

18 Reunión Intermedia de los Comités Técnicos de ALAMYS

19-23 de Junio 2013

Rio de Janeiro



NUEVAS TECNOLOGIAS EN PROTECCIÓN DE INCENDIOS Y GESTION DE EMERGENCIAS EN FFCC METROPOLITANOS

AURELIO ROJO

PRESIDENTE DE APICI(ASOCIACION DE INGENIEROS DE PCI DE ESPAÑA)

SECRETARIO GENERAL DE ALAMYS



SOMANDO FORÇAS

SECRETARIA
DE TRANSPORTES



METRÔ RIO



ALAMYS

Gestión de Riesgos



¿QUÉ SITUACIONES SE PUEDEN DAR?

➤ Incendio

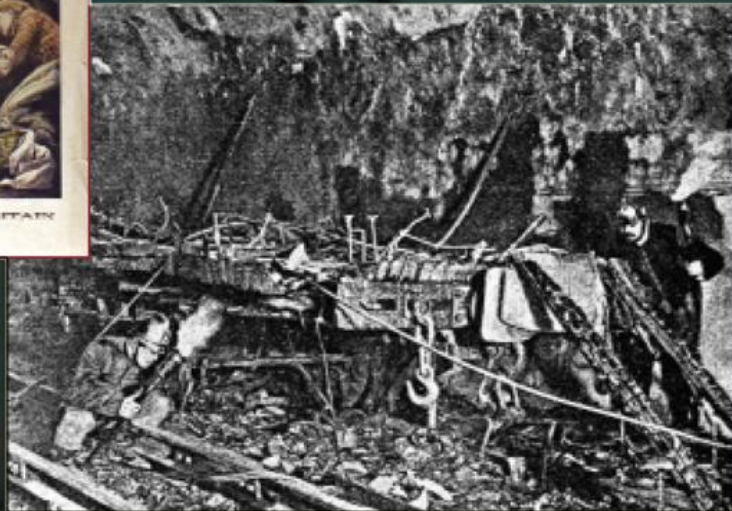
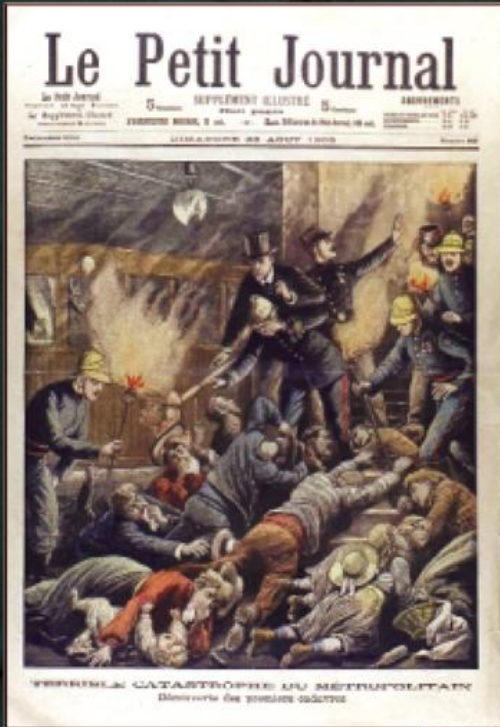
- Actos de Terrorismo (Bombas, ataques químicos o biológicos) Averías graves de trenes e instalaciones.
- Accidentes de trenes (cada día menos frecuentes por las medidas de protección implantadas).
- Actos de vandalismo.
- Sabotajes provocados por empleados en situaciones conflictivas.
- Inundaciones.
- Terremotos.
- Atmósferas explosivas.
- Derrumbamientos o perforaciones de la superficie.

Principales Desastres por Incendio en Redes de Metro

París

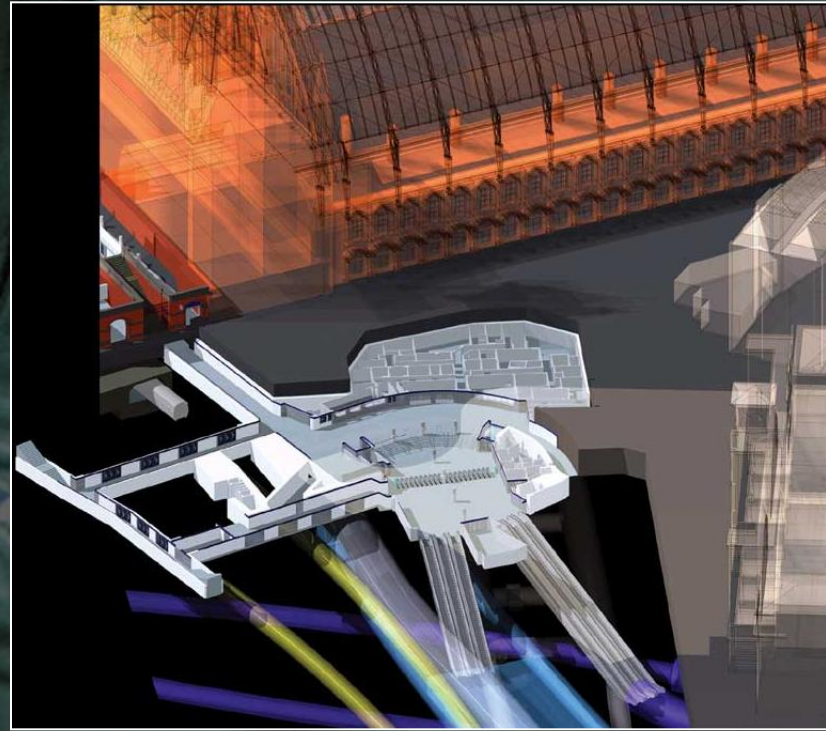
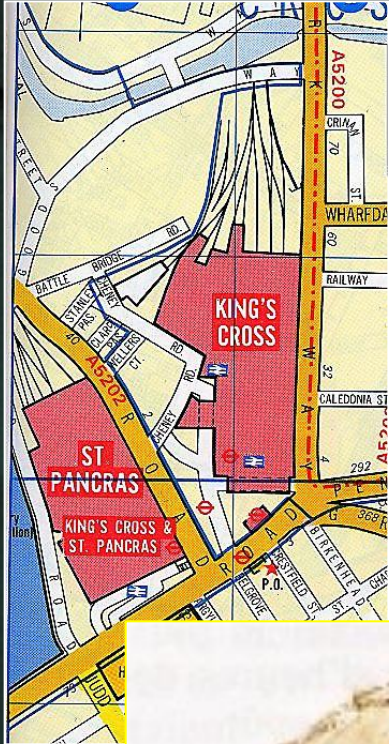
Incendio en la estación de Couronnes, uno de los primeros accidentes importantes en un Metro

Fue un punto de partida para muchas medidas actualmente en uso



81 personas fallecieron por inhalación de humo.

Londres King's Cross 31 muertos en 1987



London – LUL : King's Cross (1987)



18 de Febrero de 2003



Ataque con **líquido inflamable**

Fuego en dos trenes del Metro de Daegu
(Corea del Sur)
198 viajeros muertos





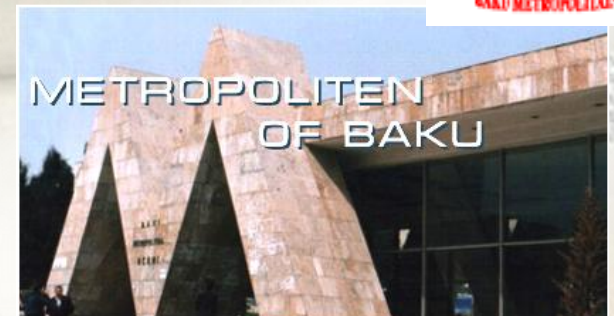
Daegu (Corea del Sur)

Principales Desastres por Incendio en Redes de Metro

Baku (289 muertos en 1995)



Incendio por cortocircuito en un tren en el túnel





DPTO. DE TRANSPORTES Y TECNOLOGÍA DE PROYECTOS Y PROCESOS

Ejercicio público para optar al Título de Doctor

Tesis Doctoral

**MODELO PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN UNIDADES DE TREN
DE FERROCARRILES METROPOLITANOS**

Doctorando: *ING. IND. AURELIO ROJO GARRIDO*
Directores de la Tesis: *PROF. DR. JORGE A. CAPOTE ABREU*
DR. DANIEL ALVEAR

Santander, 9 de Septiembre de 2010 E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Estudio de propagación de llama



- Recogida de muestras de los materiales más representativos de bajos
- Realización de ensayos con Cono Calorimétrico y Fire Propagation Apparatus
- Modelado y simulación computacional de la propagación de la llama

Escenarios de Incendio en bajos del Material Rodante

Estudio de fuentes de ignición

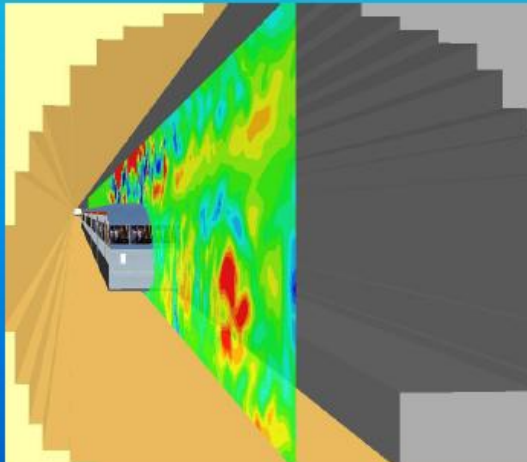


- Análisis del equipamiento instalado
- Calibración del instrumental de medida
- Recogida de datos termográficos

Estudio de condiciones de contorno en túneles

Estudio de condiciones de velocidades de flujo

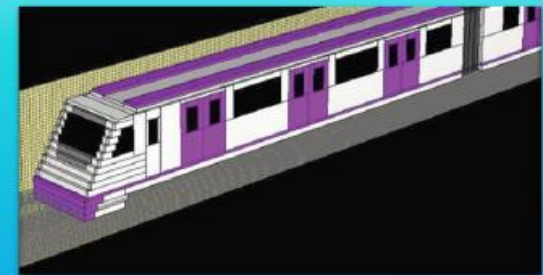
- Diseño y Construcción de maqueta para ensayos con semejanza dimensional para el cálculo de velocidades de flujo.
- Instalación del instrumental y Desarrollo del ensayo
- Ensayo a escala real en condiciones de circulación.



Estudio de condiciones de contorno en túneles

Modelado y simulación computacional de escenarios de incendio en condiciones de uso final.

Servirán como primera referencia para el desarrollo del sistema, así como de estimación de los datos que se obtendrán en los ensayos a escala real.



Conservación de masa: $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u)}{\partial x} = 0$

Conservación de momento (vertical): $\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} \right) = - \frac{\partial p'}{\partial x} + g(\rho_s - \rho) + \frac{4}{3} \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$

Conservación de energía:

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} \right) = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - 4\kappa \sigma T^4 + \int_0^{4\pi} \kappa I d\omega + Q'' + \frac{\partial p}{\partial t}$$

Ecuación de estado de los gases ideales: $p = \rho R T$

Desarrollo del Sistema y Ensayo a Escala Real

Desarrollo del sistema de seguridad contra incendios

- Diseño previo del sistema.
- Cálculo de condicionantes de resistencia estructural de los equipos.
- Definición del método de control del sistema de protección diseñado.
- Elaboración del diseño final.



Desarrollo del Sistema y Ensayo a Escala Real

Realización del ensayo

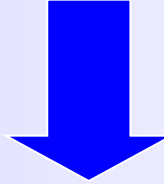
- Modificaciones en el tren y en el área de ensayo.
- Instalación y comprobación del instrumental de medida.
- Desarrollo del programa de ensayos a escala real.
- Recogida de los datos.



CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN SELECCIONADA



Los métodos empleados en la actualidad para el análisis de la combustión de los materiales no son adecuados y carecen de parámetros cuantitativos para valorar su contribución al crecimiento del incendio

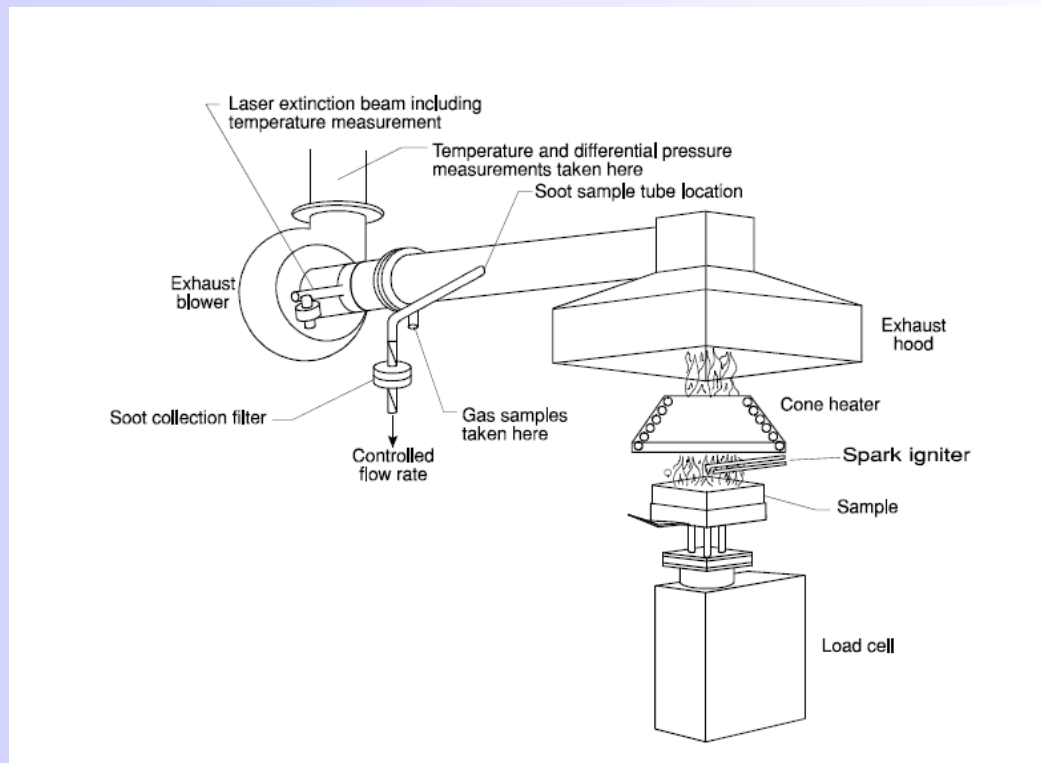


VELOCIDAD DE CESIÓN DE CALOR (HRR)

Emplear ensayos a pequeña escala que permitan obtener la tasa con la que los materiales liberan calor durante su combustión, en correspondencia con las condiciones reales que se manifiestan durante un incendio

CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

❖ 1. FUNDAMENTOS DEL EQUIPO DE ENSAYOS A PEQUEÑA ESCALA: CONO CALORIMÉTRICO.



CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

❖ 2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALES DE CONO CALORIMÉTRICO.

Ensayos de velocidad de cesión de calor

- De 6 materiales de interiorismo de un coche de metro de la serie 3000
- Se realizaron 3 ensayos para cada material
 - 3 probetas por nivel de radiación (20, 30, 40, 50, 65, 80 kW/m²).
 - Especímenes con una superficie de 100 cm² y un espesor inferior al valor umbral de 50 mm.

CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

❖ 2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALES DE CONO CALORIMÉTRICO.

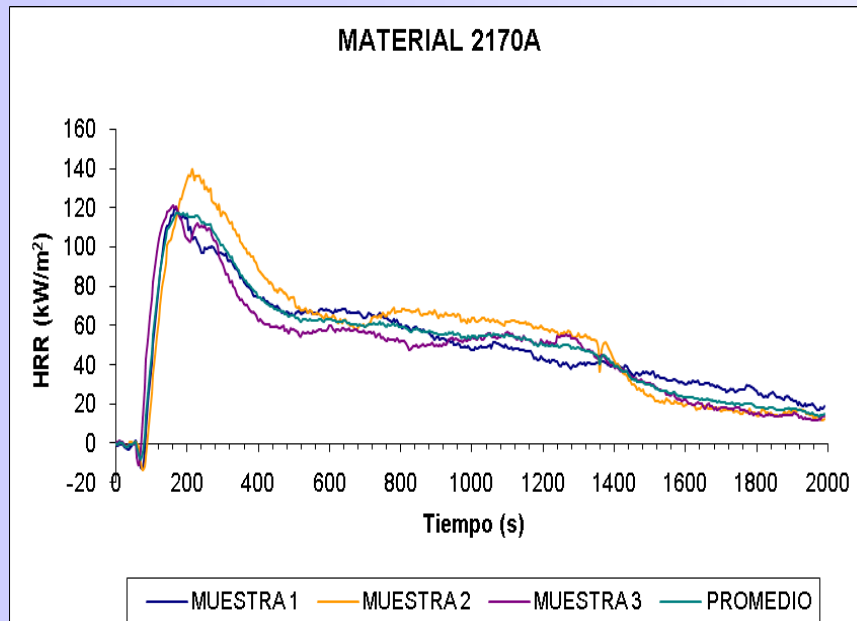
Muestra	Ubicación	Descripción del material
2170 A	<u>Suelos</u>	<ul style="list-style-type: none">▪ Tablero contrachapado de madera ignifugo▪ Pavimento de goma ignifugo
2170 B	<u>Montante Vertical</u>	<ul style="list-style-type: none">▪ Laminado de poliéster ignifugo reforzado con fibra de vidrio▪ SMC prensado
2170 C	<u>Asientos</u>	<ul style="list-style-type: none">▪ Laminado de poliéster ignifugo reforzado con fibra de vidrio▪ SMC prensado
2170 D	<u>Montante Vertical</u>	<ul style="list-style-type: none">▪ Laminado de poliéster ignifugo reforzado con fibra de vidrio▪ SMC prensado
2170 E	<u>Fuelle de unión de coches</u>	<ul style="list-style-type: none">▪ Tejido de poliamida▪ Resina fenólica reforzada con fibra de vidrio

CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN 3000

❖ Suelos (2170A)



❖ Suelos (2170A)



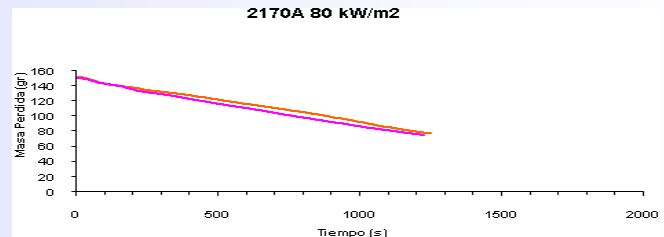
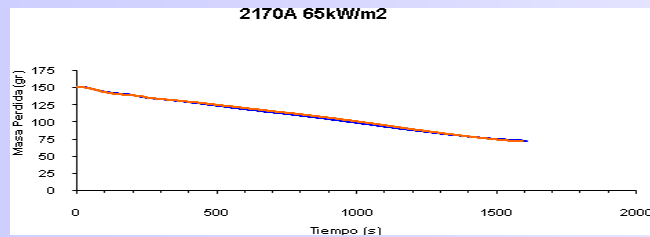
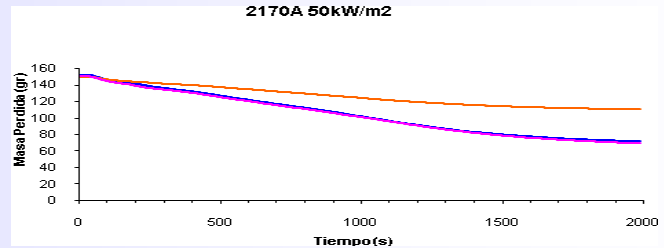
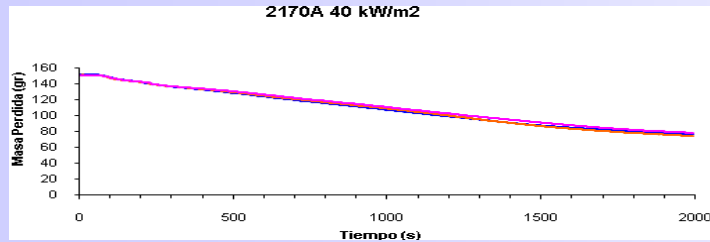
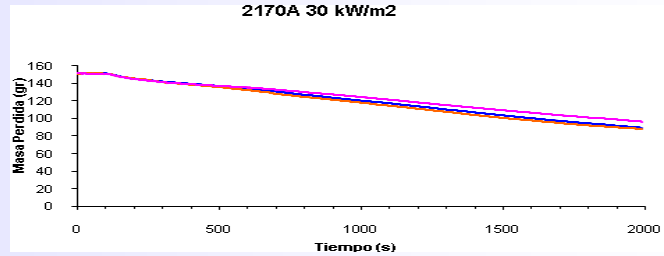
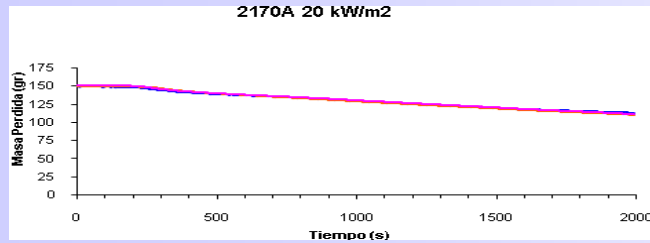
la energía total emitida :
Supera ligeramente los 100 MJ/m²

Carga de fuego calculada :
6.6 MJ/kg.

Los valores máximos de velocidad de cesión de calor no fueron elevados
valor medio de aproximadamente unos 55.25 kW/m².

Ensayo	t_{ig} (s)	$t_{flameout}$ (s)	HRR_{peak} (kW/m ²)	t_{peak} (s)	THR (MJ/m ²)	HRR_{180} (kW/m ²)	HRR_{300} (kW/m ²)
Probeta 1	45	1763	119.57	170	98.52	72.14	81.94
Probeta 2	41	1906	139.82	215	105.92	70.81	91.19
Probeta 3	42	>2000	121.33	160	94.25	81.71	87.87
Media	42.7	1834.5*	126.91	181.7	99.56	87.87	87.00

❖ Suelos (2170A)



Las muestras inicialmente tenían un peso aproximado de unos 150 g.

