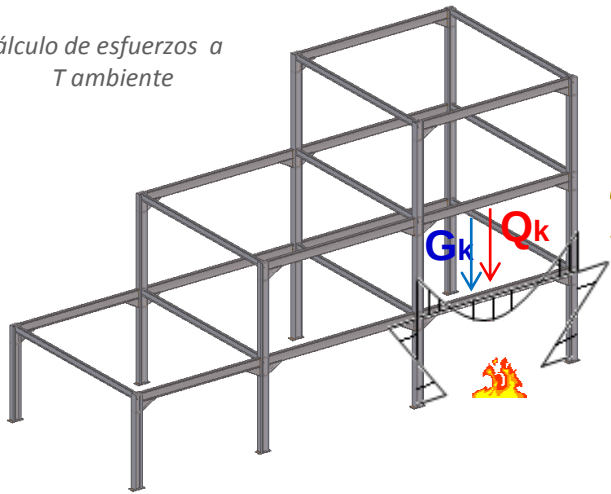
Problema Mecánico

Acciones mecánicas EN1991-1-2

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Valor frecuente Valor cuasi permanente

Cálculo de esfuerzos a T ambiente



Resistencia Mecánica EN1993-1-2

$$\mu_0 = \frac{E_{s,d}}{R_{s,d,0}} \quad \theta_{cr} = 39.19 \ln \left[\frac{1}{0.9674 \mu_0^{3.833}} - 1 \right] + 482$$

$$\frac{N_{s,d}}{A_{s,d} \cdot f_{t,d}} + \frac{k_{t,1} M_{s,d,1}}{W_{pl,y} \cdot k_{t,y} \cdot f_{t,d}} + \frac{k_{t,2} M_{s,d,2}}{W_{pl,z} \cdot k_{t,z} \cdot f_{t,d}} \leq 1$$

$$\frac{N_{s,d}}{A_{s,d} \cdot f_{t,d}} + \frac{k_{t,1} M_{s,d,1}}{W_{pl,y} \cdot k_{t,y} \cdot f_{t,d}} + \frac{k_{t,2} M_{s,d,2}}{W_{pl,z} \cdot k_{t,z} \cdot f_{t,d}} \leq 1$$

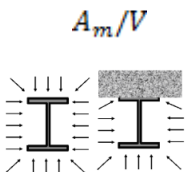
Temperatura Crítica

Problema Térmico

Calculo calentamiento perfiles EN1993-1-2

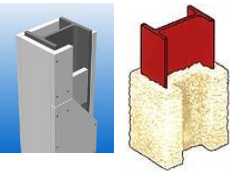
Perfiles no protegidos

$$\Delta \theta_{a,t} = k_{sb} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net} \Delta t$$



Placas y proyectados

- Propiedades térmicas conocidas (λ, c, ρ)

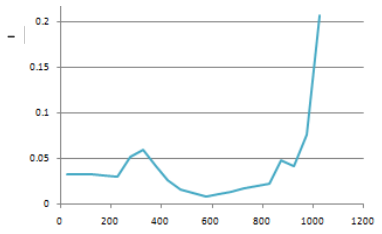
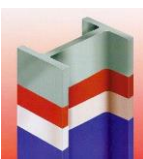


$$\Delta \theta_a = \frac{\lambda_p}{d_p} \cdot \frac{1}{\rho_a \cdot c_a} \cdot \frac{A_p}{V} \left(\frac{1}{1 + \phi/3} \right) (\theta_g - \theta_a) \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta \theta_g$$



Pinturas Intumescentes

- Calculo de (λ, c, ρ) y proceder como anterior



(λ, c, ρ)



Proyecto Construsoft-Universidad-Fabricante con Pinturas Intumescentes



CONSTRUSOFT

Antecedentes en nuestra

- 2007 We launched a new Fire analysis module in BuildSoft software (Structural Software + Thermal solver) based in Eurocodes
- **We received many questions from customers (how to calculate paint in software?)**
 - We asked paint manufacturers but only had tables and no data to enable engineers to make thermal calculations
 - We started a research work about intumescent coatings background

2008 First contact for pilot project using Euroquímica Paints



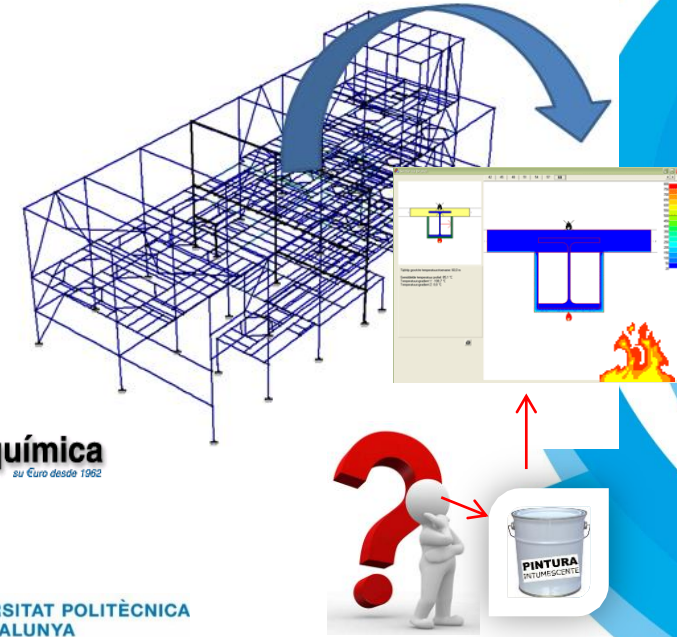
2009 University of Catalonia was involved in research project and Official Fire Laboratory (AFITI-LICOF)



2011 Viability study → good results were found calculating paint

2012 We Started to program a software that could be usefully for all manufacturers

2014 Completion of the software.

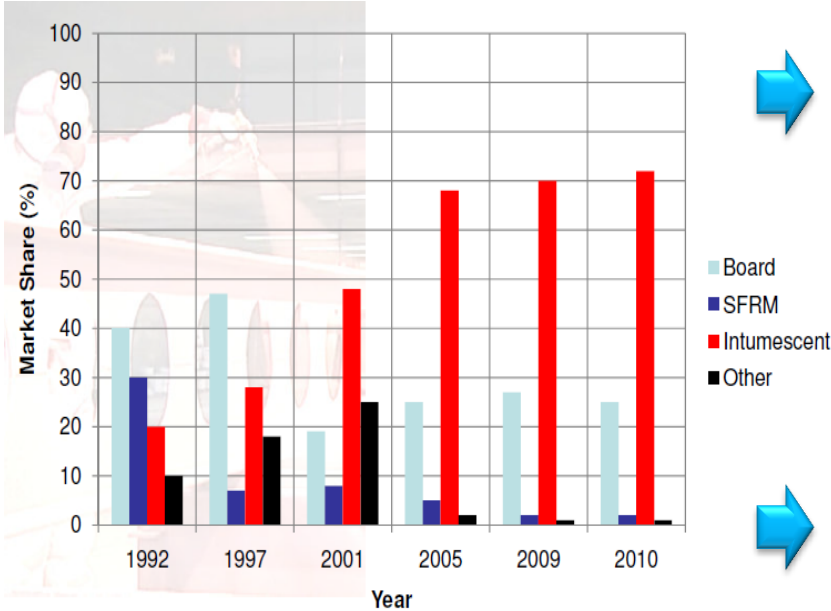


CONSTRUSOFT

Pinturas Intumescentes

Crecimiento en el mercado de las pinturas intumescentes

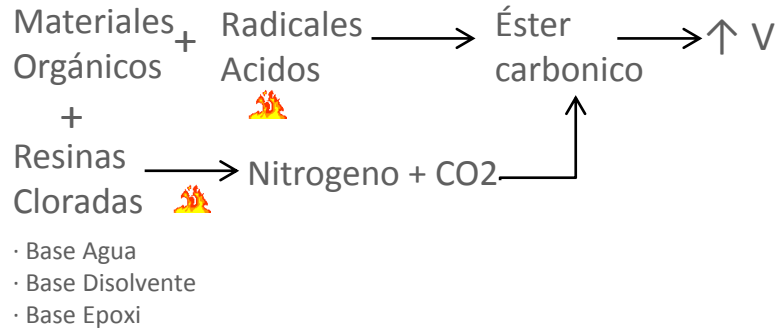
Estudi del creixement de la
quota de mercat de les pintures