- Las velocidades de pérdida de masa alcanzaron valores iniciales de 0.049 g/s
- estabilización entorno a los 0.030 g/s
- El valor medio por unidad de área 4.4 g/(s m²).
- el tiempo que tardan las muestras en inflamarse no es muy elevado, entorno a los 40 s flujo de calor del quemador de 50 kW/m².

❖ Suelos (2170A)

Ensayo	m (inicial) (g)	m (final) (g)	Δm (g)	MLR_{ave} (g/s m ²)
Probeta 1	151.5	73.4	78.2	5.4
Probeta 2	149.6	111.3	38.3	2.6
Probeta 3	150.2	71.5	78.6	5.3
Media	150.4	85.4	65.0	4.4

- humo total emitido

1900.2 m²/m²

- valor medio del coeficiente de extinción específico (para medir la visibilidad)

275.94 m²/kg,

- concentraciones medias

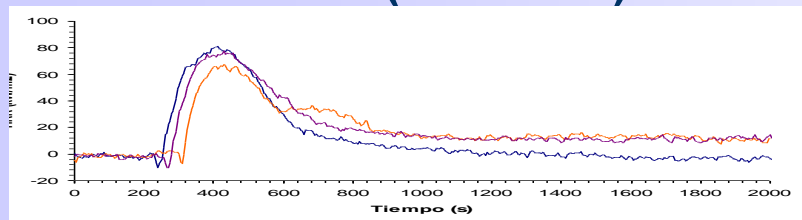
- monóxido de carbono de 0.1454 kg/kg

- dióxido de carbono de 2.58 kg/kg

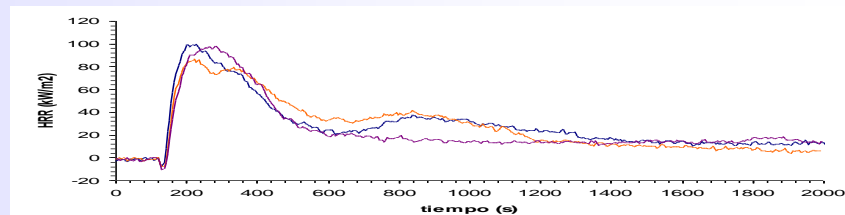


CARACTERIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES EN LA SERIE DE TREN SELECCIONADA - 3

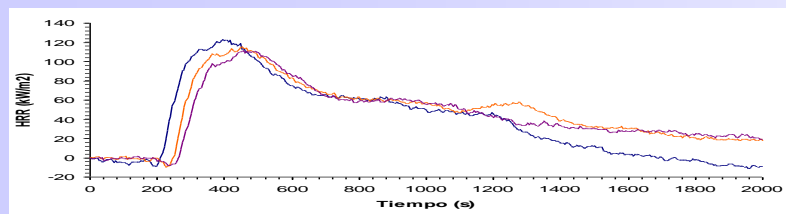
❖ Suelos (2170A)



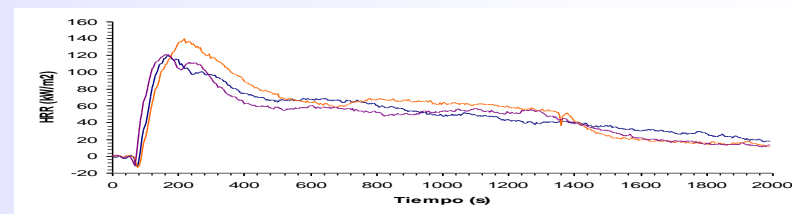
a) Flujo de Calor de 20 kW/m²



b) Flujo de Calor de 30 kW/m²

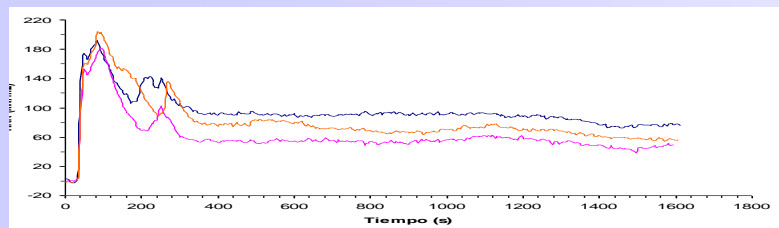


c) Flujo de Calor de 40 kW/m²

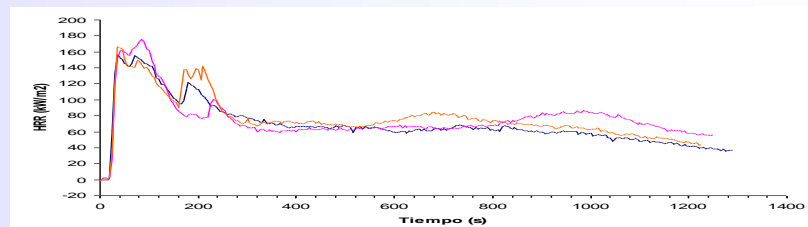


Flujo de Calor de 50 kW/m²

d)



e) Flujo de Calor de 65 kW/m²



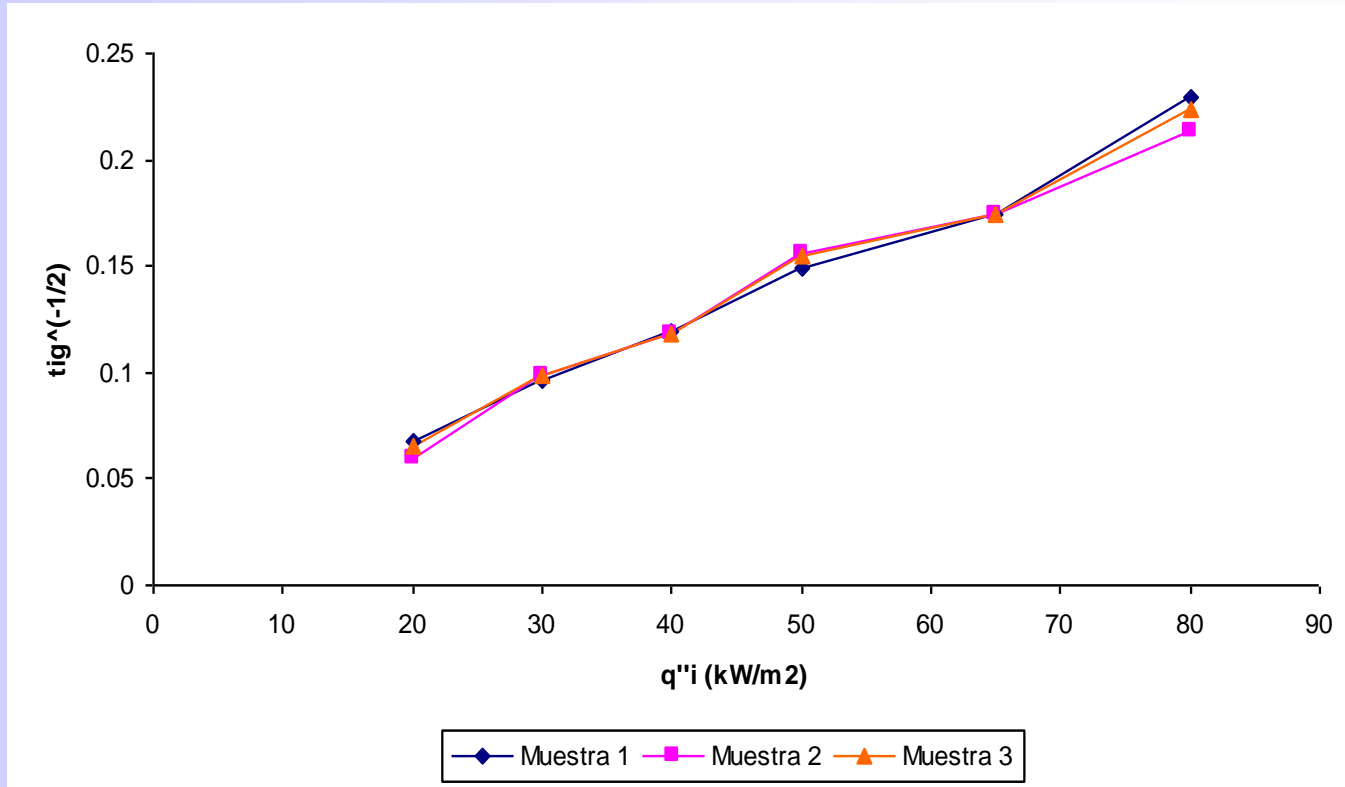
f) Flujo de Calor de 80 kW/m²

f)

En el modelo de simulación computacional de incendios típicamente se emplea la curva obtenida a un flujo de calor de 50 kW/m²,

❖ Suelos (2170A)

*Representación del Flujo de Calor
frente a la inversa de la raíz cuadrada del tiempo de ignición*



Podemos obtener de la:

- pendiente de la curva

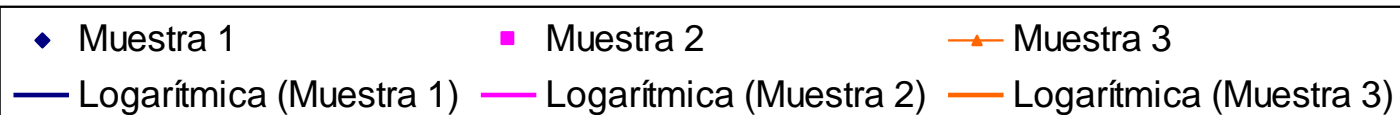
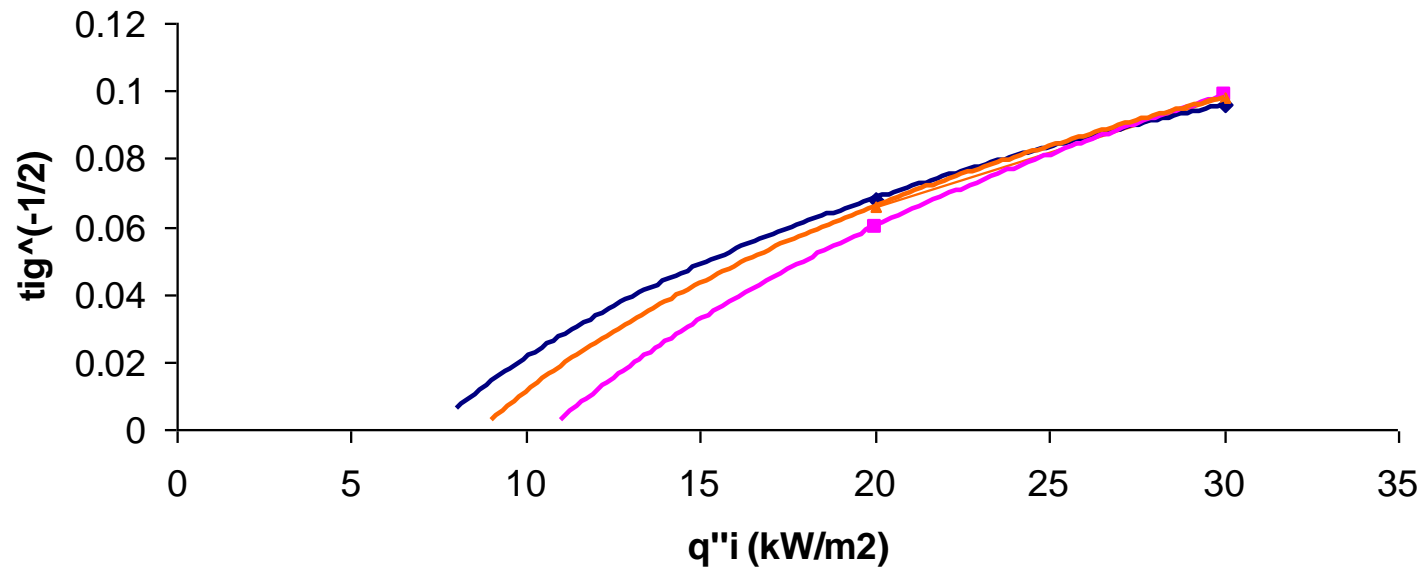
información para la Temperatura de ignición y la inercia térmica

- intersección de las curvas

el valor del flujo de calor crítico

❖ Suelos (2170A)

Flujo de Calor frente a la inversa de la raíz cuadrada del tiempo de ignición para el cálculo del flujo de calor crítico



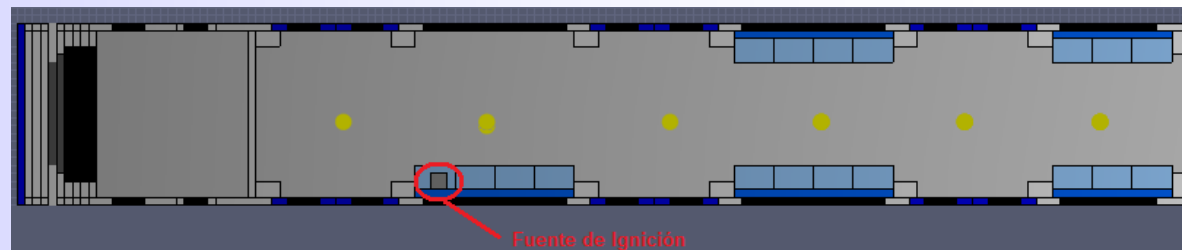
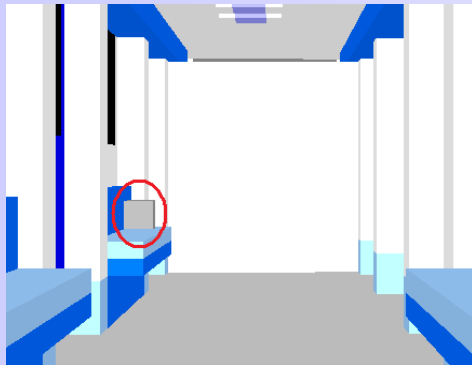
se calculó una temperatura de ignición
550.68 °K (307.68 °C.)

MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE INCENDIO

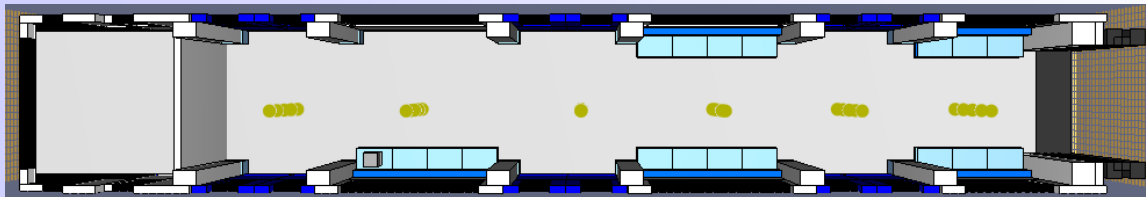
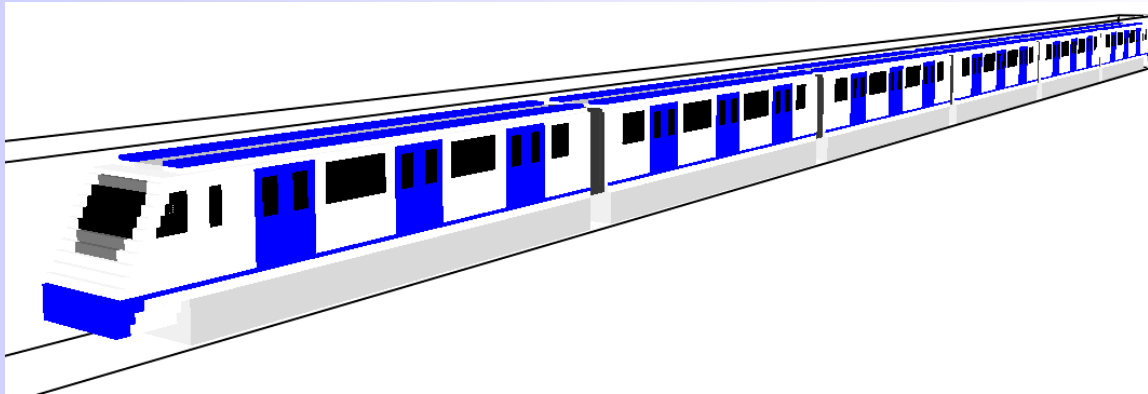
❑ Se consideraron **tres casos de fuente de ignición**

- **chaquetas** en asiento coche motor con cabina
- **mochila** en asiento coche motor con cabina
- **dos bolsas** de mano
 - fuelle de separación entre coches
 - Sobre asiento coche motor con cabina
 - Bajo asiento coche motor con cabina