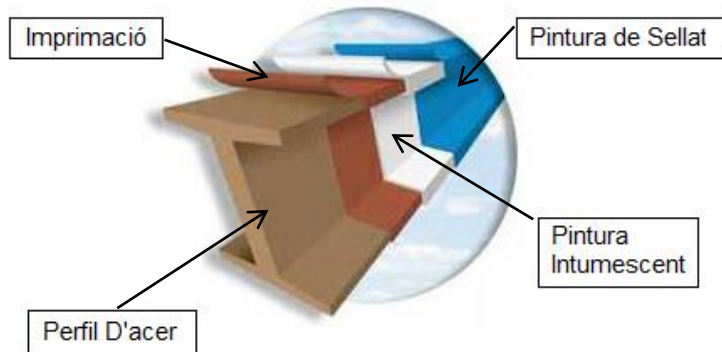
Fabricant	Logotip	Pintura	País	
Euroquímica Paints	 Euroquímica	STOFIRE	Espanya	
Valentine	 Valentine	C-THERM	Espanya	
Promat	 Promat	PromaPaint	Espanya	
Jallut	 Jallut®	INGNIJAL	Espanya	
Akzonobel (International Paints)	 AkzoNobel	INTERCHAR	US (UK)	
Sherwin-Williams	 SHERWIN-WILLIAMS.	FIRETEX	US (UK)	
PPG	 PPG	STEELGUARD	US (UK)	
Nullifire	 Nullifire®	SC 900	UK	
Hensel	 HENSEL	HensoTherm	Alemanya	
Audax	 AUDAX	RENITHERM	Alemanya	
Hempel	 HEMPA HEMPACORE	HempaCore	Dinamarca	
Sika	 Sika®	UNITHERM	Suïssa	
Perstorp	 Perstorp WINNING FORMULAS	CHARMOR	Suècia	

Funcionamiento de Pinturas Intumescentes

1. Reacción Química



3. Aplicació de les pintures intumescentes

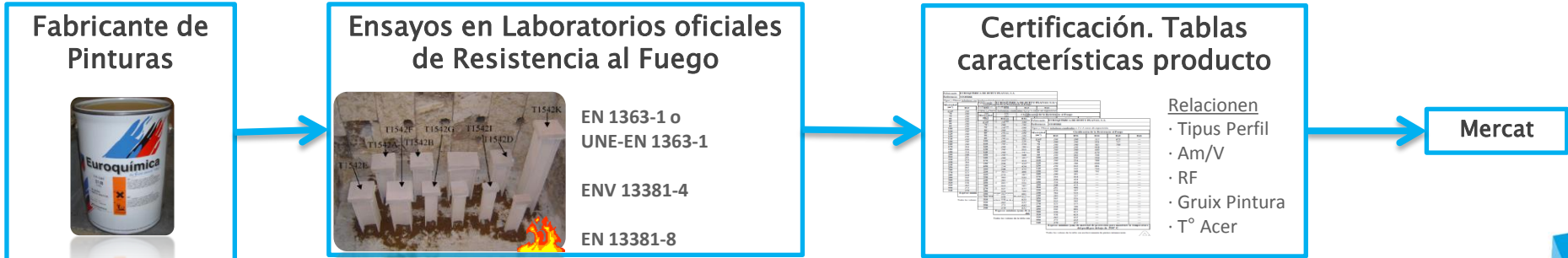


2. Fases de la (Intumescencia)

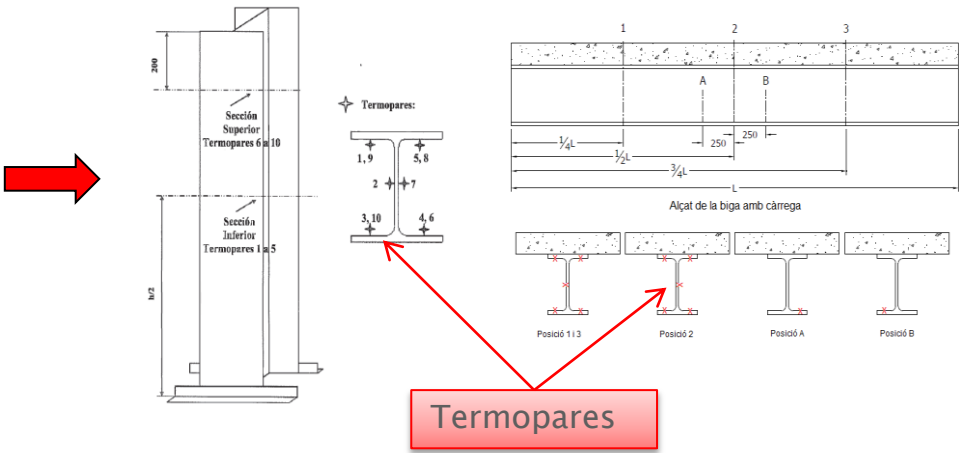
- Fusión de la pintura (melting)
- Reacción de intumescencia (intumescence)
- Formación de una capa superficial (char formation)
- Degradación de la capa superficial (Char degradation)