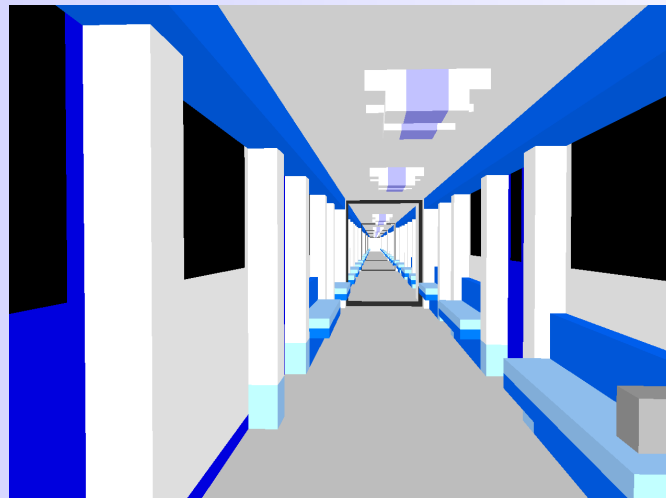


MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE INCENDIO



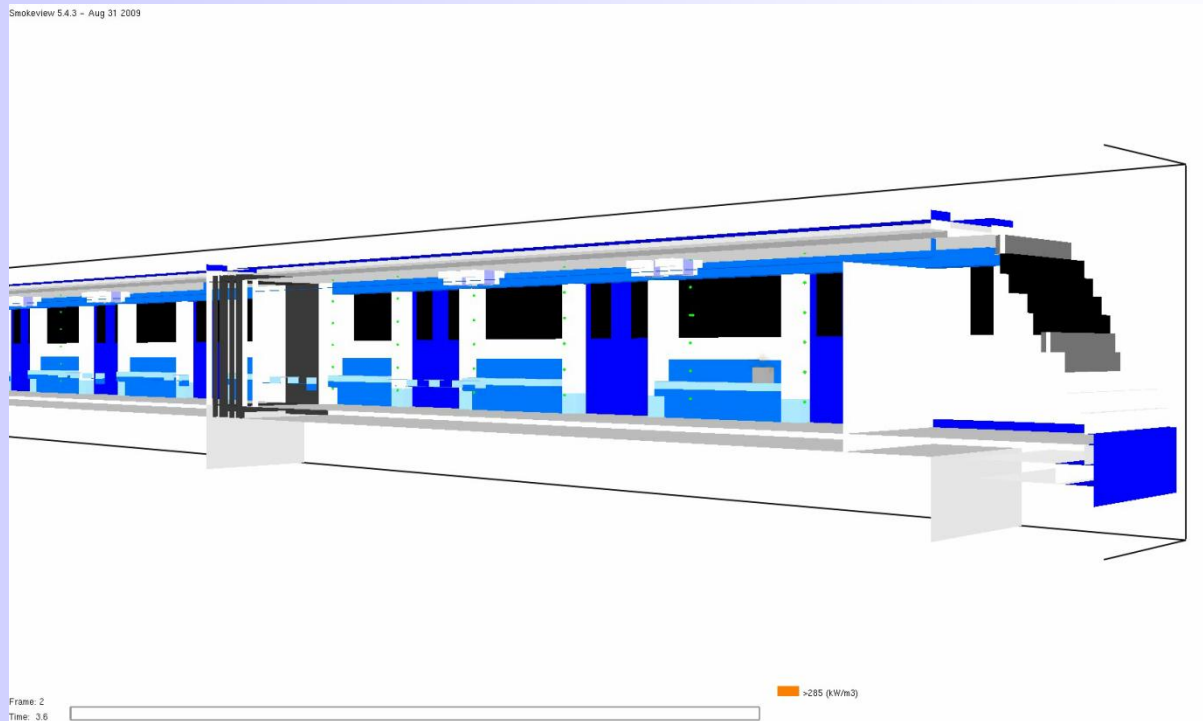
TREN SERIE 3000 DE METRO DE MADRID



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

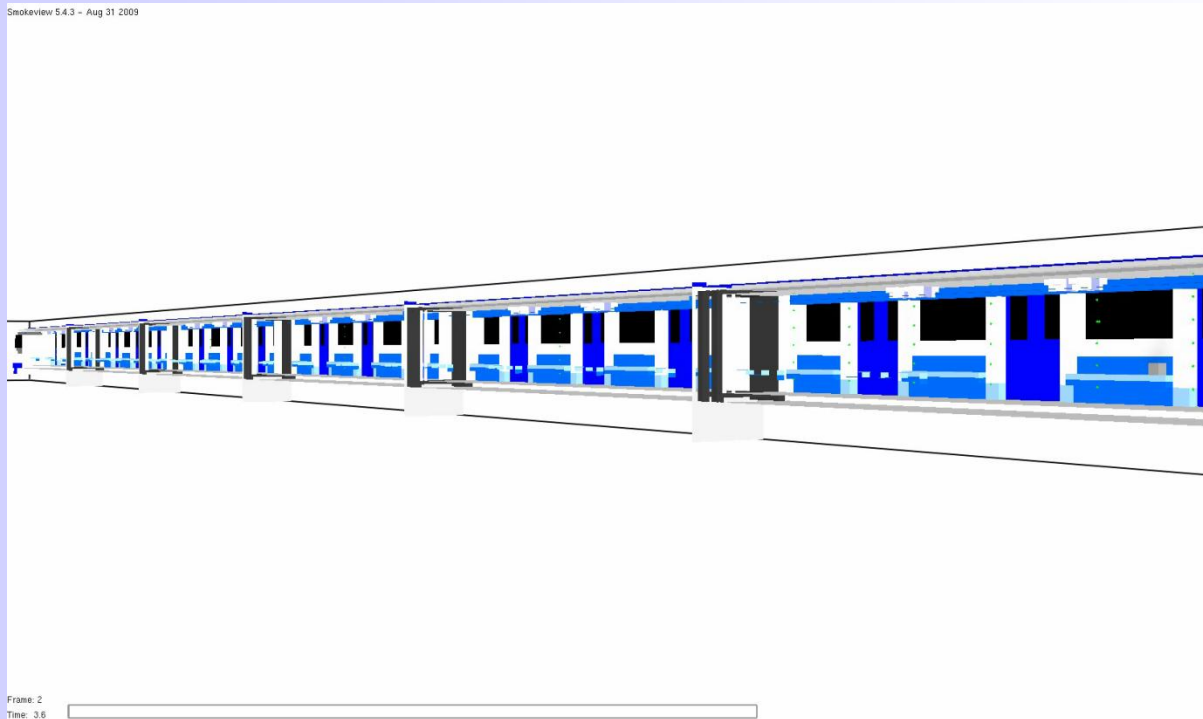
□ 2.1 Propagación del Incendio



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

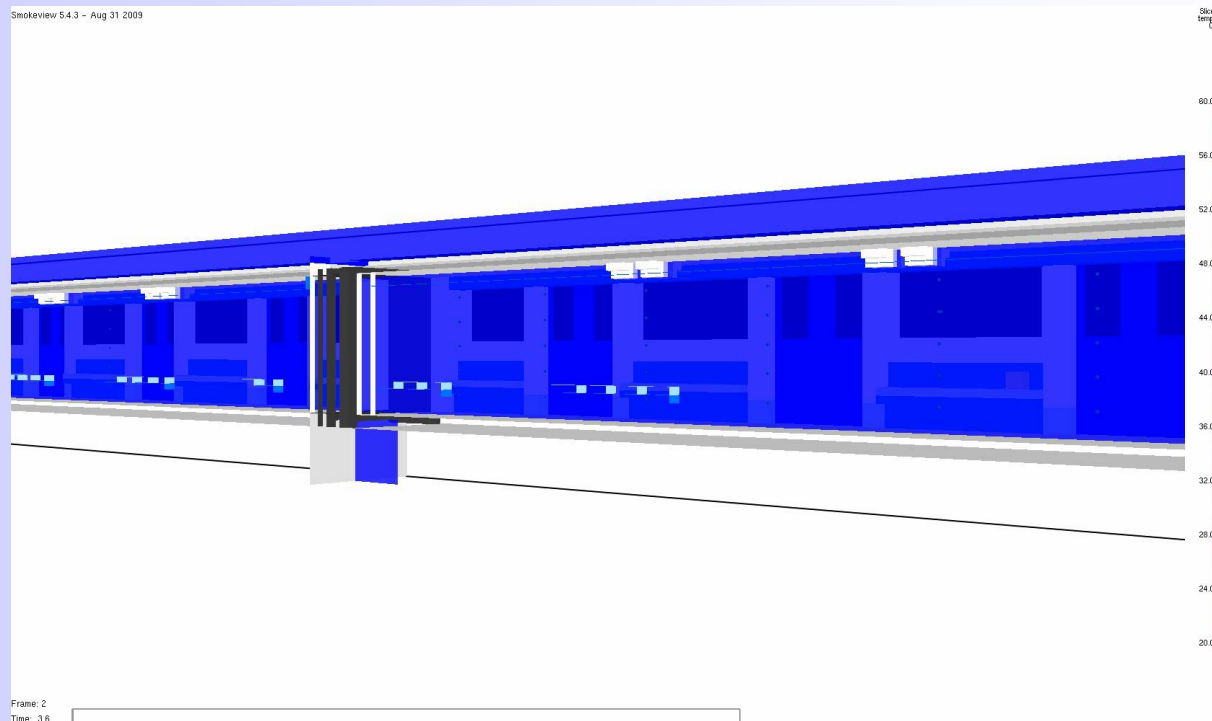
□ 2.2 Movimiento de Humos y Niveles de Visibilidad



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

□ 2.3 Temperaturas



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 1

❑ 1.4 Niveles de Oxígeno y Monóxido de Carbono

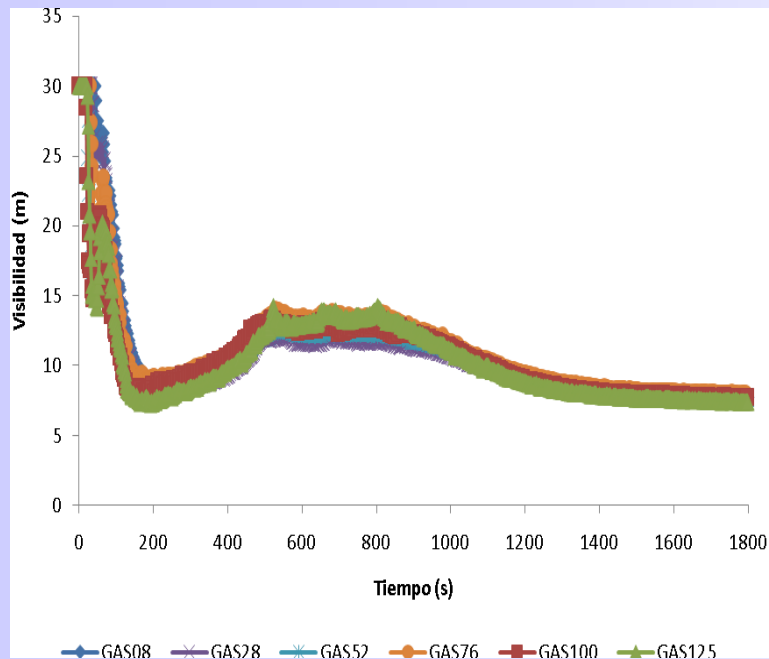


MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

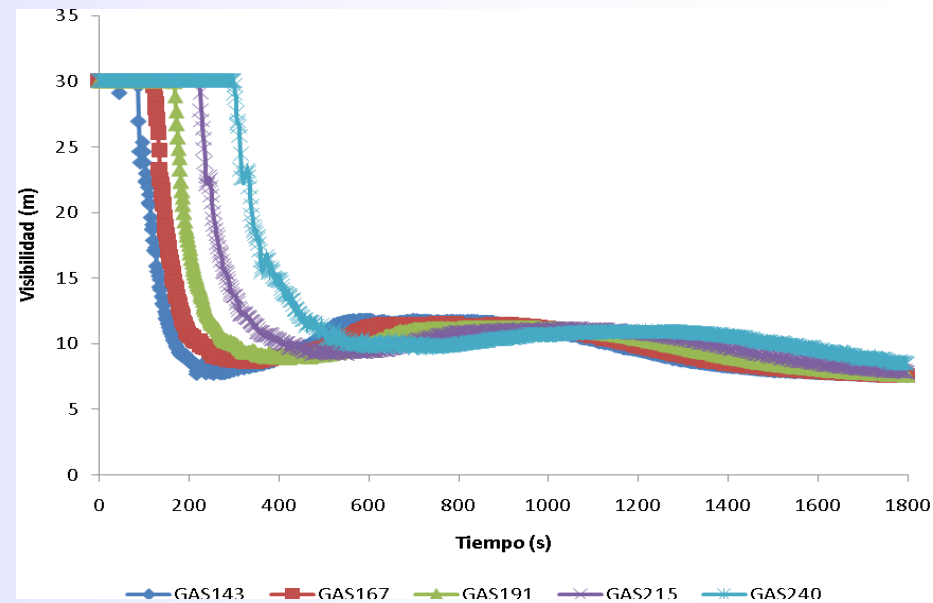
❖ ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 1

❖ . Niveles de visibilidad

coche origen



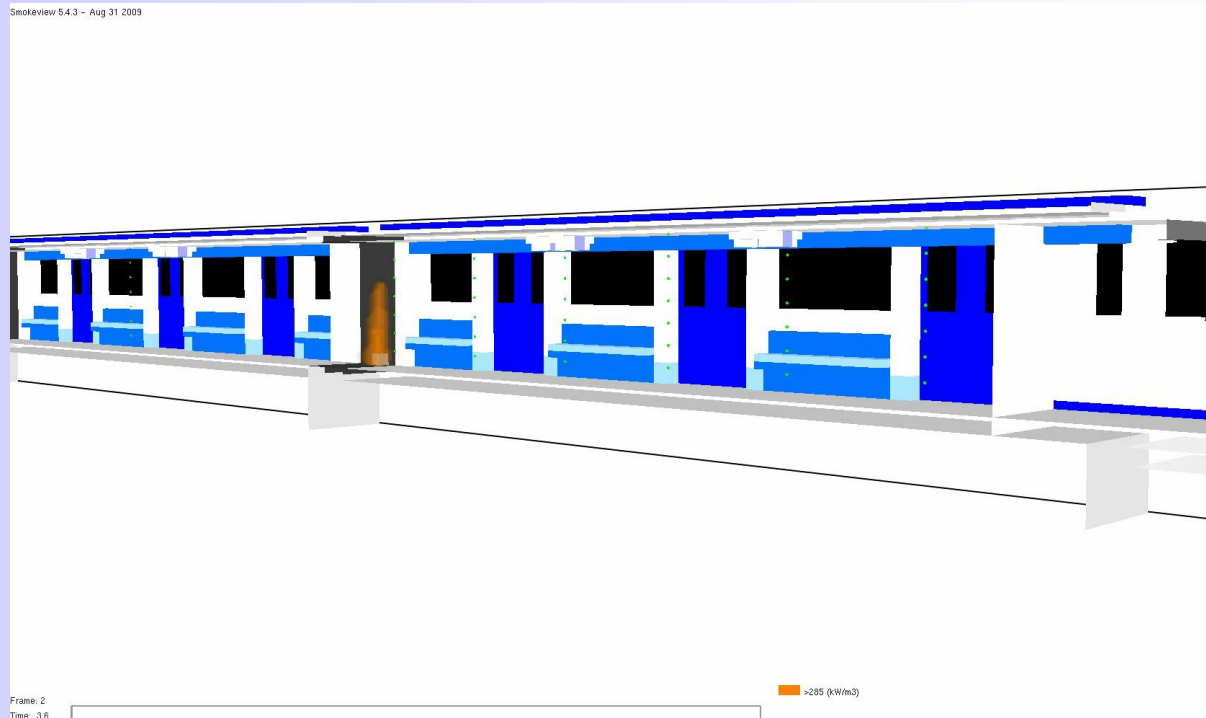
resto coches



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

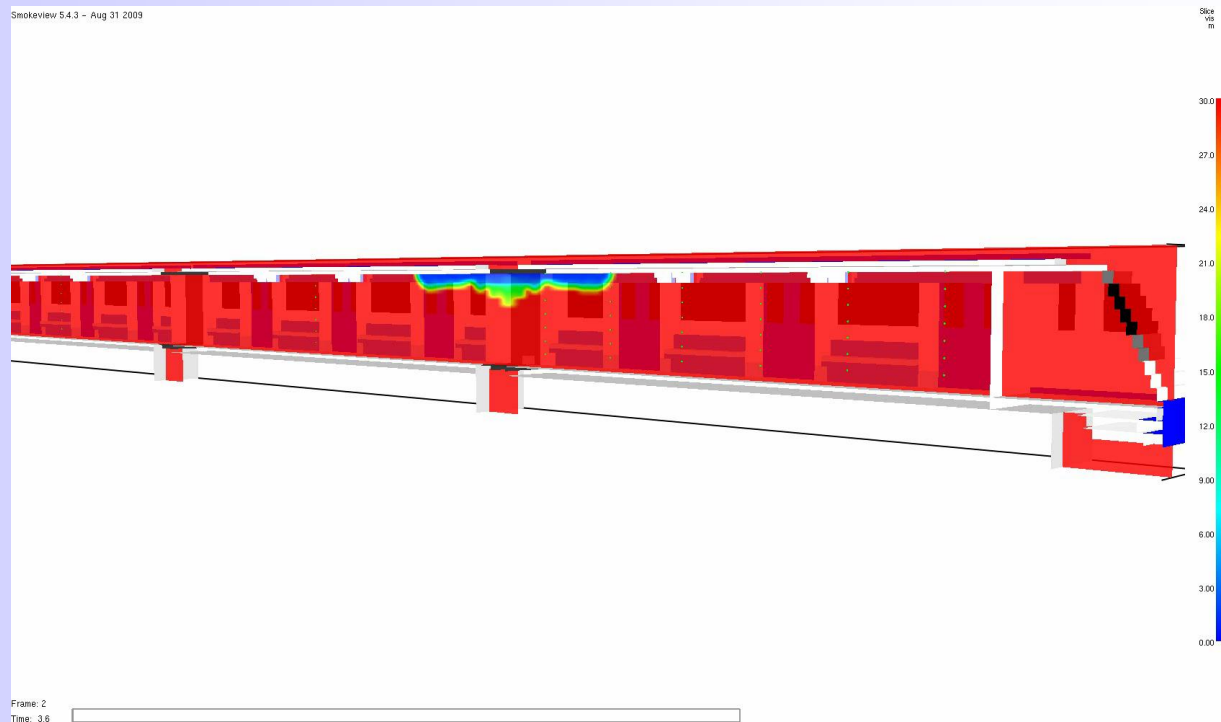
□ 4.1 Propagación del Incendio



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

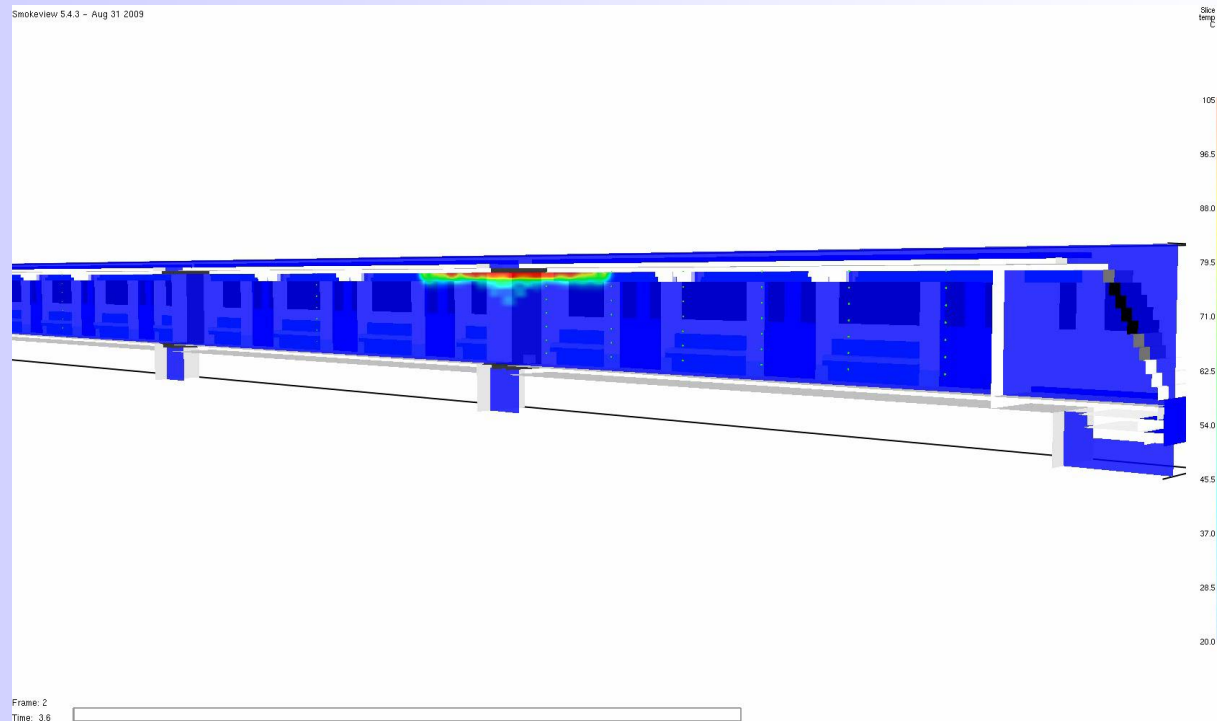
□ 4.2 Movimiento de Humos y Niveles de Visibilidad



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

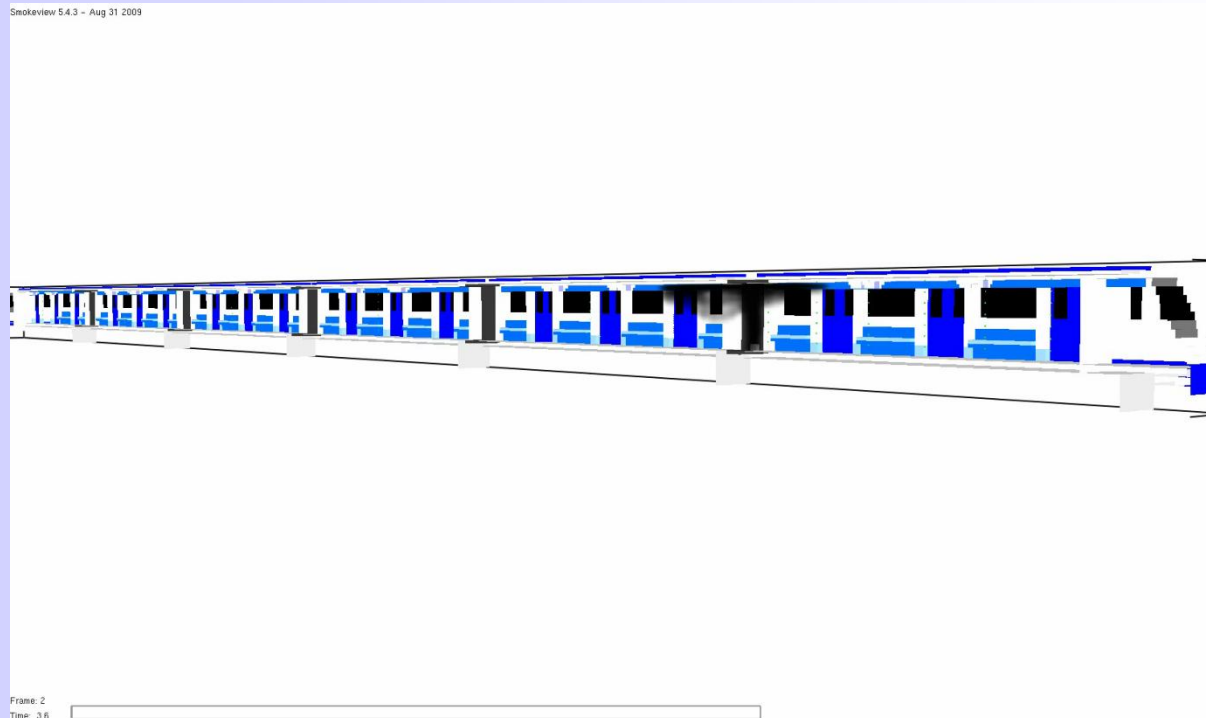
□ 4.3 Temperaturas



MODELADO COMPUTACIONAL DE LOS ESCENARIOS DE INCENDIO EN CONDICIONES DE USO FINAL EN EL TREN

❖ 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO EN EL ESCENARIO DE INCENDIO 3 - CASO 2

□ 4.4 Niveles de Oxígeno y Monóxido de Carbono

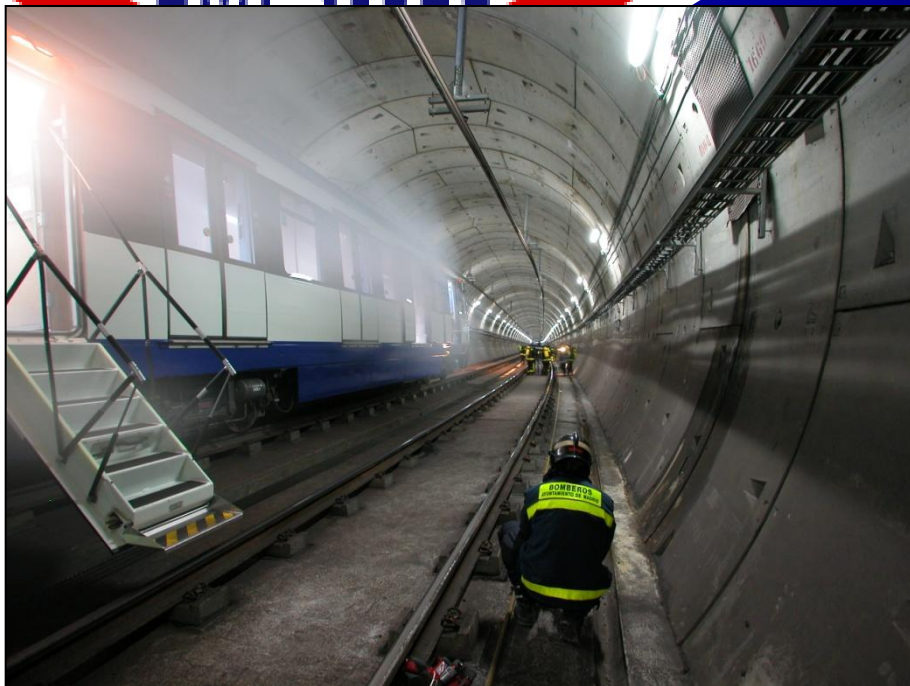


The Metro logo consists of a red diamond shape with a white border. Inside the diamond is a blue rectangle with the word "Metro" in white. The logo is positioned on the left side of a blue banner.