Ensayos Normalizados en pinturas intumescentes

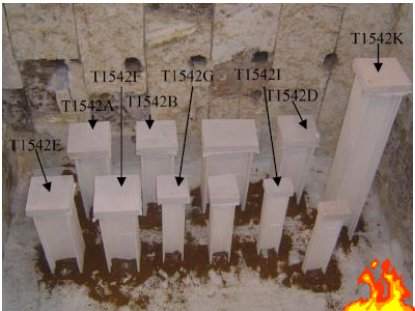


Instrumentación y ensayos con muestras pintadas



Que se busca con los ensayos de Pinturas Intumescentes?

1. Valoración del aislamiento térmico que proporcionan (ensayo con pilares cortos)



- Diferentes secciones
- Diferentes espesores de pintura
- Curva fuego ISO 834

Tratamiento matemático para relacionar las diferentes variables

Dades Oficials D'assaig

Factors de Corrección

2. Valoración de la pérdida de aislamiento por la “pegabilidad” (Stickability)



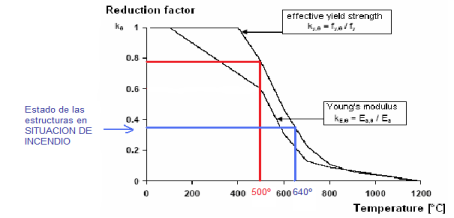
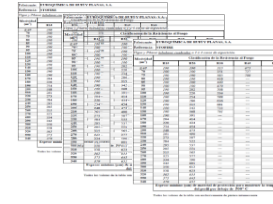
$$\frac{T^{\circ} \text{ Biga amb càrrega}}{T^{\circ} \text{ Biga sense càrrega}} = K(\theta_{LB})_{(min)}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{T^{\circ} \text{ Biga amb càrrega}}{T^{\circ} \text{ Biga sense càrrega}} &= K(\theta_{LB})_{(max)} \\ \frac{T^{\circ} \text{ Pilar Alt}}{T^{\circ} \text{ Pilar Curt}} &= K(\theta_{TC})_{(max)} \end{aligned} \right\} K_{(max)}$$



Inconvenientes tradicionales para determinar pintura

- Algunos fabricantes solo disponen de tablas para θ_{cr} 500 °C.
- No se dispone de ninguna dato termo-mecanico que permite reproducir el aislamiento que proporcionaba pintura en simulaciones
- No se podía aplicar conceptos de Ingeniería de Fuego con pinturas intumescentes.
- El procedimiento actual no permitía la implementación en software estructural



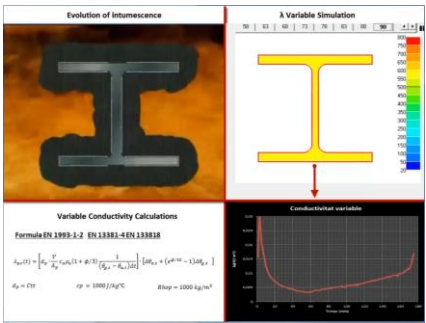
Nuevo método de Conductividad variable

Bases del método de conductividad variable de una pintura

- Consiste en suponer que todas las reacciones termo mecánicas de la intumescencia quedan resumidas en una conductividad térmica “equivalente” referida a un grueso inicial de pintura λ_p

EN 1993-1-2
$$\Delta\theta_a = \frac{\lambda_p}{d_p} \cdot \frac{1}{\rho_a \cdot c_a} \cdot \frac{A_p}{V} \left(\frac{1}{1+\phi/3} \right) (\theta_g - \theta_a) \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_g$$

EN 13381-8
$$\lambda_{p,t}(t) = \left[d_p \cdot \frac{V}{A_p} c_a \rho_a (1 + \phi/3) \frac{1}{(\theta_{g,t} - \theta_{a,t}) \Delta t} \right] \cdot [\Delta\theta_{a,t} + (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t}]$$



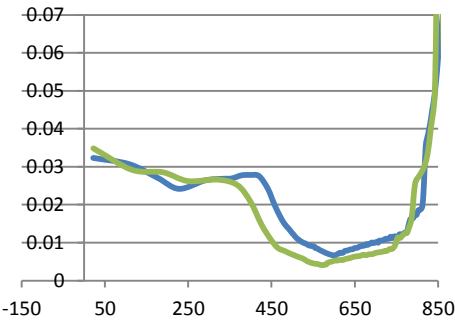
Acreditación oficial del método por Afiti-Licof

- El laboratorio de ensayo emitió los informes oficiales con esta conductividad variable



CURVES A

Espesor Mínimo			Espesor Máximo		
e (µm)			e (µm)		
208.72			714.42		
T	λ _{ave}		T	λ _{ave}	
°C	W/m °C		°C	W/m °C	
25	0.025928		25	0.079898	
75	0.016169		75	0.051766	
125	0.014962		125	0.051546	
175	0.012419		175	0.039954	
225	0.012179		225	0.039829	
275	0.012060		275	0.037500	
325	0.011620		325	0.032029	
375	0.011499		375	0.026556	
425	0.010904		425	0.018988	
475	0.010124		475	0.009387	
525	0.012748		525	0.006888	
575	0.007401		575	0.007119	
625	0.009038		625	0.006206	
675	0.009756		675	0.007618	
725	0.010649		725	0.009720	
775	0.021526		775	0.012063	
825	0.021329		825	0.023908	
875	0.008284		875	0.019346	
925	0.013537		925	0.010326	
975	0.018739		975	0.016160	
1025	0.021015		1025	0.024737	

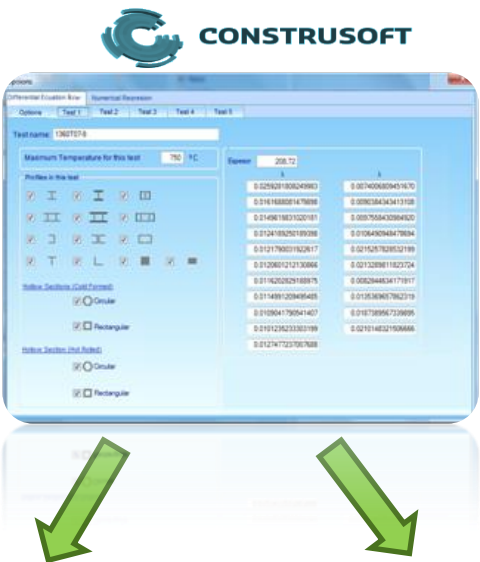


Software de cálculo para Pinturas intumescentes



CONSTRUSOFT

Aplicaciones de Software desarrolladas



Aplicación gratuita para cálculo de elementos

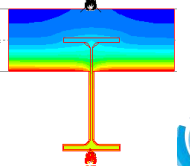
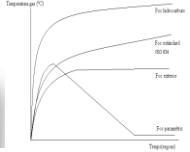
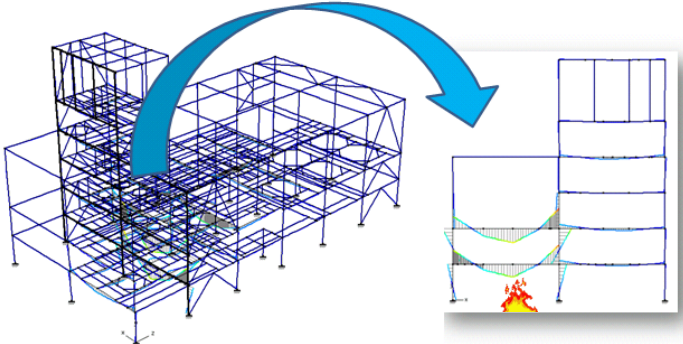
- Càlcul mecànic per a casos simples Construsoft + UPC