Metro

**ENSAYOS Y
SIMULACROS**

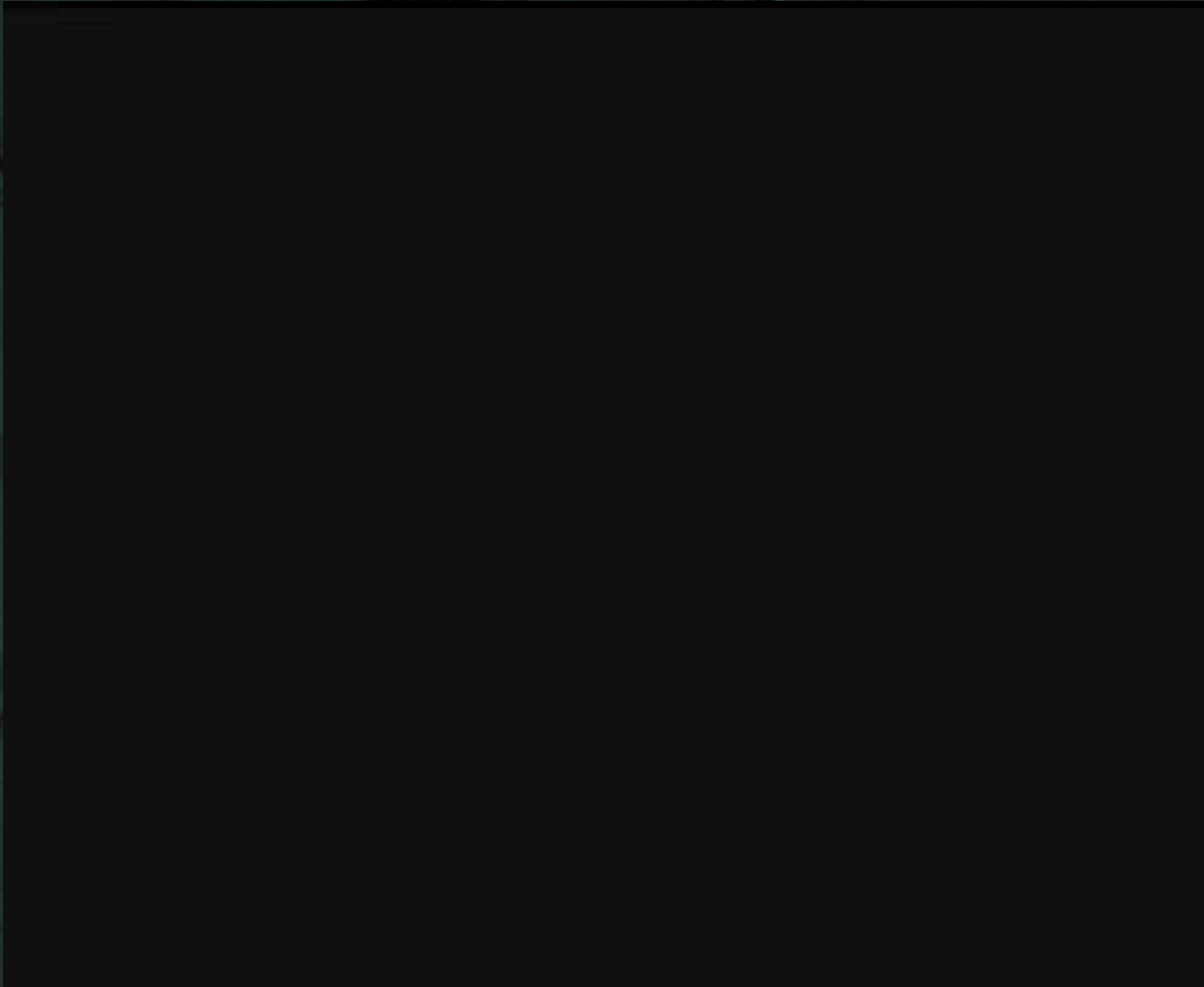
Simulacros



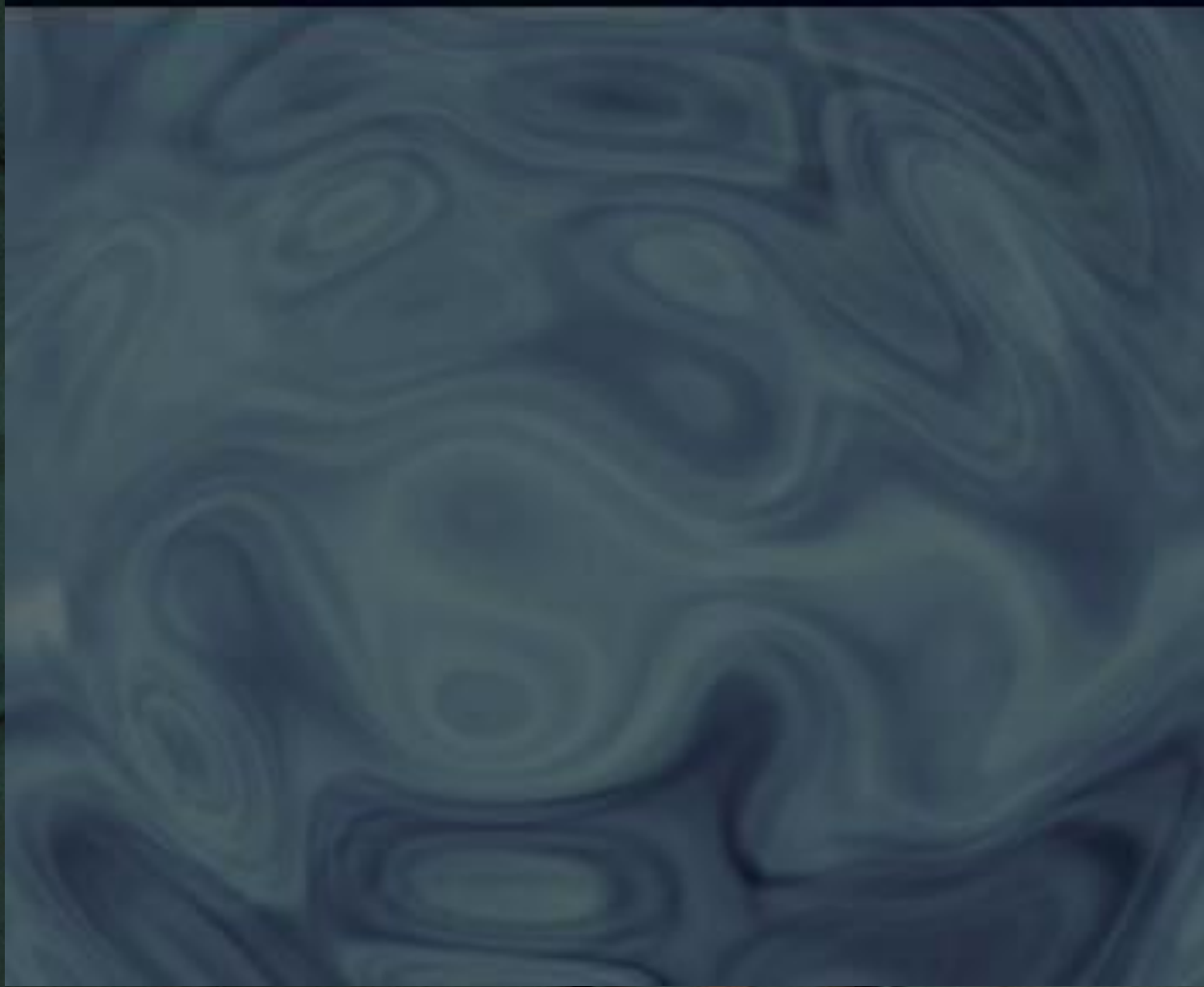
Ensayos



ENSAYO - 1



ENSAYO - 3





**INFORME DE LAS PRUEBAS REALIZADAS
EN EL DEPÓSITO 7 DE METRO DE MADRID
“EL SACEDAL”
EN UN COCHE DE LA SERIE 300**

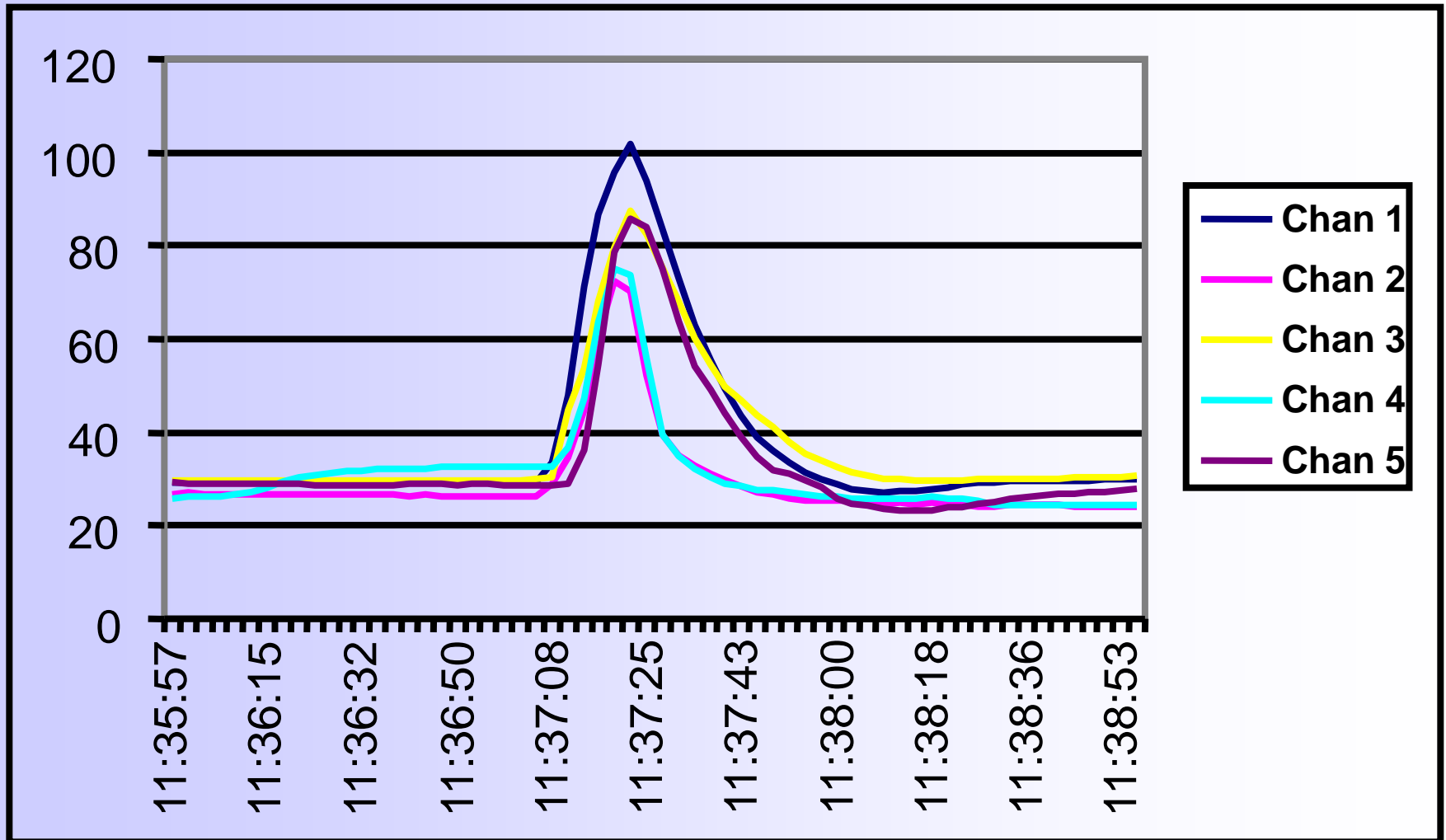
24/06/04



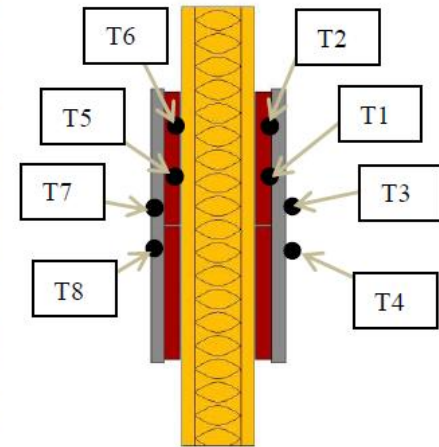
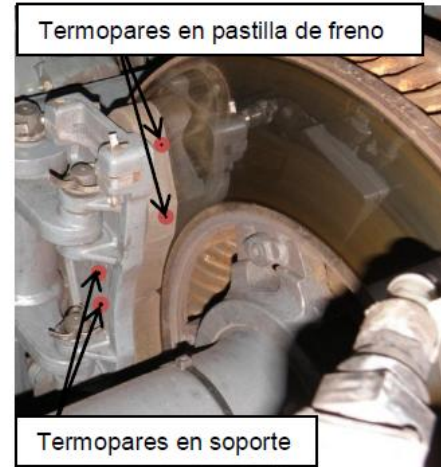
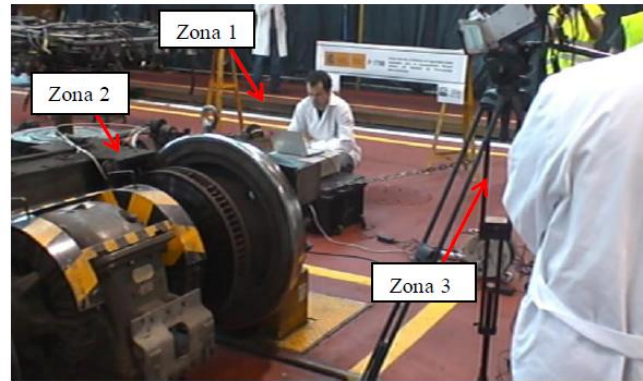
PRUEBAS EQUIPOS MARIOFF SOBRE COCHES S 300 EN DEPÓSITO "EL SACERAL"						Nº 3	
EQUIPO: GPU 3 L			FECHA: 24/06/04		HORA: 11:35		
Nº CABEZAS: 18			FACTOR K TOTAL: 17,5		DIST: sala: 6 cabina: 1		bajobast: 11
HOGARES:DERRAME SOBRE EL SUELO			PRECALENTAMIENTO (seg): 20"		POS. PUERTAS: ABIERTAS		
RESULTADOS							
EXTINCIÓN: SI			SUPRESIÓN:		CONTROL:		
TIEMPO 9"			TIEMPO:		TIEMPO:		
PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO (bar) :				OBSERVACIONES:			
min							
1	80		COMBUSTIBLE: 3 l GASOLINA				
2			TEMPERATURAS (°C): (1)				
3			TIEMPO TOTAL DE DESCARGA (min):				20"
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
(1) Según los datos obtenidos en el registrador Fluke Hydra con 5 termopares							



PRUEBA 3 – GPU 3 L



Cargas Térmicas en el Banco de Pruebas



	Zona de ensayos
Temperatura ambiente ($T_{amb.}$)	23.4 °C
Humedad relativa (HR)	45 %
Temperatura aparente reflejada ($T_{refl.}$)	22.3 °C
Emisividad del material	0.96 ¹

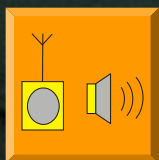


Metro de Madrid, S.A.



LA SOLUCIÓN DE METRO DE MADRID A LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN TRENES DE FERROCARRILES METROPOLITANOS





**RADIOTELEFONÍA
MEGAFONÍA**



**AIRE
ACONDICIONADO**



**INDICADORES
INFORMATIVOS**



**C.C.
TELEVISIÓN**



**ACCESO
MINUSVÁLIDOS**



CAJA NEGRA



**PASILLO DE
DESALOJO**

**SISTEMA INFORMÁTICO
DE AYUDA A LA
CONDUCCIÓN
Y MANTENIMIENTO**



Equipamiento

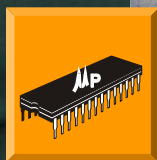
**FACTURACIÓN
DE EQUIPAJES (L-8)**



**TRANSMISIÓN DE
INFORMACIÓN Y
ÓRDENES POR BUS
DE DATOS**



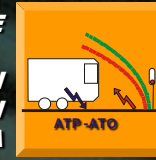
**EQUIPOS DE CONTROL
MEDIANTE
MICROPROCESADOR**



FOTOLUMINISCENCIA



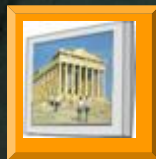
**EQUIPOS DE
CONDUCCIÓN
DE TREN
Y PROTECCIÓN
AUTOMÁTICA**



**SISTEMA
ANTICLIMBER**



**VIDEO
ENTRETE-
NIMIENTO**



**PASILLO DE
INTERCIR-
CULACIÓN
ENTRE COCHES**



**EQUIPO DE
ELECTRÓNICA
DE POTENCIA
POR IGBT**



**DETECCIÓN
Y EXTINCIÓN
DE INCENDIOS**



ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

SISTEMA DE DETECCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (SDPI)

Objeto SDPI

- detectar precozmente
- comunicar suceso
- activar la extinción

Características

- Robusto de construcción.
- Simple de funcionamiento.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Eficaz

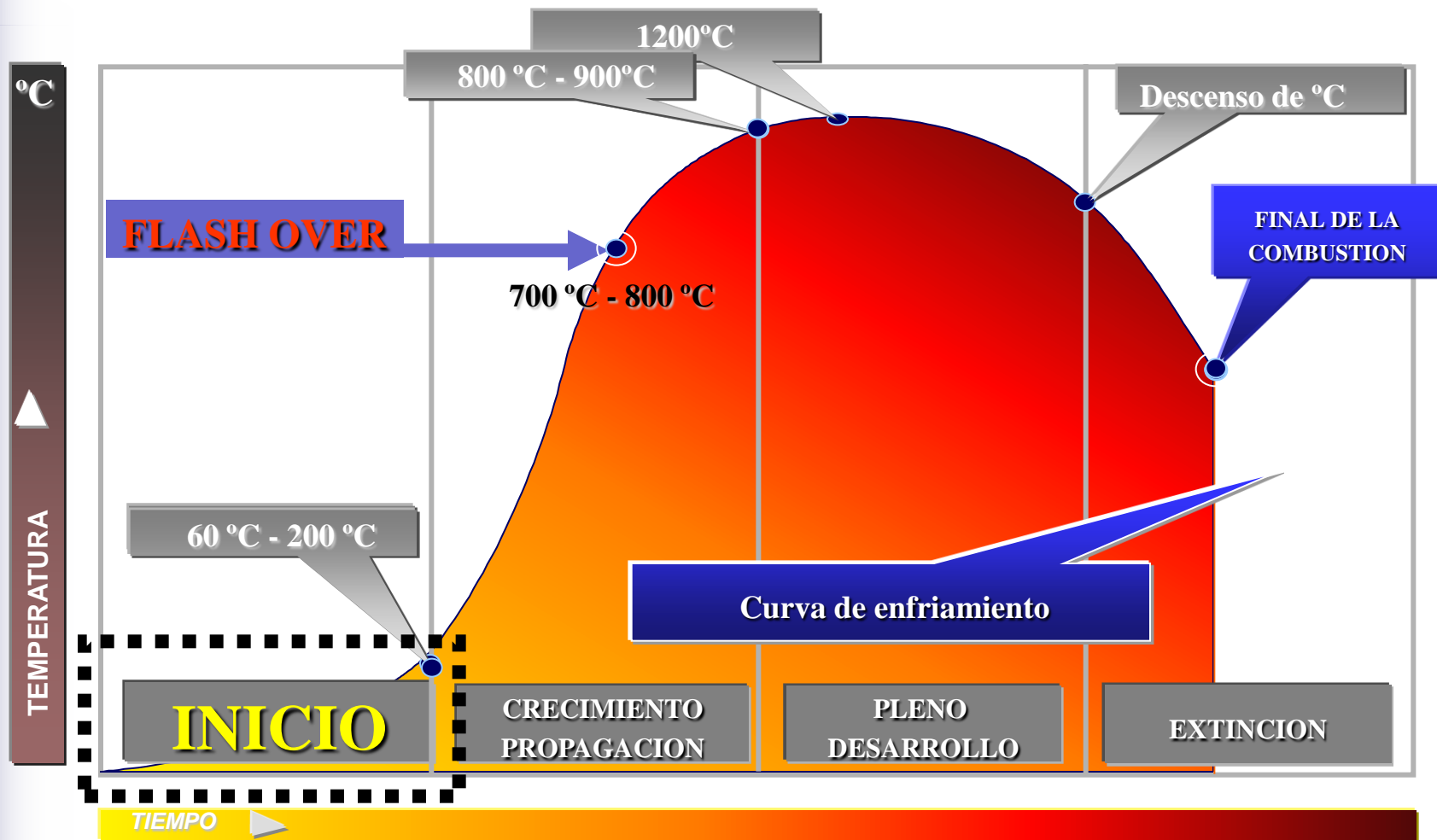
Elementos del sistema

- Central de Control y Gestión del SDPI
- Sistema de Detección.
- Sistema de Extinción.