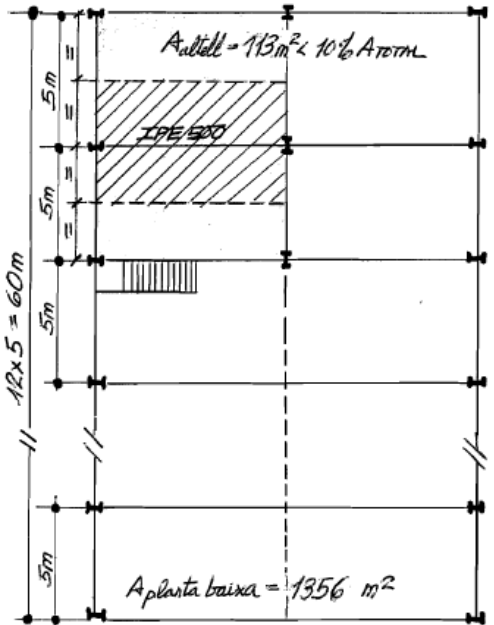
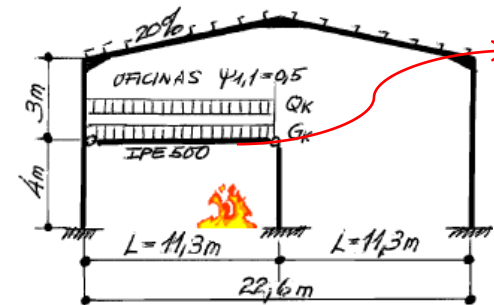
www.euroquimica.com

Aplicación para Software de Cálculo Global

- Càlcul mecànic per a estructures 3D

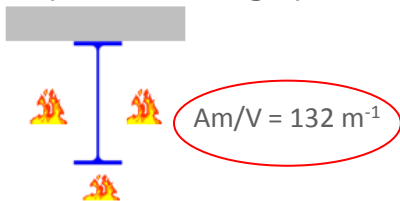


Ejemplo de Cálculo y ventajas del método



Aplicación a un caso real (RSIEI)

- Análisis viga forjado IPE 500 acero S355JR
- Cargas:
 - Carga permanente: $g_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$
 - Sobrecarga (oficinas) $q_k = 4,00 \text{ kN/m}^2$
- Impedimento vuelco lateral per efecto diafragma del forjado
- Exposición a fuego per 3 cares



$Am/V = 132 \text{ m}^{-1}$

- Estudio de Pintura necesaria para R15, R30, R60, R90

1. Resolucion Método Tradicional

Euroquímica
Protective Coatings & Industrial Paints

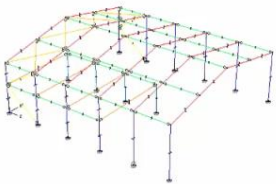
TABLAS STOFIRE AL DISOLVENTE
PERFILES ABIERTOS

	15	30	60	90	120
50	195	279	752	1444	2043
55	195	279	752	1444	2043
60	195	279	752	1444	2043
65	195	279	752	1444	2230
70	195	302	752	1574	2421
75	195	324	807	1702	2614
80	195	345	882	1827	2810
85	195	365	957	1949	3010
90	195	384	1029	2069	
95	195	402	1100	2186	
100	195	419	1170	2301	
105	195	419	1170	2301	
110	195	450	1304	2524	
115	195	450	1304	2524	
120	195	479	1434	2737	
125	195	479	1434	2737	
130	195	506	1558		
135	195	506	1558		
140	195	531	1678		
360	195				
365	195				
370	195				
375	195				