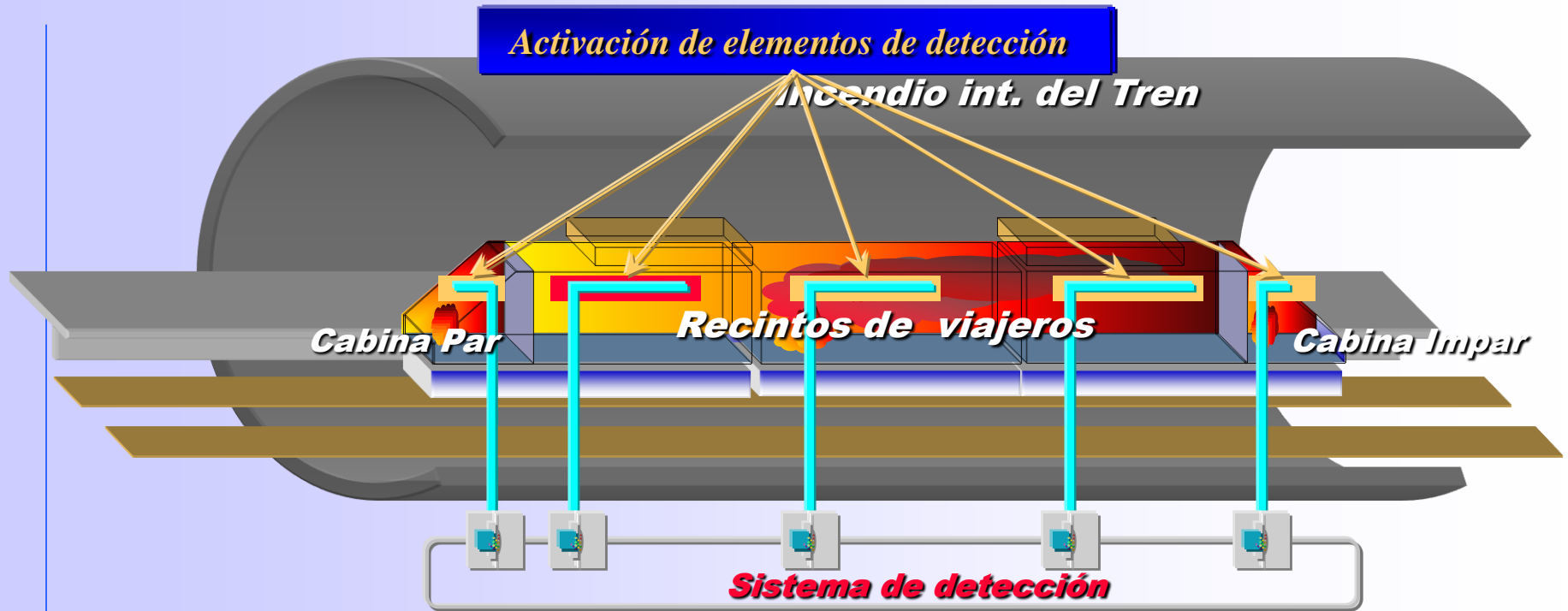
The Metro logo consists of a red diamond shape with a white diamond inside it. A blue rectangle is superimposed over the center of the white diamond.

Metro

Sistemas de Detección







***Varias zonas de detección
Un solo sector de incendio***

Difficulties

Discriminate extinction zone

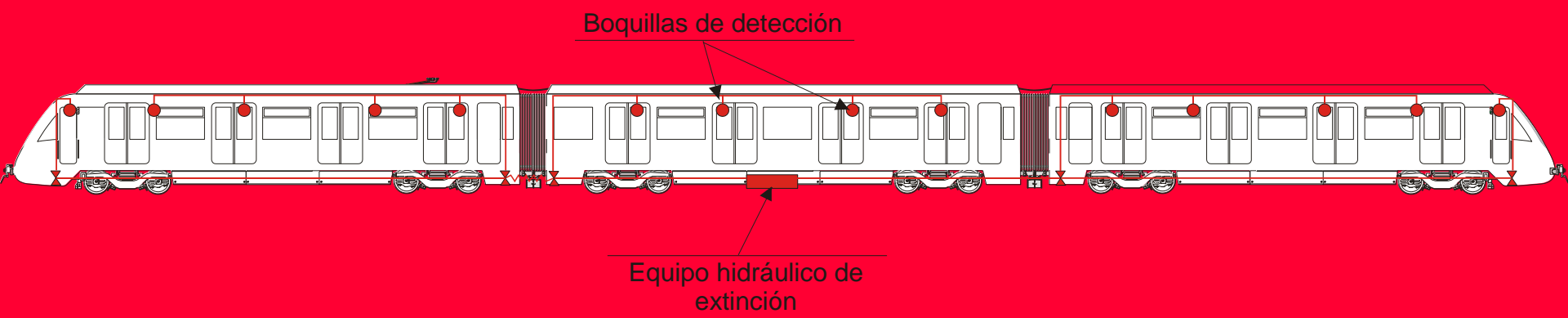
Automatic processes of fire extinguishing associated with zones (It is necessary to weigh large volumes)

Difficulties

No special considerations are raised:

The fire sectors correspond to the same detection - extinction zones

La unidad de aspiración de alta sensibilidad



ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

EQUIPO DE DETECCIÓN EN RECINTOS HABITADOS

El sistema de detección es el de aspiración, con cámara láser para análisis del aire continuo. (DETECCIÓN PRECOZ)

DETECCIÓN EN EQUIPOS ELÉCTRICOS BAJO BASTIDOR

Protege los siguientes equipos eléctricos:

- Motores
- Convertidor auxiliar
- Ondulador de tracción
- Cofre AT
- Seccionador
- Disyuntor

The Metro logo consists of a red diamond shape with a white diamond inside it. A blue rectangle is superimposed over the center of the white diamond.

Metro

Sistemas de Extinción

ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

SISTEMA DE EXTINCIÓN

Por inundación total : **agua nebulizada a alta presión.**

Protege CABINAS CONDUCTOR Y RECINTO VIAJEROS

Composición del equipo

- Un grupo de bombeo
- Agente propulsor aire comprimido
- Agente extintor agua potable
- Un conjunto de válvulas
- Un conjunto de boquillas nebulizadoras abiertas.
- Un colector y red de tuberías
- Boquillas nebulizadoras

ACTIVACIÓN DEL SISTEMA

- Disparo automático.
- Disparo de emergencia.
- Extinción en cabina de conductor (con presencia de conductor).

Caracterización de los riesgos

¿ Qué riesgos hay que proteger ?



Cabinas de conducción

Solo 2 sectores de incendio

(Las zonas de extinción $R_{c\ par} + R_{c\ impar}$ coinciden con las de detección)

Recinto de viajeros

Sectores de incendio únicos con varias zonas (Simultaneidad de disparo)

Inundación total (Tiempo descarga)

Zona bajo bastidor

¿ Es necesario un sistema de detección y/o extinción ?

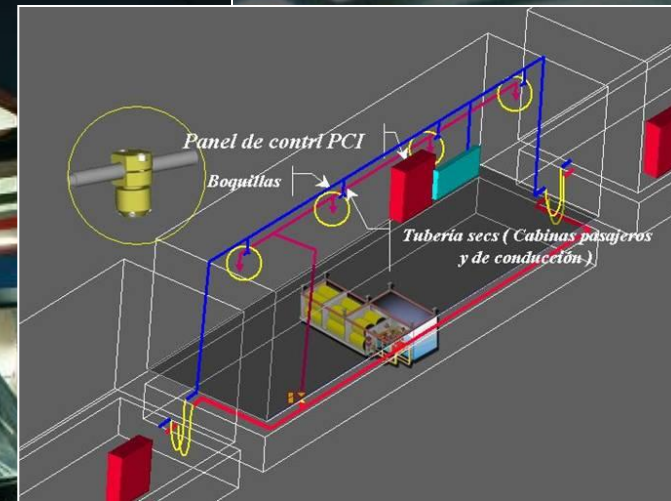
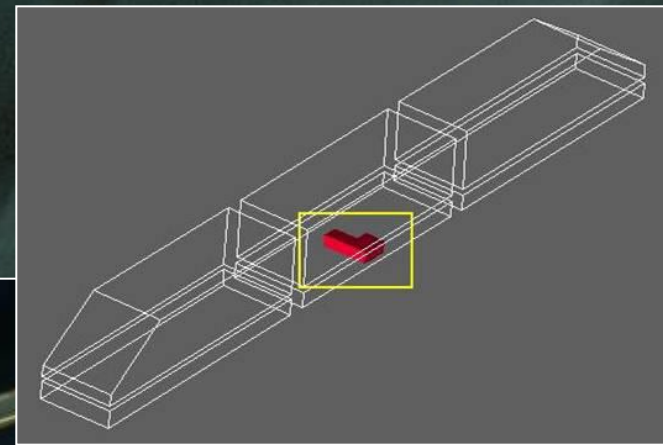
¿ Son viables ?

Otras medidas (Recirculación aire recinto viajeros)

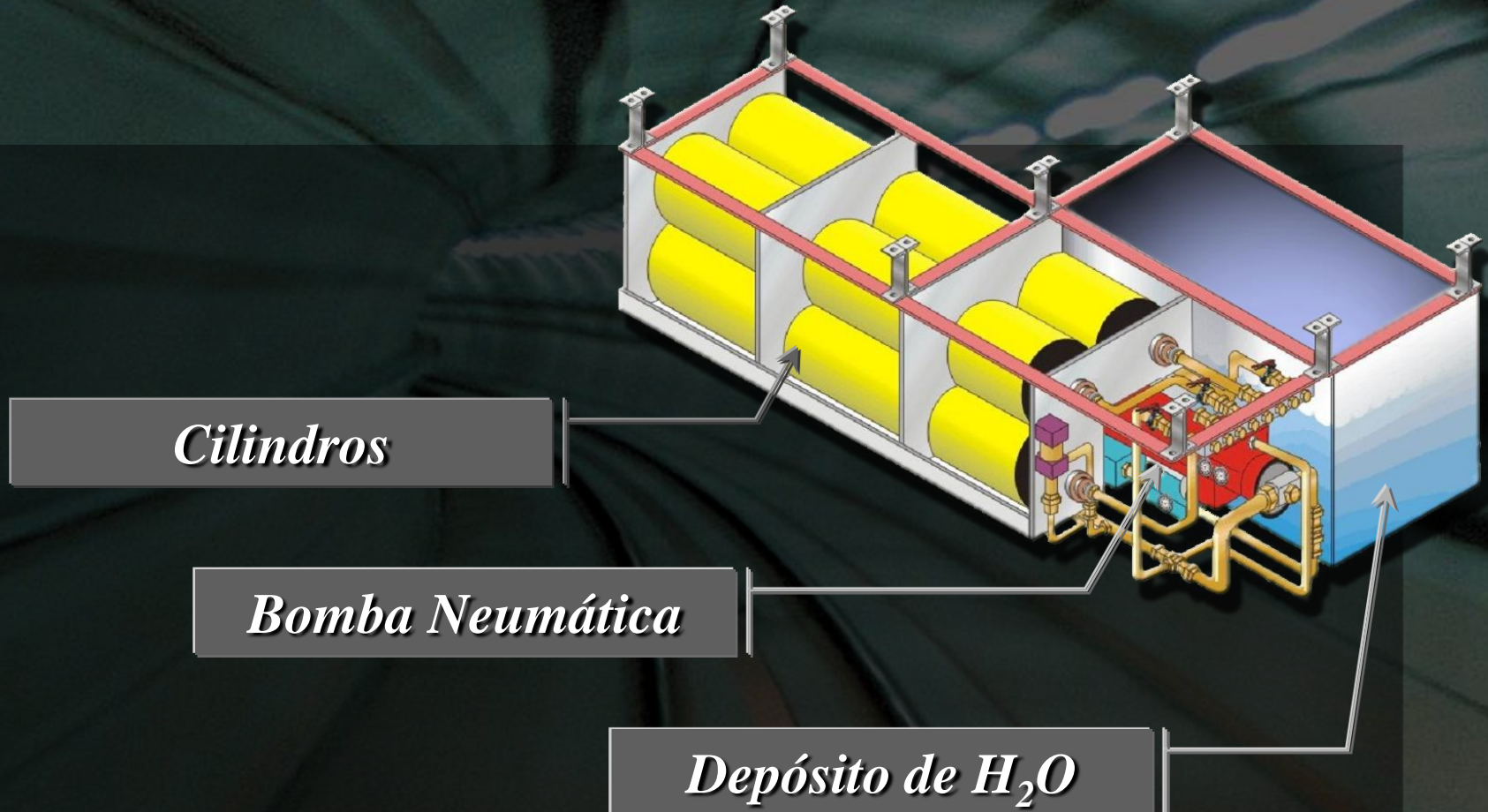
La unidad de extinción



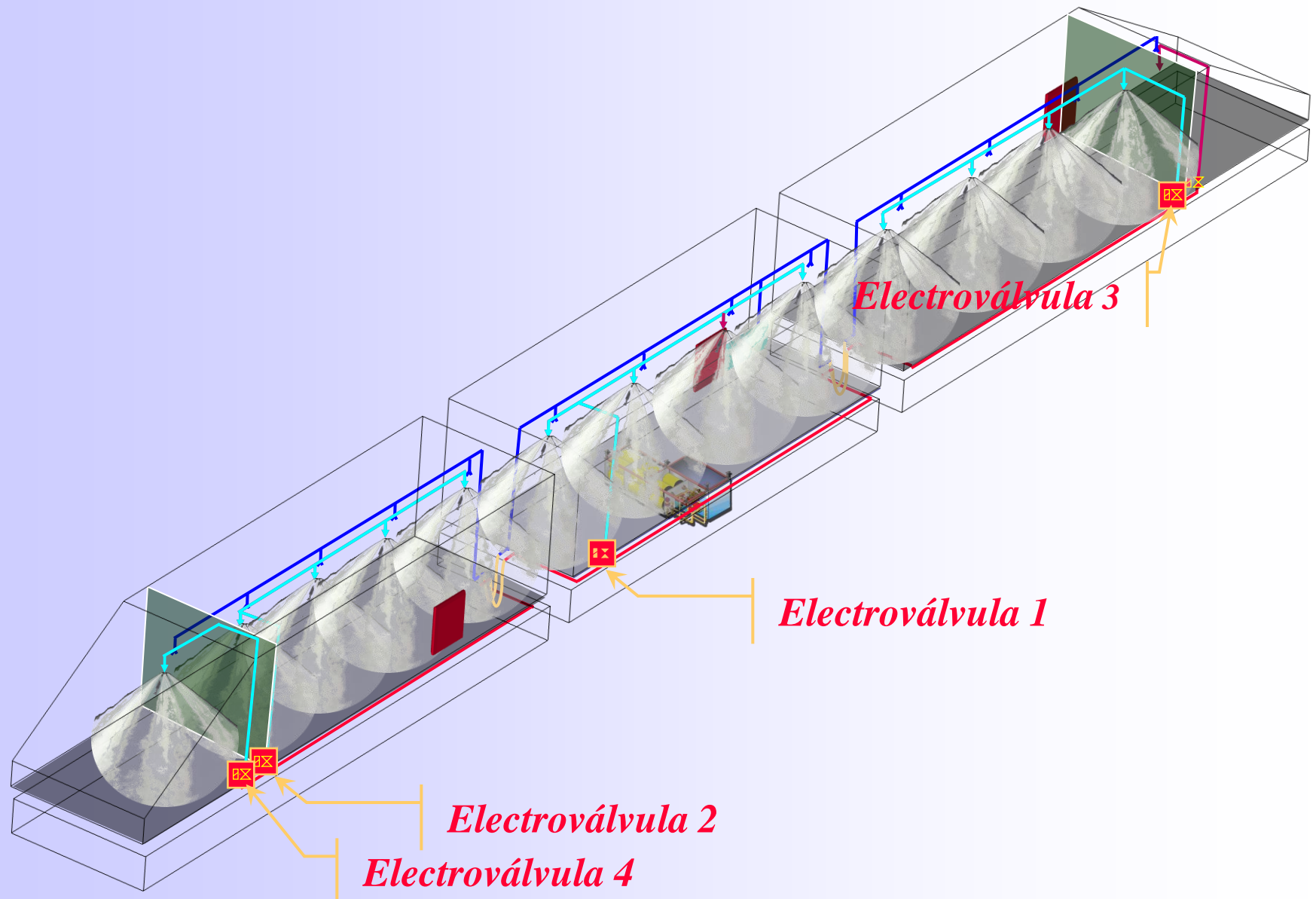
Unidad Central de Extinción



Principales componentes del sistema



SISTEMA DE EXTINCIÓN POR AGUA NEBULIZADA ACTIVADO

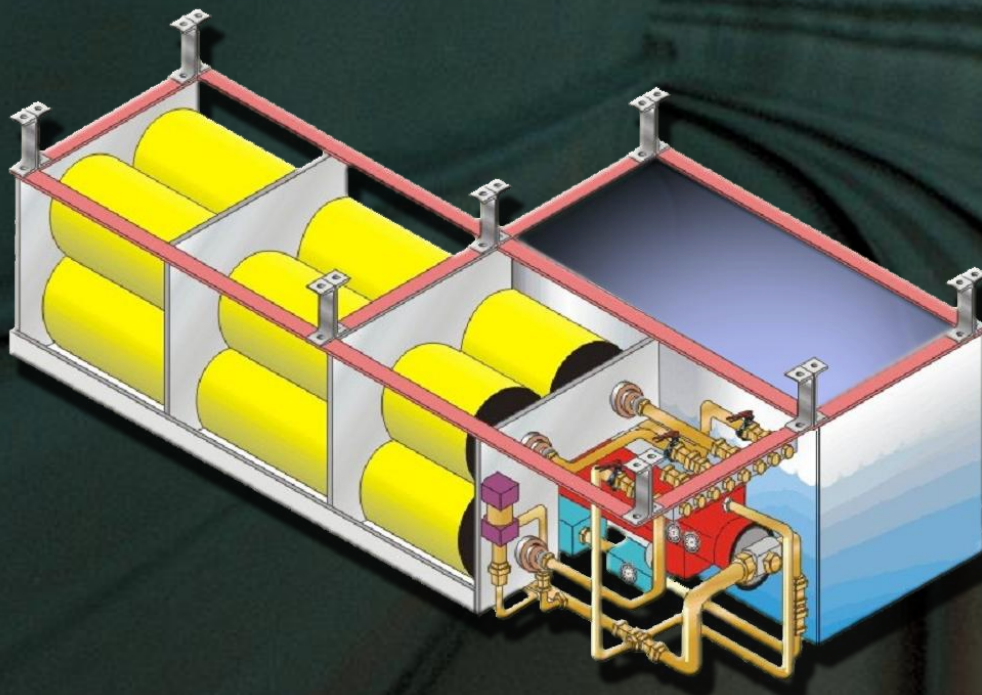
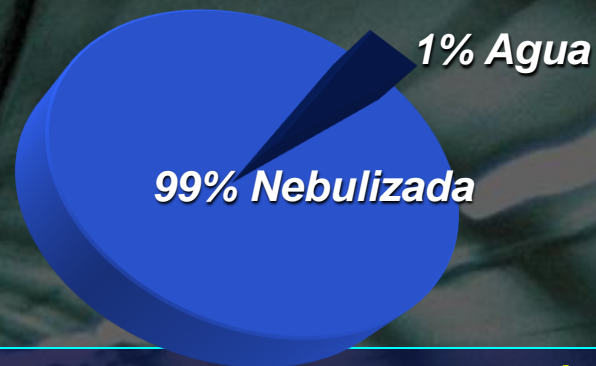
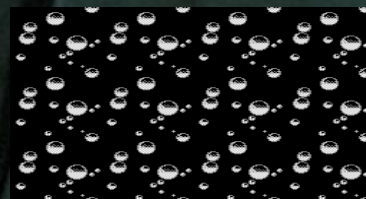


EXTINCIÓN

- Técnica de extinción por agua nebulizada.
- Agente extintor agua, ecológico y sin limitaciones futuras.
- Inocuo para personas y equipos.
- Elevada capacidad de enfriamiento.
- Tamaño de gotas $\varnothing < 1000$ micras.
- Proceso de extinción bicanal (por bus y por cableado convencional).
- Economía de consumo de agua (10 veces menos que otros sistemas).
- Reducción de temperatura y calor radiante.
- Lavado de humos y gases.
- Volumen embarcado, 300 litros de agua para 3 coches.
- Cuatro boquillas de extinción por coche.



La energía para la impulsión de la bomba neumática aporta una ventaja adicional, ya que el hecho de **seleccionar la mezcla de agua y aire comprimido como agente extintor**, une a su alto grado de eficacia, su inocuidad, tanto para los viajeros como para el medio ambiente, ya que **únicamente utiliza agua nebulizada** como agente extintor.



El **grupo de bombeo es único para cada unidad móvil**. Dicho grupo de bombeo comprende una unidad de almacenamiento de fluido de extinción y un conjunto de elementos de impulsión de dicho fluido. Las reducidas dimensiones de todos los componentes de almacenamiento e impulsión de agua, posibilitan un montaje compacto **perfectamente integrado con el resto de sistemas eléctricos y neumáticos de la unidad ferroviaria**.



METRO DE MADRID S.A.

Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA



Unidad Central de Extinción



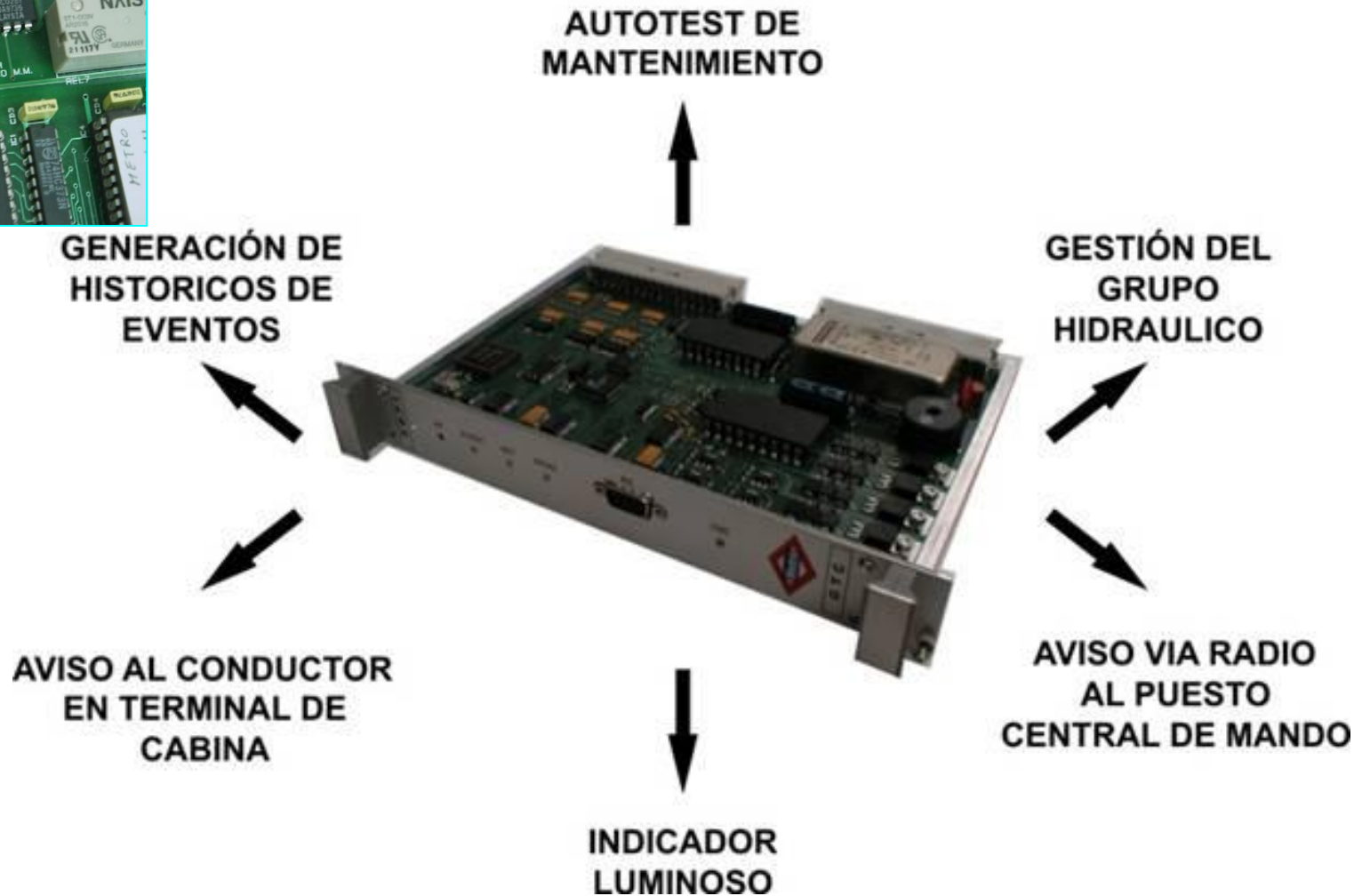
Simulación de descarga de agua nebulizada

Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA

La Unidad de Control



Gestión de la Señal de Alarma por medio de LA TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL



ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

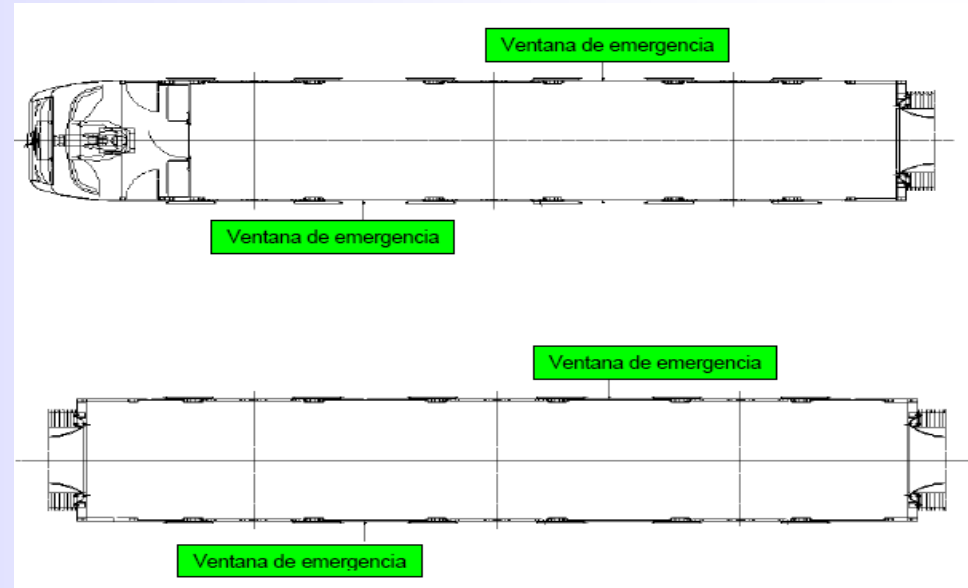
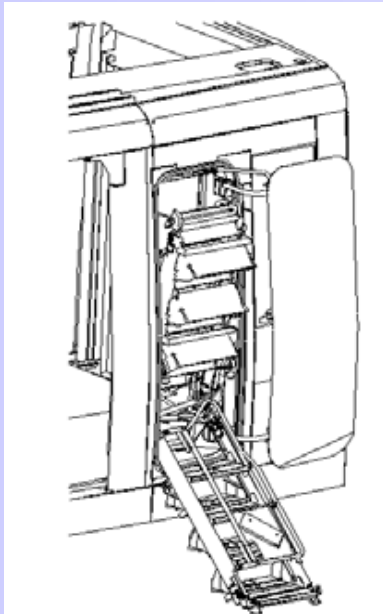
CONCEPTOS ADICIONALES DE DISEÑO

- CONCEPTOS DE SUPERVISIÓN Y DIAGNÓSTICO
- SISTEMAS DE MANDO DE LA EXTINCIÓN
- MITIGACIÓN
 - MEDIOS DE COMUNICACIÓN
 - Sistema de radiocomunicaciones TETRA
 - Intercomunicadores Viajero- Cabina Puesto Central
 - MEDIDAS ADICIONALES EVACUACIÓN . CEN/TS 45545
 - SISTEMA DE ALARMA DE VIAJEROS.
 - Tiradores de emergencia
 - SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE EMERGENCIA
 - APAGADO DE VENTILACIÓN FORZADA
 - EXTINTORES

ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

EVACUACIÓN Y RESCATE
SALIDAS EN CASO DE ACCIDENTE
SALIDAS DE EMERGENCIA

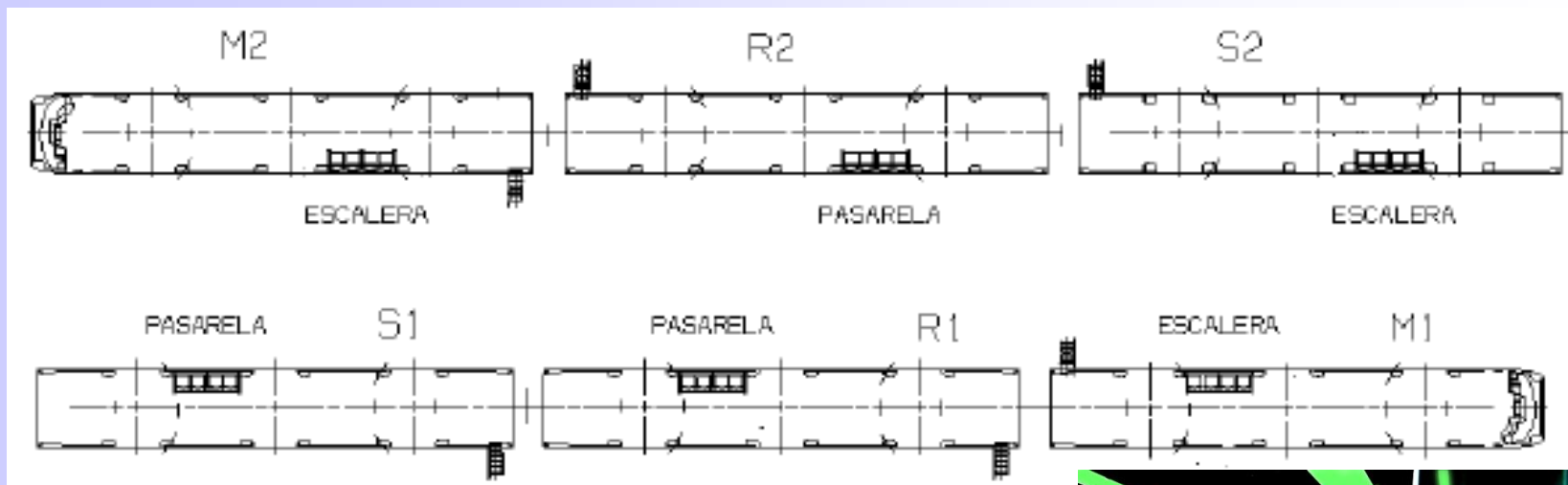
ESCALERAS DE EVACUACIÓN



ENFOQUE Y APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN VEHÍCULOS FERROVIARIOS

ESCALERAS Y PASARELAS PORTÁTILES DE EVACUACIÓN

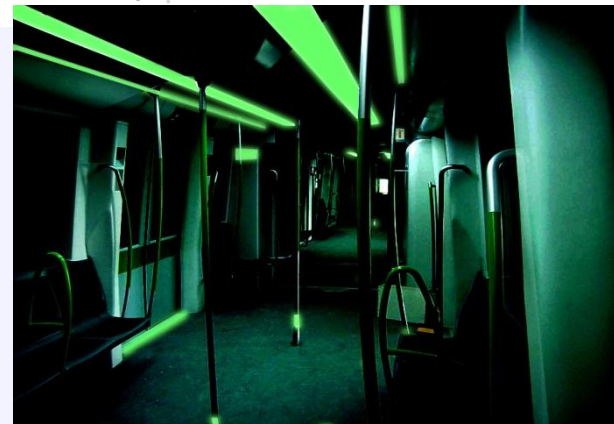
La escalera portátil



SEÑALIZACIÓN FOTOLUMINISCENTE

BANALIZACIÓN

PICTOGRAMAS SEÑALIZACIÓN



LUCHA PREVENTIVA Y ACTIVA CONTRA EL FUEGO

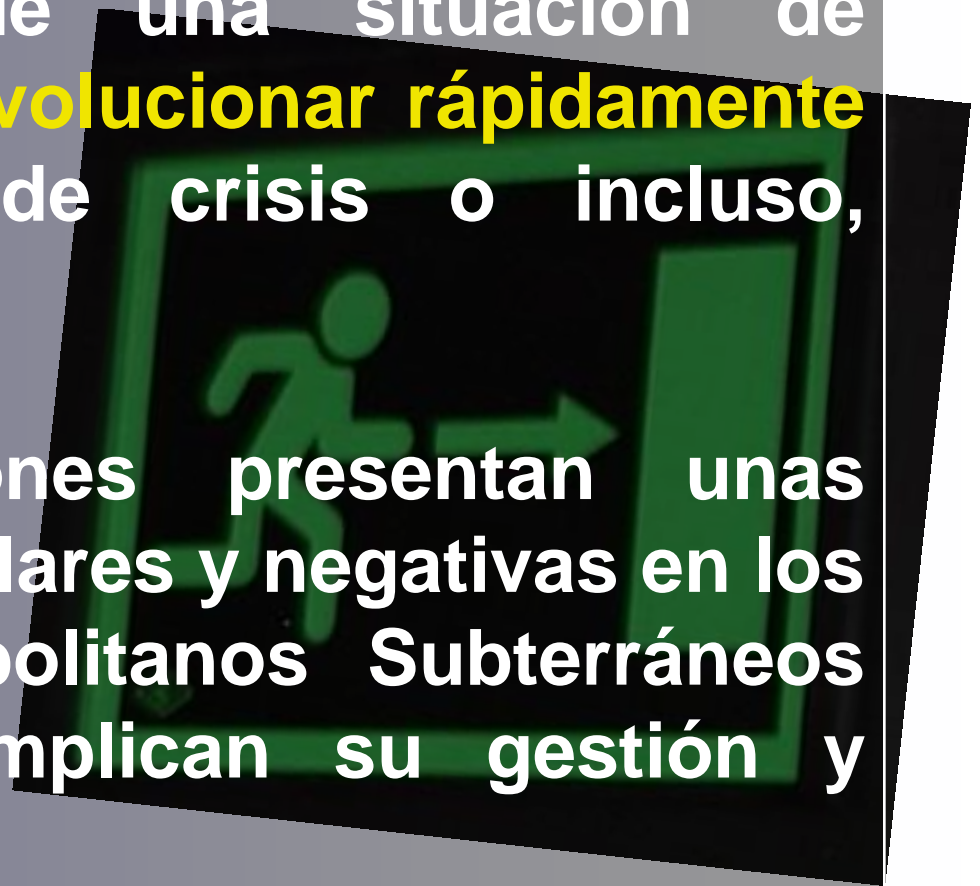


- Señalización y comunicaciones
Carteles informativos, **iluminación de emergencia y fotoluminiscente**.
- Información fotoluminiscente visible **en condiciones de falta de alumbrado**, ubicación de esta señalización, aplicación decorativa, compatibilidad con los recubrimientos y pintura actuales.
- Comunicaciones habladas y escritas.



La presentación de una situación de emergencia **puede evolucionar rápidamente** hacia un estado de crisis o incluso, catastrófico.

Estas situaciones presentan unas características singulares y negativas en los Ferrocarriles Metropolitanos Subterráneos que agravan y complican su gestión y resolución.



CONSIDERACIONES INICIALES SOBRE LAS SITUACIONES DE CRISIS

Las verdaderas capacidades de una organización son realmente puestas a prueba en términos de respuesta en una situación de crisis.



Definición de Crisis:

Cambio brusco que se produce a partir de una situación de normalidad y **que puede derivar en catástrofe** afectando a las personas, viajeros y empleados, instalaciones, patrimonio, servicio prestado e imagen de la Organización.

Características:

- Información inicial escasa y fragmentada.
- Dificultad intrínseca de control de la situación.
- Limitación de tiempo para la toma de decisiones.
- Cambios veloces en las situaciones.
- Imprevisión sobre los actuantes.



¿ Cuales son los objetivos ?

¿CUANDO?

¿QUÉ HACER ?

¿CÓMO?

¿DÓNDE?

¿QUIÉN?

Fases de Diseño

Instalaciones

Comunicaciones

Sistemas de Detección

Sistemas de Extinción

Ventilación

Vía

Señalización Ferroviaria

Alumbrado

Etc...







Salida



2↓

C. Caminos

Bibliometro ↓

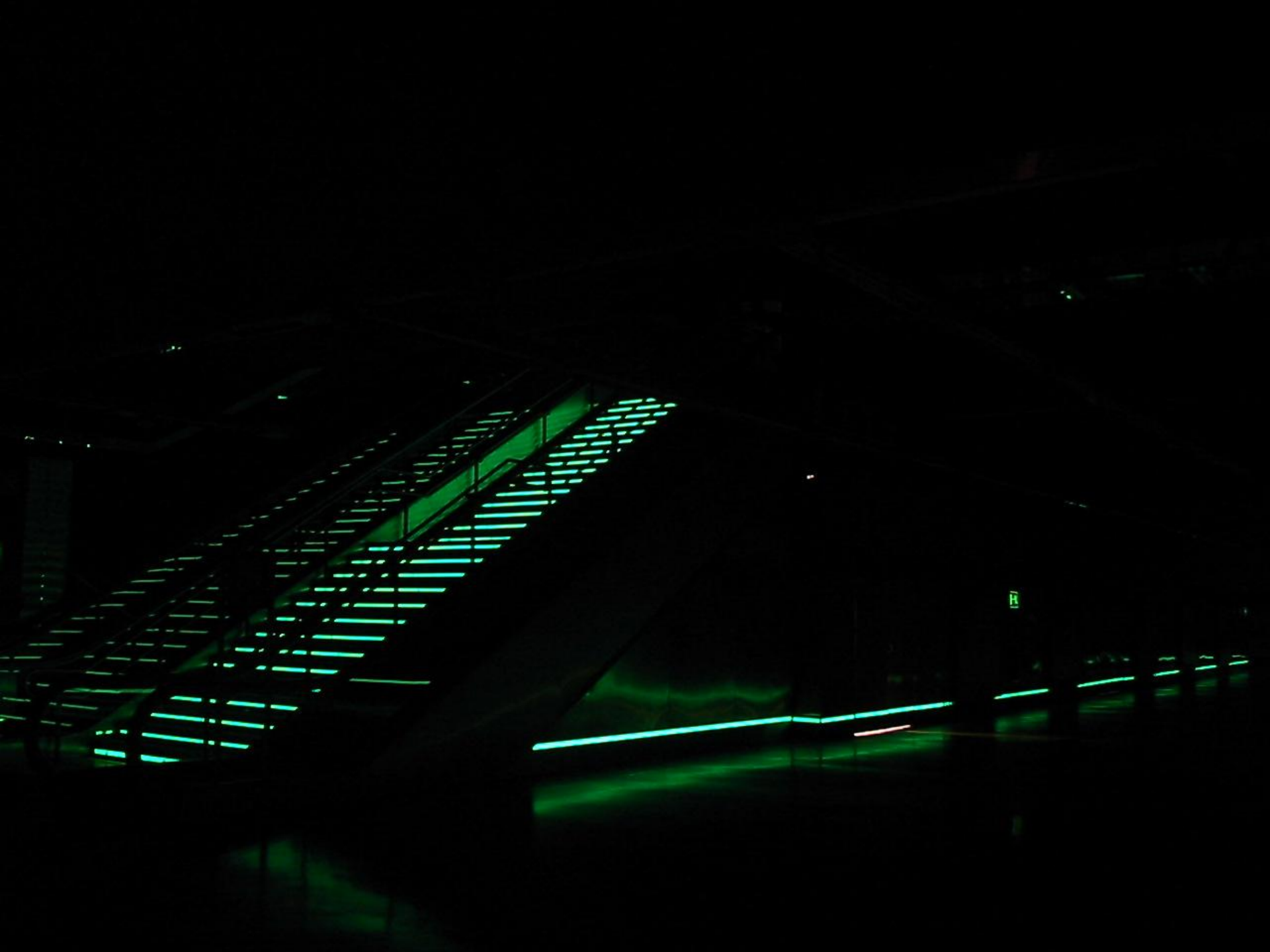
2













Salida
↓
2
C. Caminos



←2
ENTRADA









Salida



ABIERTOS A LA IMAGEN

Más de 400 millones de personas
nos ven anualmente
Nuestro de Madrid

Polimedia
Polimedia





METRO DE MADRID S.A.

Elementos que faciliten y permitan la evacuación



Caminos de Evacuación

Señalización de emergencia en los túneles

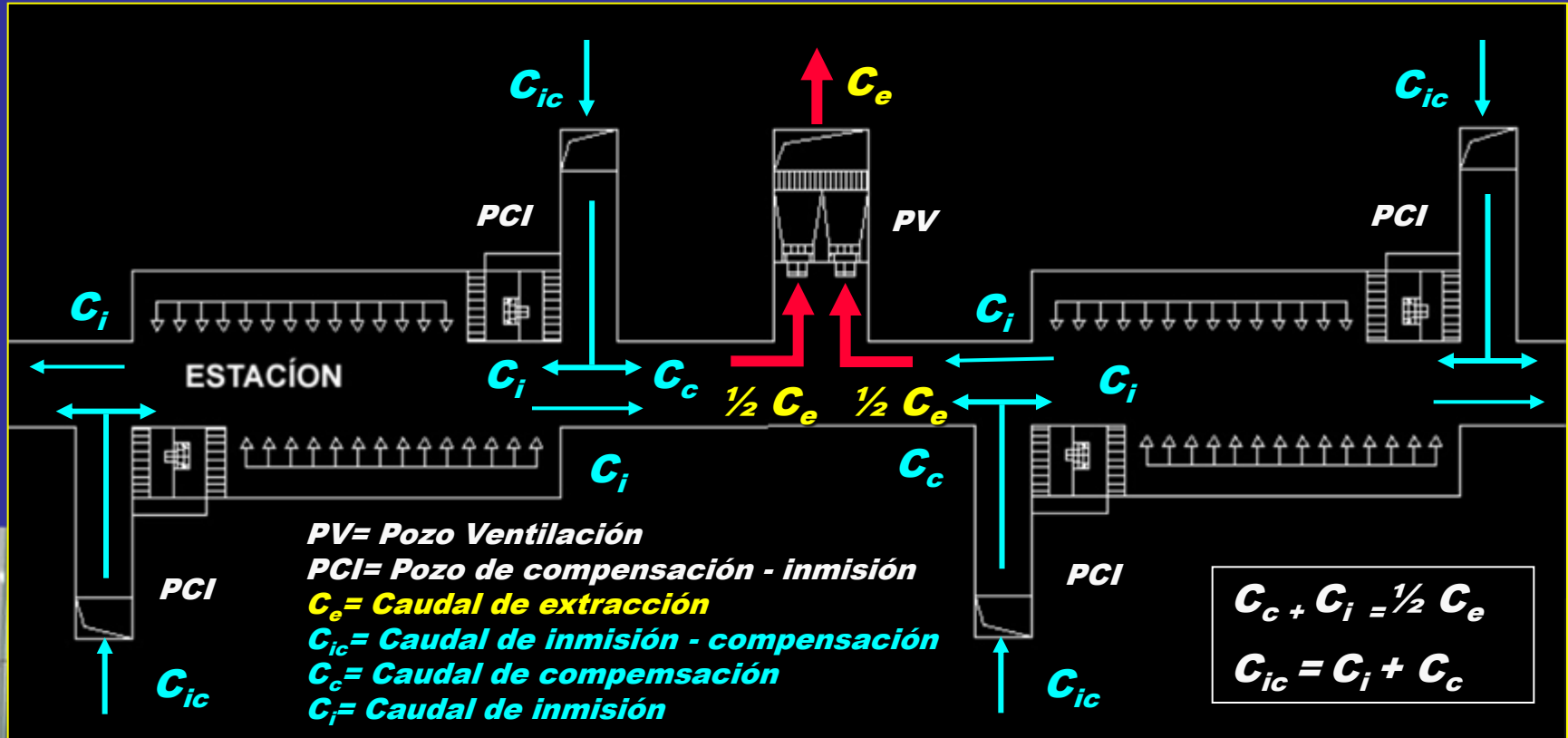
VENTILACIÓN

Importancia de la ventilación y la operación de la misma en casos de emergencia por incendio



VENTILACIÓN

Esquema del sistema de ventilación



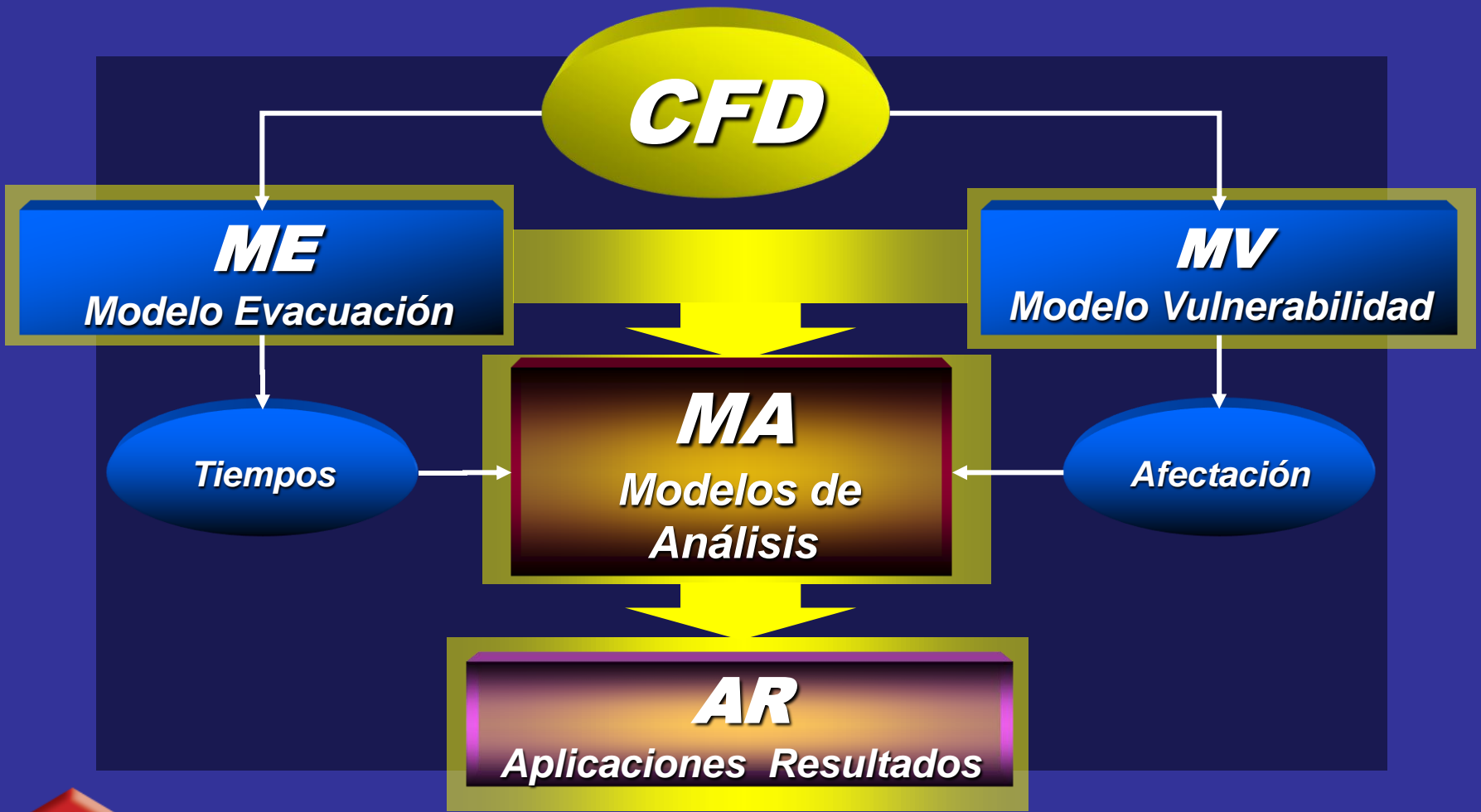
MADRID S.A.