2. Resolucion con Software 2D



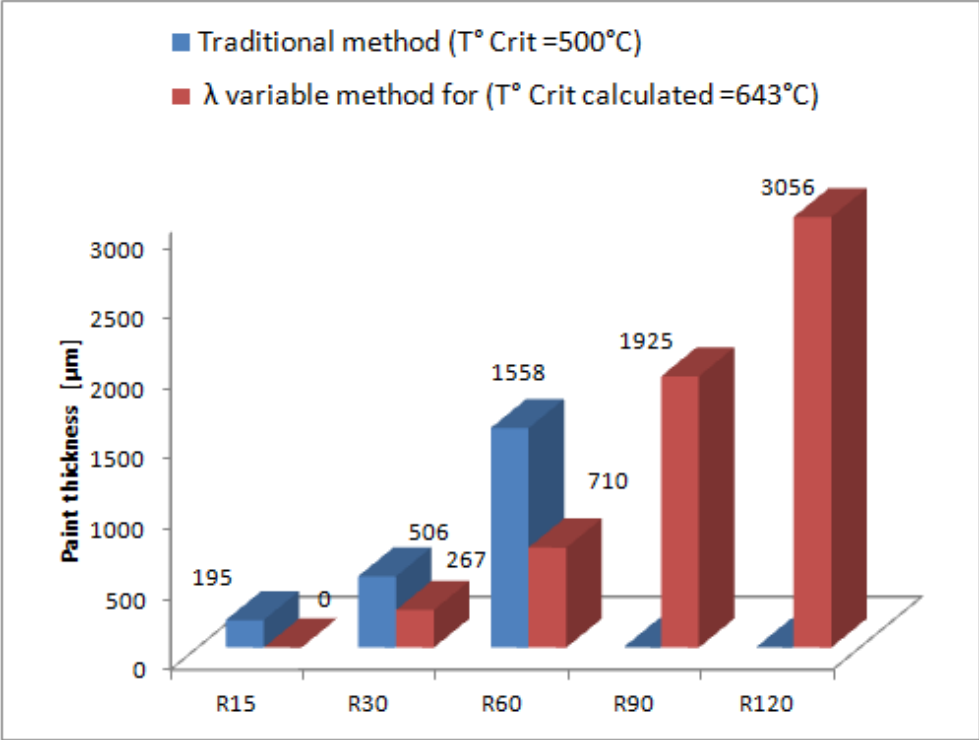
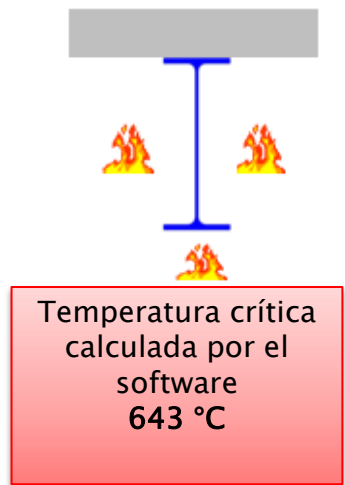
3. Resolucion con Software 3D



CONSTRUSOFT

Ejemplo de reducción de Costes en protección pasiva

- ✓ El software permite demostrar reducciones en espesores de material de protección pasiva del 50% y extender el uso de la protección para tiempos mayores de resistencia al fuego.



RF	Thickness for (T° Crit =500°C)	Thickness for (T° Crit =614°C)	% Reduccion
R15	195	0	-----
R30	506	267	47.23%
R60	1558	710	54.42%
R90	NO Possible	1925	New Market
R120	NO Possible	3056	New Market

Comparación de resultados (usando tablas “método tradicional” /usando software)

Software y método revisado por la universidad

- ✓ El software utiliza métodos recogidos en las normativas europeas y se puede ampliar a otras normativas

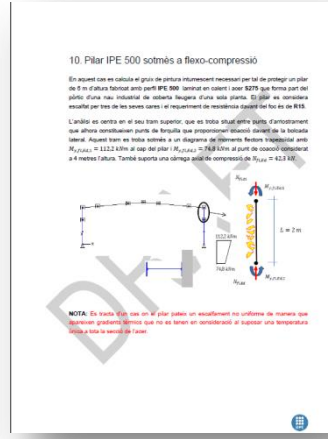
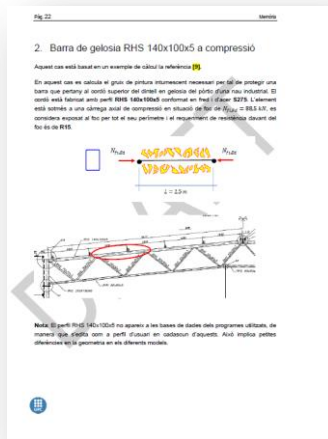
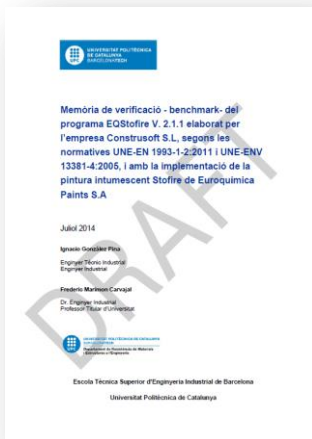


- ✓ El software utiliza datos validados por los fabricantes de protección al fuego en laboratorios oficiales de Resistencia al fuego



- ✓ El software ofrece memorias justificativas con todos los cálculos.
- ✓ El prestigioso profesor Dr Frederic Marimón de la universidad Politécnica de Catalunya (UPC) ha revisado el método de cálculo y los resultados del programa generando un documento benchmark y guía de diseño.

Dr Frederic Marimón Carvajal





CONSTRUSOFT

Muchas Gracias por su atención