METRO DE MADRID S.A.

Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA





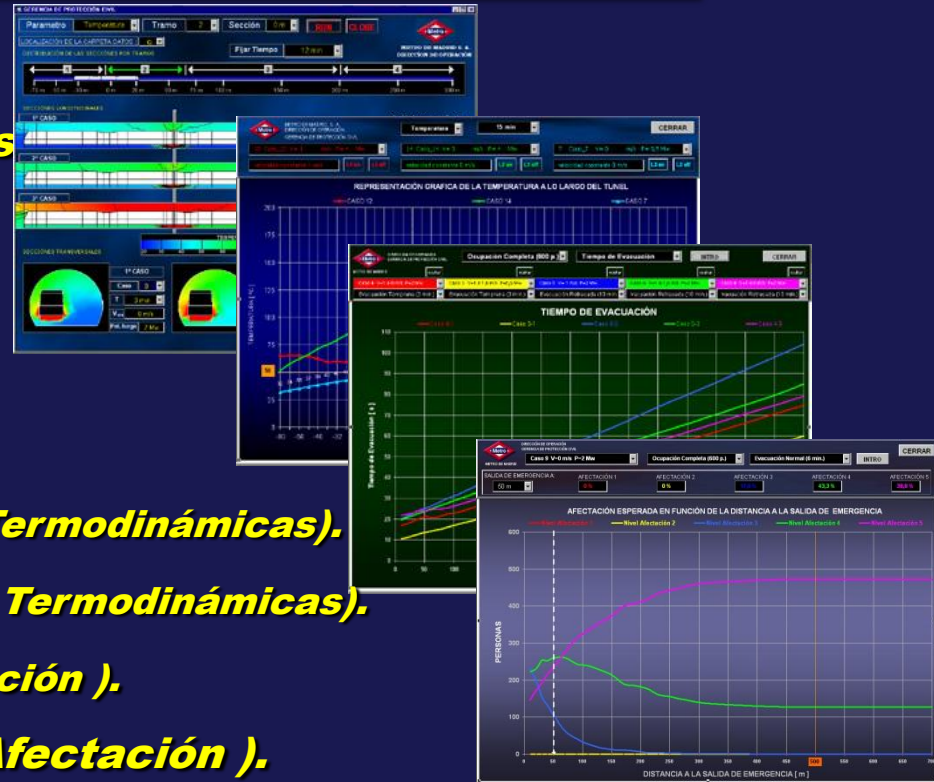
MODELOS Y APLICACIONES DESARROLLADOS

MODELOS DE CALCULO NUMERICO

- **CFD (Computational Fluid Dinamics)**
- **ME (Modelo de Evacuación).**
- **MV (Modelo de Vulnerabilidad).**

APLICACIONES DE ANALISIS

- **SVVT (Simulación Visual de Variables Termodinámicas).**
- **SGVT (Simulación Grafica de Variables Termodinámicas).**
- **STE (Simulación de Tiempos de Evacuación).**
- **SPA (Simulación de Promedios de Afectación).**





Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA

MODELOS Y APLICACIONES DESARROLLADOS

MODELOS DE CALCULO NUMERICO

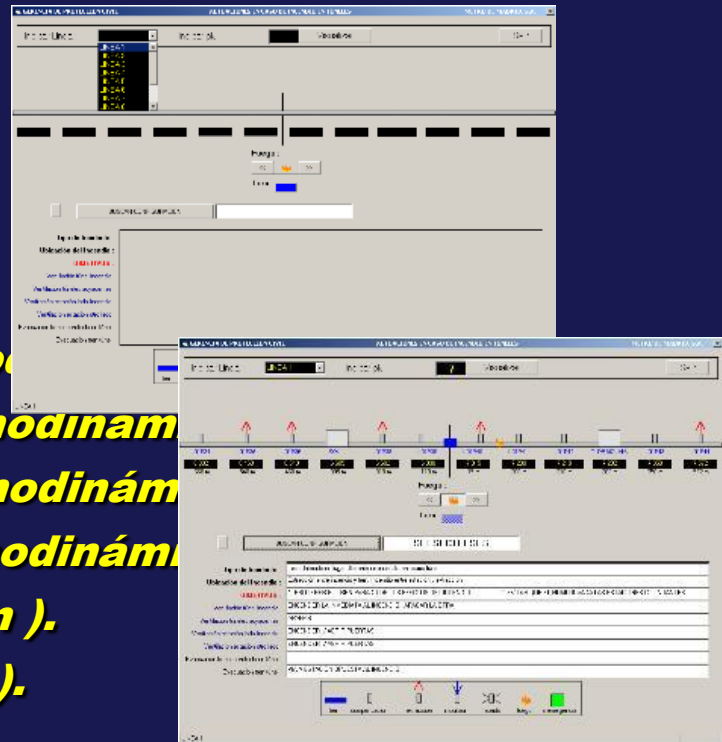
- **CFX (Computational Fluid Dinamics).**
- **ME (Modelo de Evacuación).**
- **MV (Modelo de Vulnerabilidad).**

APLICACIONES DE ANALISIS

- **SVTT (Simulación Visual de Variables Termodinámicas).**
- **SVTEP (Simulación Visual de Variables Termodinámicas).**
- **SVTEC (Simulación Visual de Variables Termodinámicas).**
- **SGVT (Simulación gráfica de Variables Termodinámicas).**
- **SPA (Simulación de Promedios de Afectación).**
- **STE (Simulación de Tiempos de Evacuación).**

APLICACIONES DE ANALISIS

- **GV Gestion de la ventilación.**

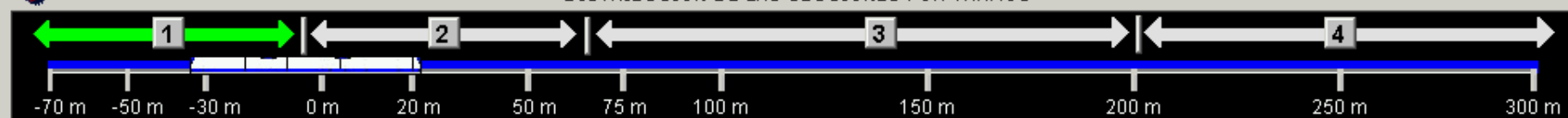




METRO DE MADRID, S. A.
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

CERRAR

DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



SECCIONES LONGITUDINALES :

1º CASO



velocidad constante 0 m/s

2º CASO



velocidad constante 1 m/s

3º CASO



velocidad constante 1,6 m/s

PARAMETROS :

1º 9 Caso_9 V= 0 m/s P= 2 Mw

2º 5 Caso_5 V= 1 m/s P= 2 Mw

3º 10 Caso_10 V= 0 a 1,6 m/s P= 2 Mw

Tramo Sección

1 0 m

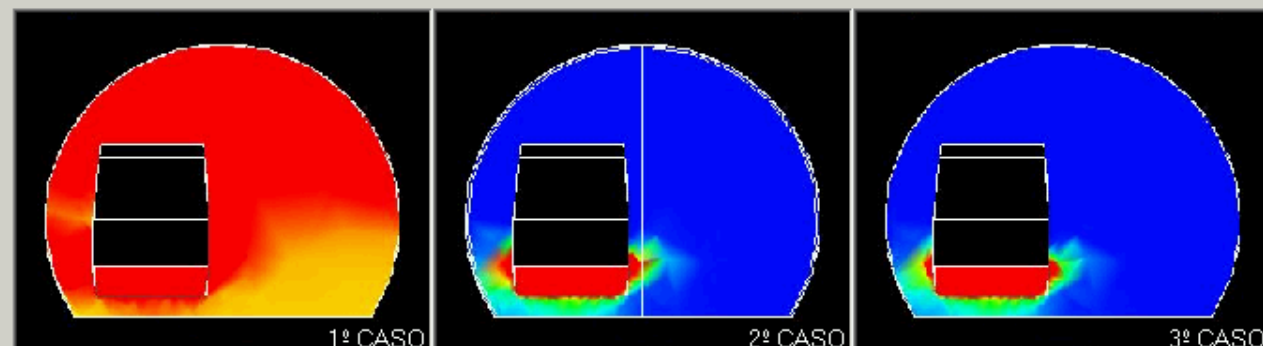
Parametro Tiempo

Temperatura 18 min

Desplazar longitudinal :



SECCIONES TRANSVERSALES :

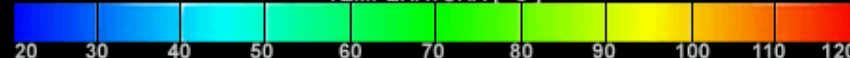


1º CASO

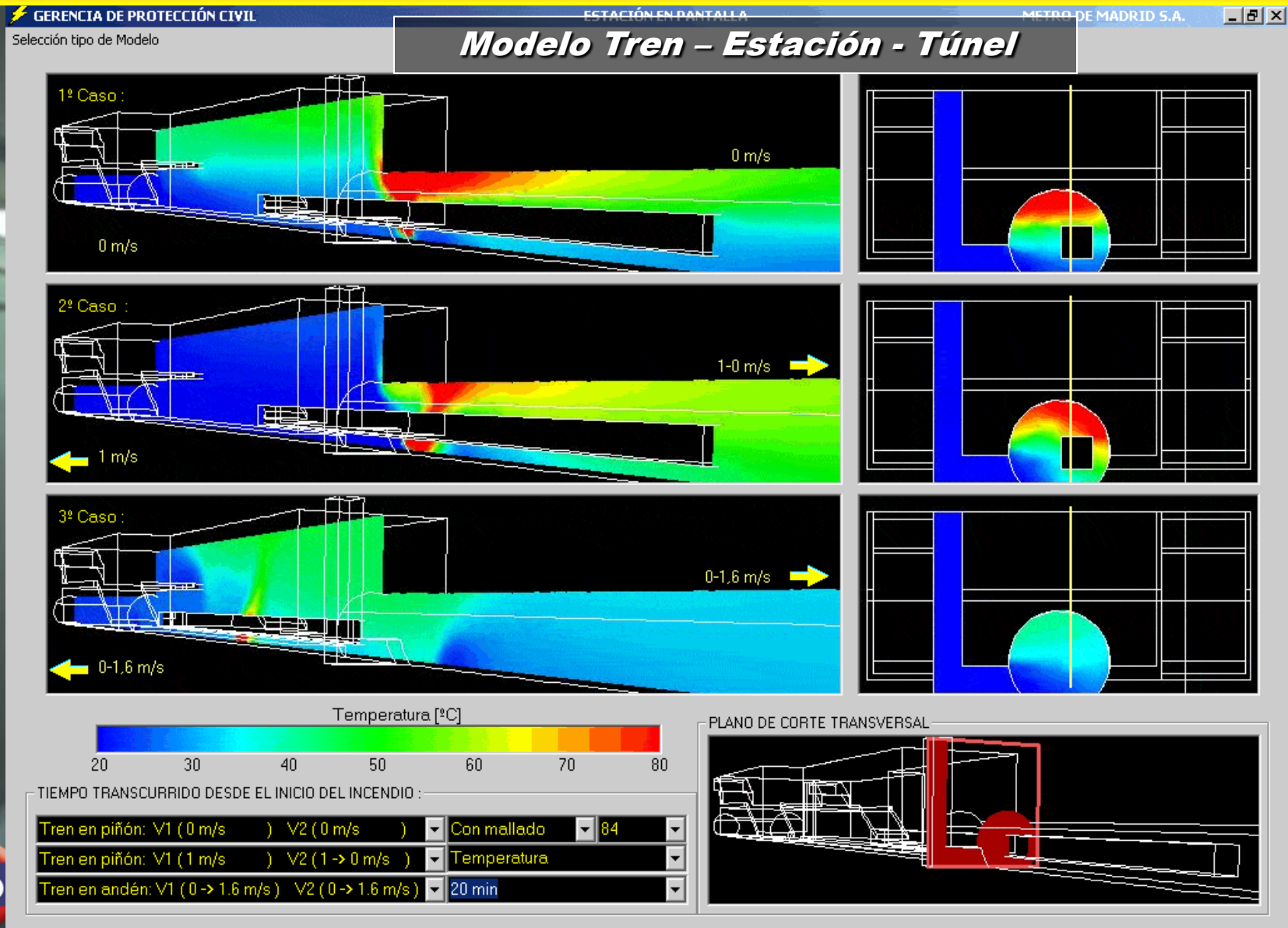
2º CASO

3º CASO

TEMPERATURA [°C]

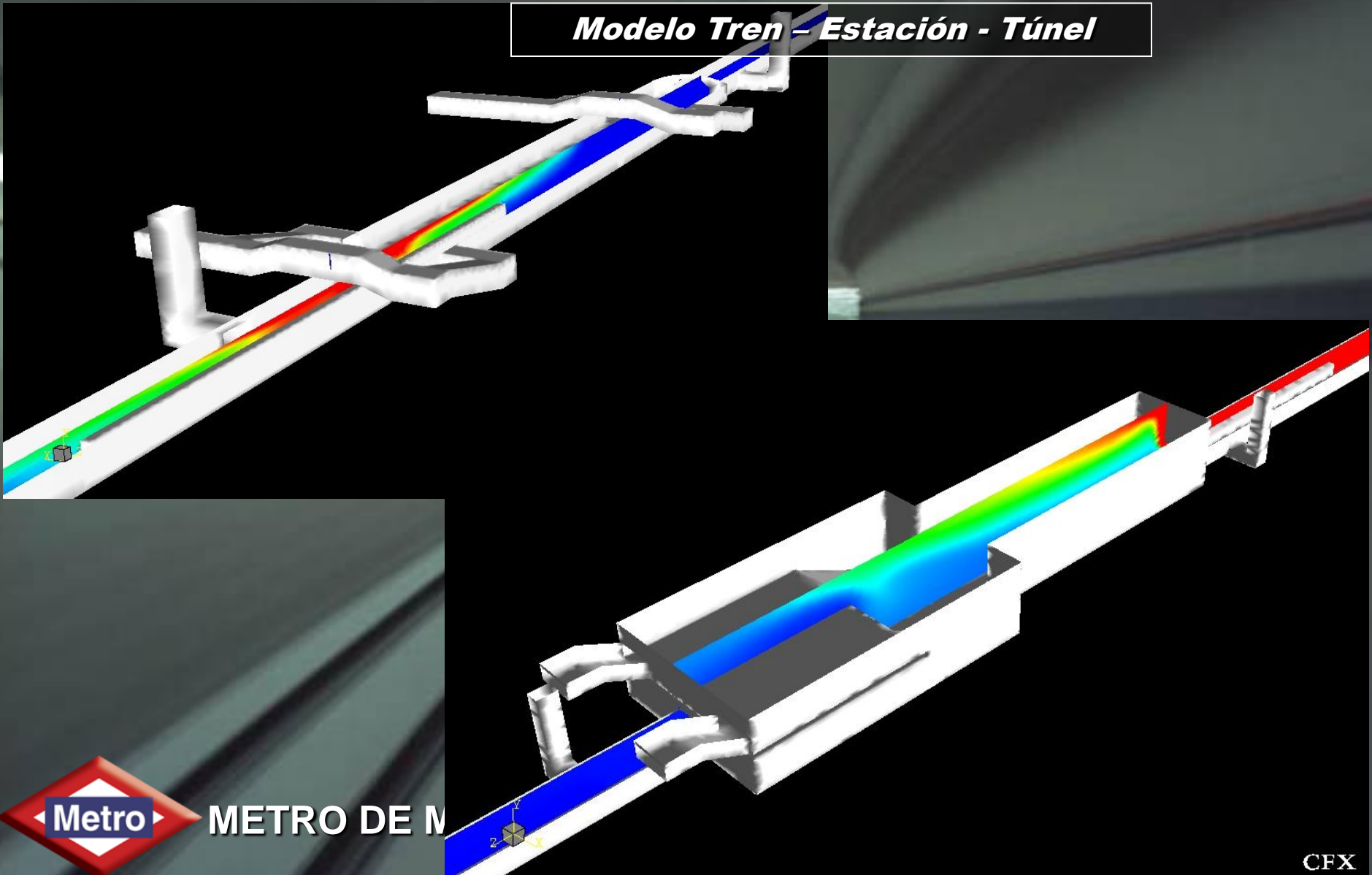


Análisis del comportamiento del incendio (CFD)



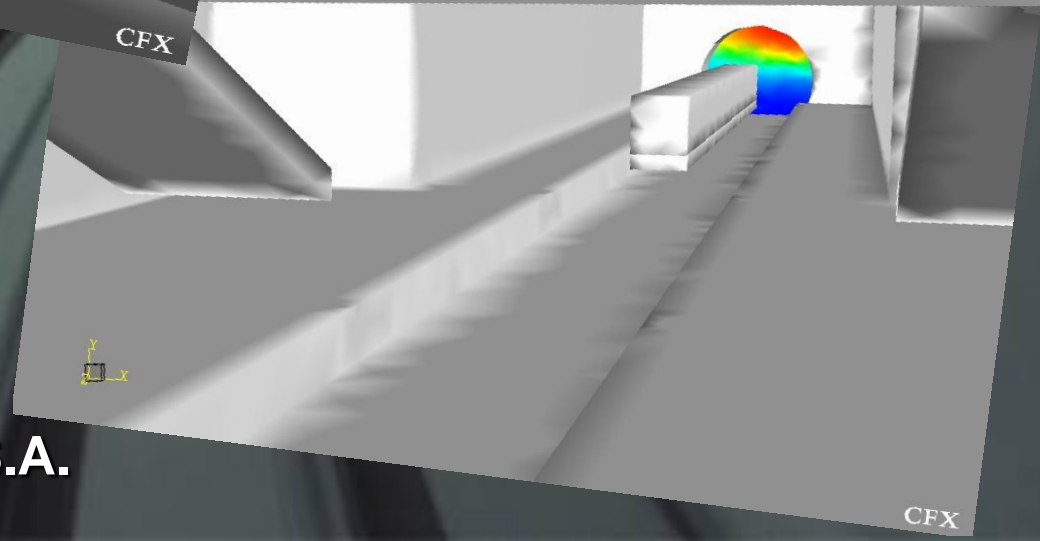
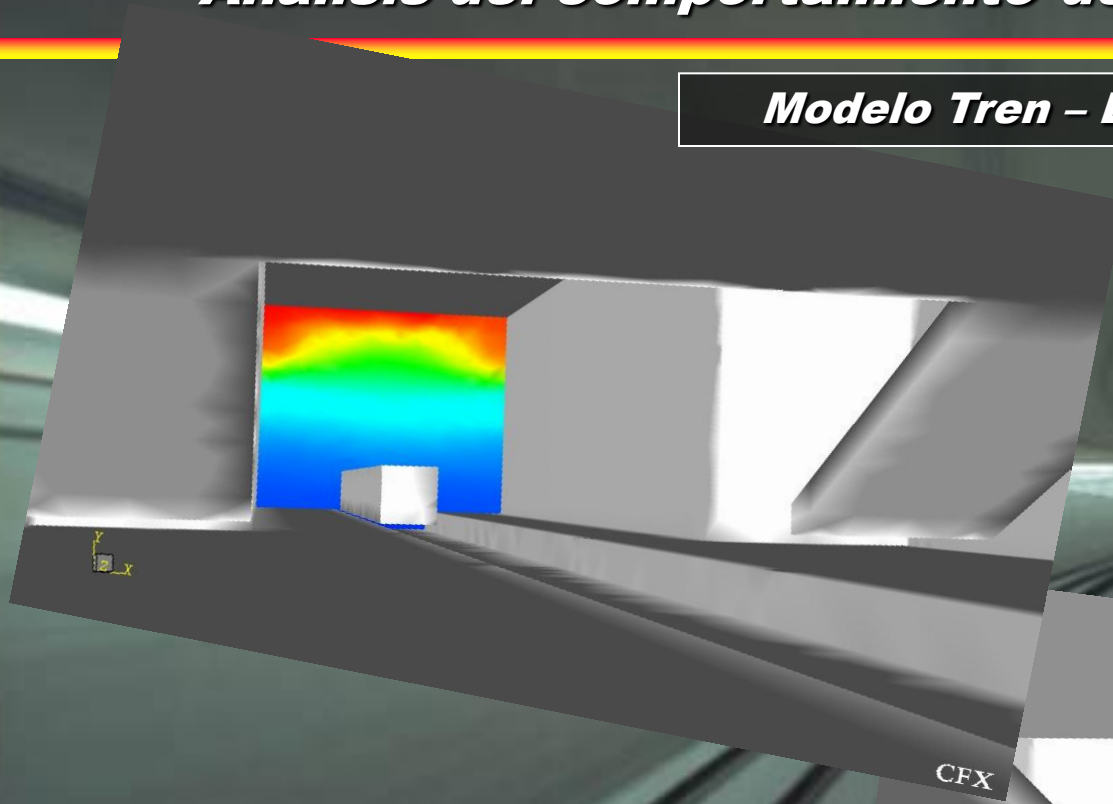
Análisis del comportamiento del incendio (CFD)

Modelo Tren - Estación - Túnel



Análisis del comportamiento del incendio (CFD)

Modelo Tren – Estación - Túnel



Análisis del comportamiento del incendio (CFD)

Casos que se están analizando

CASOS	VENTILACION (m /seg)	MAXIMA POTENCIA DEL FUEGO (Mw)
1	1- 0	0,5
		2
		4
2	1	0,5
		2
		4
3	1-1,6	0,5
		2
		4

11 Caso_11 V= 1 a 0 m/s P= 4 Mw

4 Caso_4 V= 1 a 0 m/s P= 2 Mw

1 Caso_1 V= 1 a 0 m/s P= 0,5 Mw

velocidad constante 0 m/s

velocidad constante 0 m/s

velocidad constante 0 m/s

Temperatura

22 min

M1 on

M1 off

M2 on

M2 off

M3 on

M3 off

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL



Parametro

Temperatura

Tramo

1

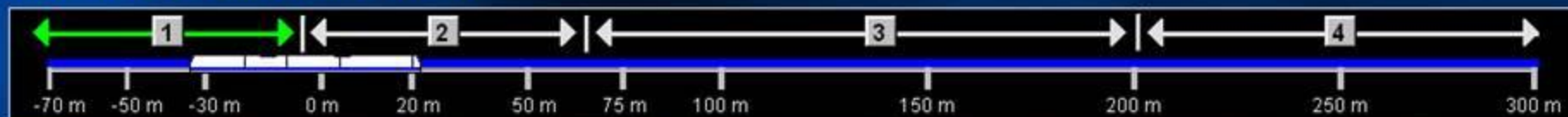
Sección

0 m

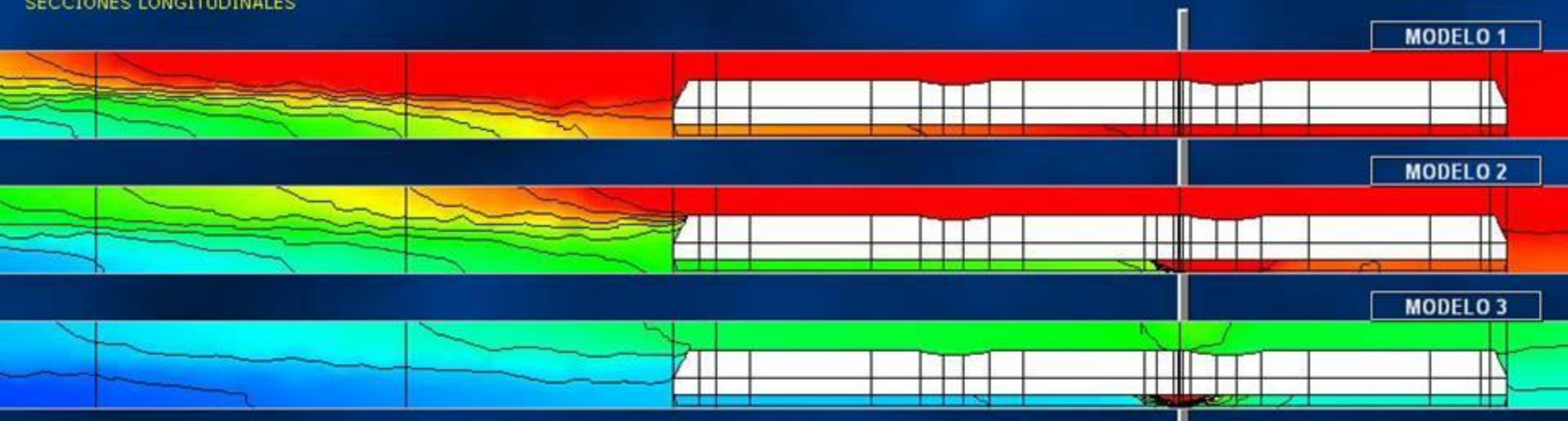
RUN

METRO DE MADRID S. A.
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



SECCIONES LONGITUDINALES



MODELO 1

MODELO 2

MODELO 3

SECCIONES TRANSVERSALES



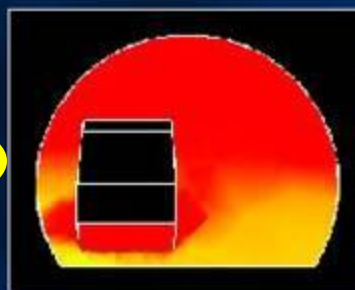
MODELO 1

Caso 11

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 4 Mw



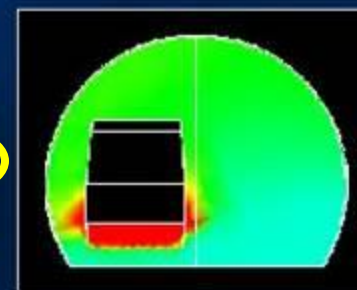
MODELO 2

Caso 4

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 2 Mw



MODELO 3

Caso 1

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 0,5 Mw

Parametro

Temperatura

Tramo

2

Sección

0 m

RUN

METRO DE MADRID S. A.
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



SECCIONES LONGITUDINALES

MODELO 1

MODELO 2

MODELO 3

> 50° C. a 18mts

SECCIONES TRANSVERSALES



MODELO 1

Caso 11

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 4 Mw

MODELO 2

Caso 4

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 2 Mw

MODELO 3

Caso 1

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 0,5 Mw

Parametro

Temperatura

Tramo

3

Sección

75 m

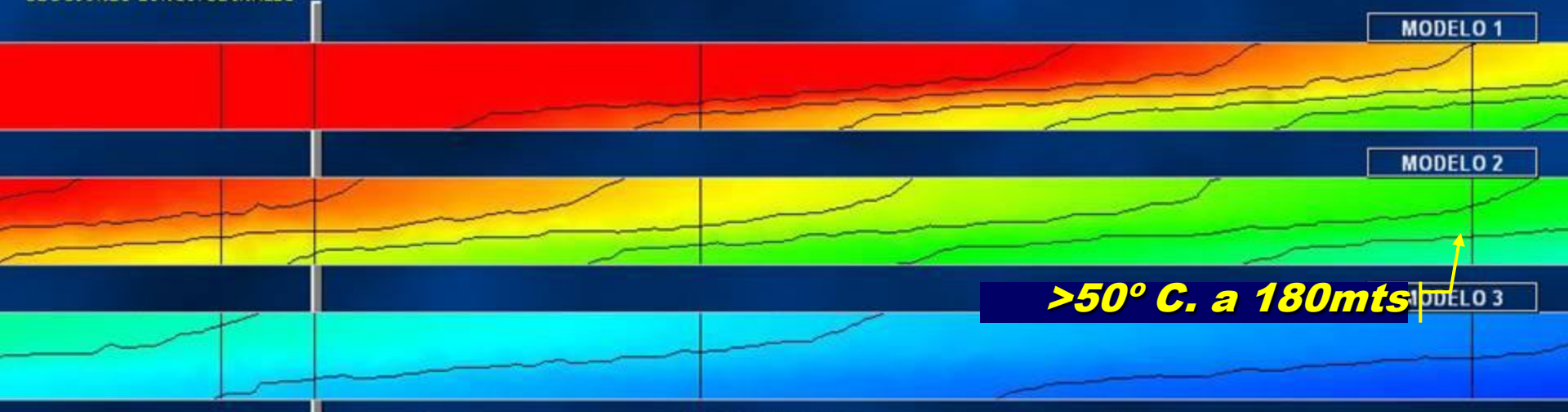
RUN

METRO DE MADRID S. A.
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

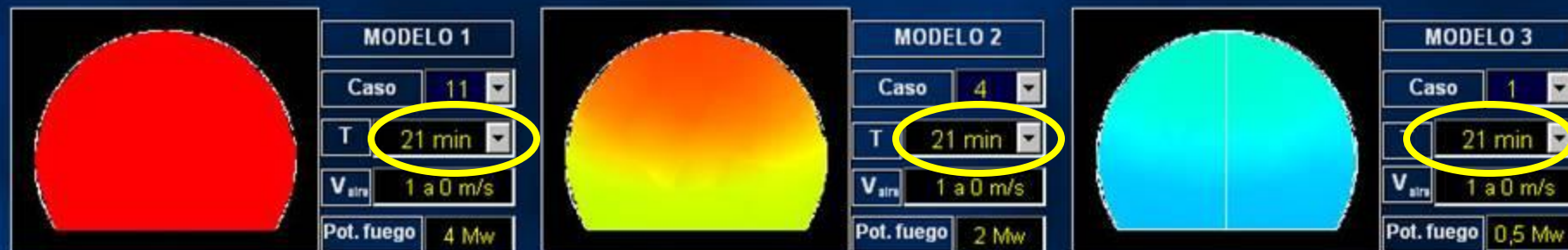
DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



SECCIONES LONGITUDINALES



SECCIONES TRANSVERSALES



Parametro

Temperatura

Tramo

4

Sección

200 m

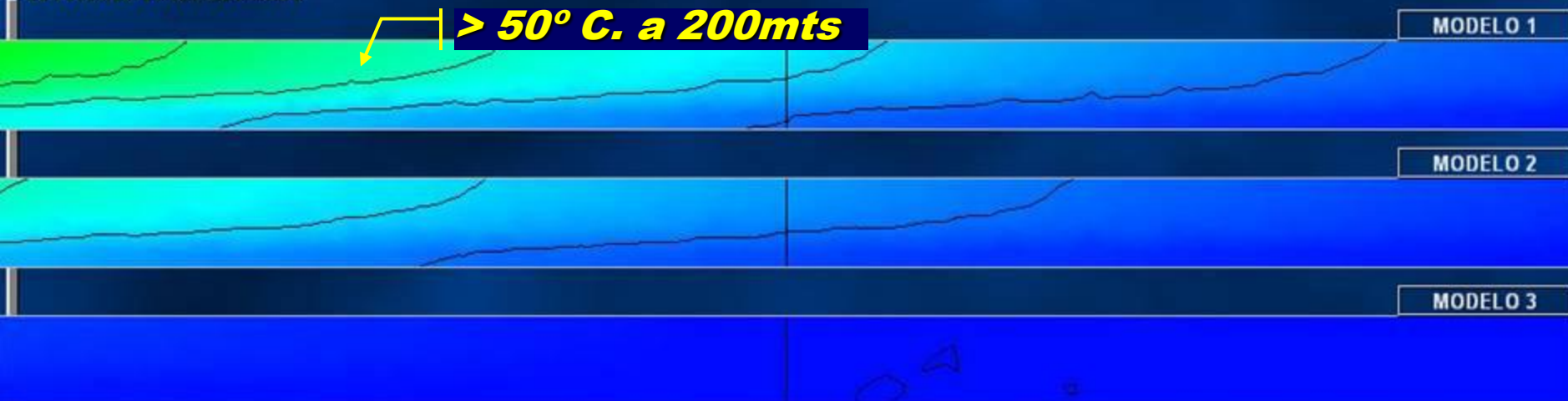
RUN

METRO DE MADRID S. A.
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN

DISTRIBUCIÓN DE LAS SECCIONES POR TRAMOS



SECCIONES LONGITUDINALES



SECCIONES TRANSVERSALES



MODELO 1

Caso 11

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 4 Mw



MODELO 2

Caso 4

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 2 Mw



MODELO 3

Caso 1

T 21 min

V_{aire} 1 a 0 m/s

Pot. fuego 0,5 Mw

12 Caso_12 V= 1 m/s P= 4 Mw

5 Caso_5 V= 1 m/s P= 2 Mw

2 Caso_2 V= 1 m/s P= 0,5 Mw

velocidad constante 1 m/s

velocidad constante 1 m/s

velocidad constante 1 m/s

Temperatura

21 min

M1 on

M1 off

M2 on

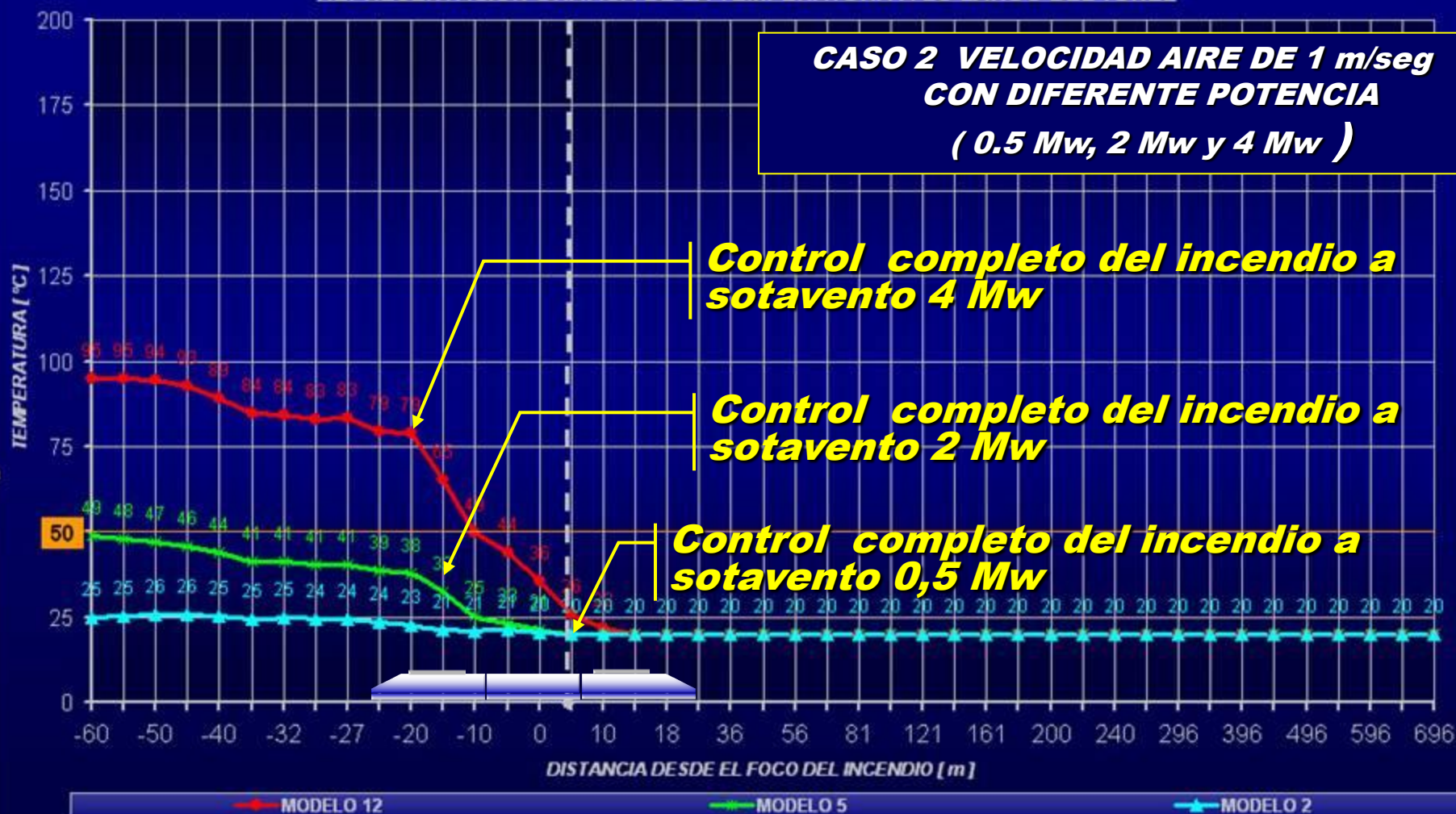
M2 off

M3 on

M3 off

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL

**CASO 2 VELOCIDAD AIRE DE 1 m/seg
CON DIFERENTE POTENCIA
(0.5 Mw, 2 Mw y 4 Mw)**



14 Caso_14 V= 0 m/s P= 4 Mw

velocidad constante 0 m/s

Temperatura

13 Caso_13 V= 1 a 1,6 m/s P= 4 Mw

velocidad constante 1,6 m/s

22 min

12 Caso_12 V= 1 m/s P= 4 Mw

velocidad constante 1 m/s

M1 on

M1 off

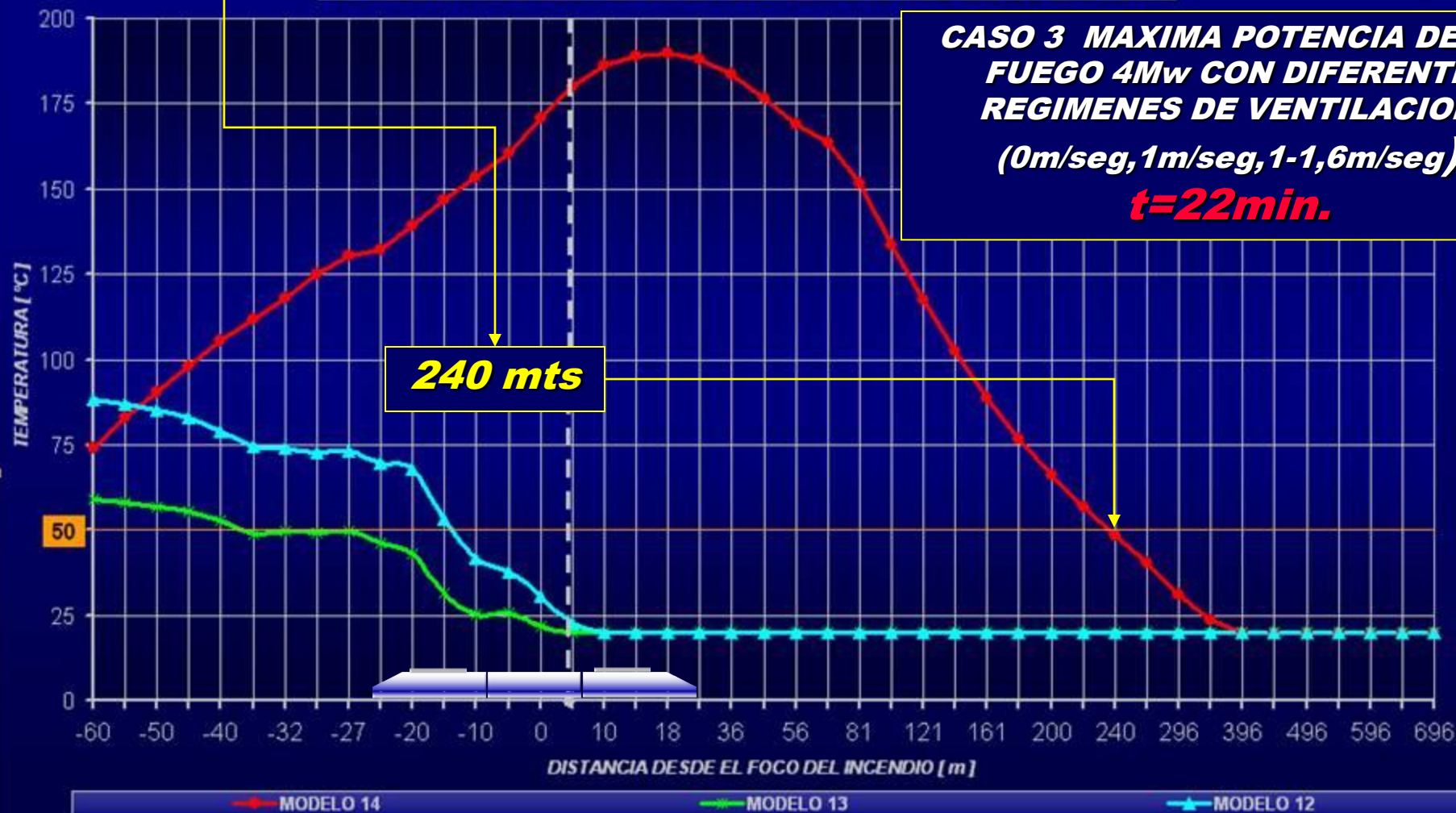
M2 on

M2 off

M3 on

M3 off

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DEL TUNEL



GRACIAS POR SU ATENCIÓN
GRATO PELA ATENÇÃO

AURELIO ROJO GARRIDO

Aurelio.rojo@alamys.org