

DESAFÍOS EN LA APLICACIÓN DEL DISEÑO BASADO EN PRESTACIONES A TÚNELES CHALLENGES IN THE APPLICATION OF PERFORMANCE BASED DESIGN TO TUNNELS.

Ignacio del Rey Llorente

Escuela Técnica Superior Ingenieros Industriales (UPM)

Centro de Modelado en Ingeniería Mecánica (CEMIM-FFII)



Organizadores / Organizers



FUNDACIÓN MAPFRE

Madrid, 20 – 22 de Febrero de 2013
Centro de Convenciones Mapfre

Antecedentes / Background

Año	Túnel	Víctimas
1999	Mont Blanc (Francia/Italia)	39
1999	Tauern (Austria)	12
2001	San Gotardo (Suiza)	11
2005	Frejus (Francia/Italia)	2
2006	Via Mala (Suiza)	9
2007	Burnley (Australia)	3 (F?)
2012	Sasago (Japan)	9 (F?)



Año	Túnel	Longitud
1972	Hokuriku (Japon)	13.87 km
1984	Summit tunnel (UK)	2.6 km
1996/2006/2008	Channel (UK-F)	50 km
1997	Exilles (Italia)	2.1 km

Antecedentes / Background

UNITED
NATIONS

E



Economic and Social
Council

Distr.
GENERAL

TRANS/AC.7/9
10 December 2001

Original: ENGLISH

ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE

INLAND TRANSPORT COMMITTEE

Ad hoc Multidisciplinary Group
of Experts on Safety in Tunnels

C.1 ROAD USERS

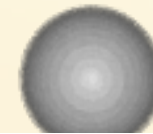
as factor N° 1 influencing safety in road tunnels

RECOMMENDATIONS OF THE GROUP OF
EXPERTS ON SAFETY IN ROAD TUNNELS

FINAL REPORT

INFRAESTRUCTURA
INFRASTRUCTURE

11



C.1 ROAD USERS

as factor N° 1 influencing safety in road tunnels

RECOMMENDATIONS OF THE GROUP OF
EXPERTS ON SAFETY IN ROAD TUNNELS

FINAL REPORT

SAFETY
SEGURIDAD

VEHICLES
VEHÍCULOS

6



OPERATION

EXPLOTACIÓN

16

USERS

USUARIOS

10

Antecedentes / Background

Primary objective: **prevention**

to prevent critical events which endanger human life, the environment and tunnel installations.

Secondary objective: **reduction of consequences**

of events such as accidents and fires; to create the ideal prerequisites for

- people involved in the incident to rescue themselves
- the immediate intervention of road users to prevent greater consequences
- ensuring efficient action by emergency services
- protecting the environment
- limiting material damage.

GOALS

Objetivos para la SEGURIDAD:

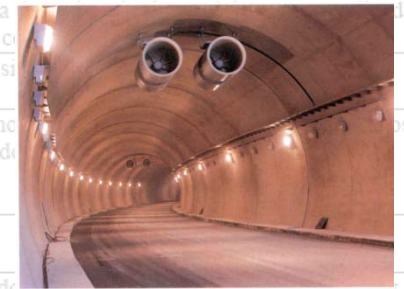
METAS

- 1. Prevención**
- 2. Reducción de las consecuencias para facilitar**
 - La **auto-evacuación** de las personas involucradas
 - **La intervención de los usuarios** para prevenir mayores consecuencias
 - Garantizar la acción eficaz de los **servicios de emergencia**
 - Proteger el medio ambiente
 - Limitar los daños materiales

Normativas prescriptivas / Prescriptive regulations

RESUMEN INFORMATIVO DE LOS REQUISITOS MÍNIMOS

			Tráfico ≤ 2.000 vehículos por carril		Tráfico > 2.000 vehículos por carril			Otras condiciones para que la aplicación sea obligatoria, o comentarios
			500-1.000m	> 1.000m	500-1.000m	1.000-3.000m	> 3.000m	
Iluminación	Iluminación normal	§2.8.1	●	●	●	●	●	
	Iluminación de seguridad	§2.8.2	●	●	●	●	●	
	Iluminación de evacuación	§2.8.3	●	●	●	●	●	
Ventilación	Ventilación mecánica	§2.9	○	○	○	●	●	
	Disposiciones especiales respecto de la ventilación transversal o semitransversal	§2.9.5	○	○	○	○	○	Obligatorio en los túneles de tráfico de peaje
Estaciones de emergencia	Cada 150 m como mínimo	§2.10						
Abastecimiento de agua	Cada 250 m como mínimo	§2.11						
Señales viales		§2.12						
Centro de control		§2.13						
Sistemas de vigilancia	Video	§2.14						
	Detección automática de incidentes y/o de incendios	§2.14						
Equipos para el cierre del túnel	Semáforos antes de las entradas	§2.15.1						
	Semáforos dentro del túnel cada 1.000 m como mínimo	§2.15.2	○	○	○			



Directiva Europea EC/54/2004 European Directive
Requisitos mínimos seguridad túneles carretera
Minimum safety requirements for road tunnels

Antecedentes / Background

UNITED
NATIONS



Economic and Social
Council

Distr.
GENERAL

TRANS/AC.9/9
1 December 2003

Original: ENGLISH

ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE

INLAND TRANSPORT COMMITTEE

Ad hoc Multidisciplinary Group of Experts
on Safety in Tunnels (rail)

RECOMMENDATIONS OF THE MULTIDISCIPLINARY GROUP OF EXPERTS ON SAFETY IN TUNNELS (RAIL)

**New tunnels:
Infraestructure**

Objetivos para la SEGURIDAD:

1. Prevención
 2. Reducción de las consecuencias
 3. Facilitar la evacuación
 4. Facilitar el rescate
- METAS**

The objectives of the recommended safety measures are:

1. Prevention of accidents
 2. Mitigation of the consequence of accidents
 3. Facilitation of escape
 4. Facilitation of rescue.
- GOALS**

The order in which these are listed reflects their decreasing effectiveness, especially in the case of fire. Nevertheless, facilitation of escape and rescue is essential when an accident does occur.

Antecedentes / Background

TÚNELES NUEVOS NEW TUNNELS	Infraestructura Infrastructure	Material rodante Rolling stock	Medidas explotación Operational measures
Prevención Prevention	6 (C1. 01-06) 2	2 (C1. 07-08) 1	2 (C1. 09-10) 0
Mitigación de las consecuencias Consequences mitigation	6 (C2. 01-06) 2	6 (C2. 07-12) 2	3 (C2. 13-15) 2
Apoyo a la evacuación Facilitation of escape	10 (C3. 01-10) 4	1 (C3. 11) 0	3 (C3. 12-15) 1
Apoyo al rescate Facilitation of rescue	12 (C4. 01-12) 3	(-) 0	3 (C4. 13-15) 3

Red color: minimal safety standards

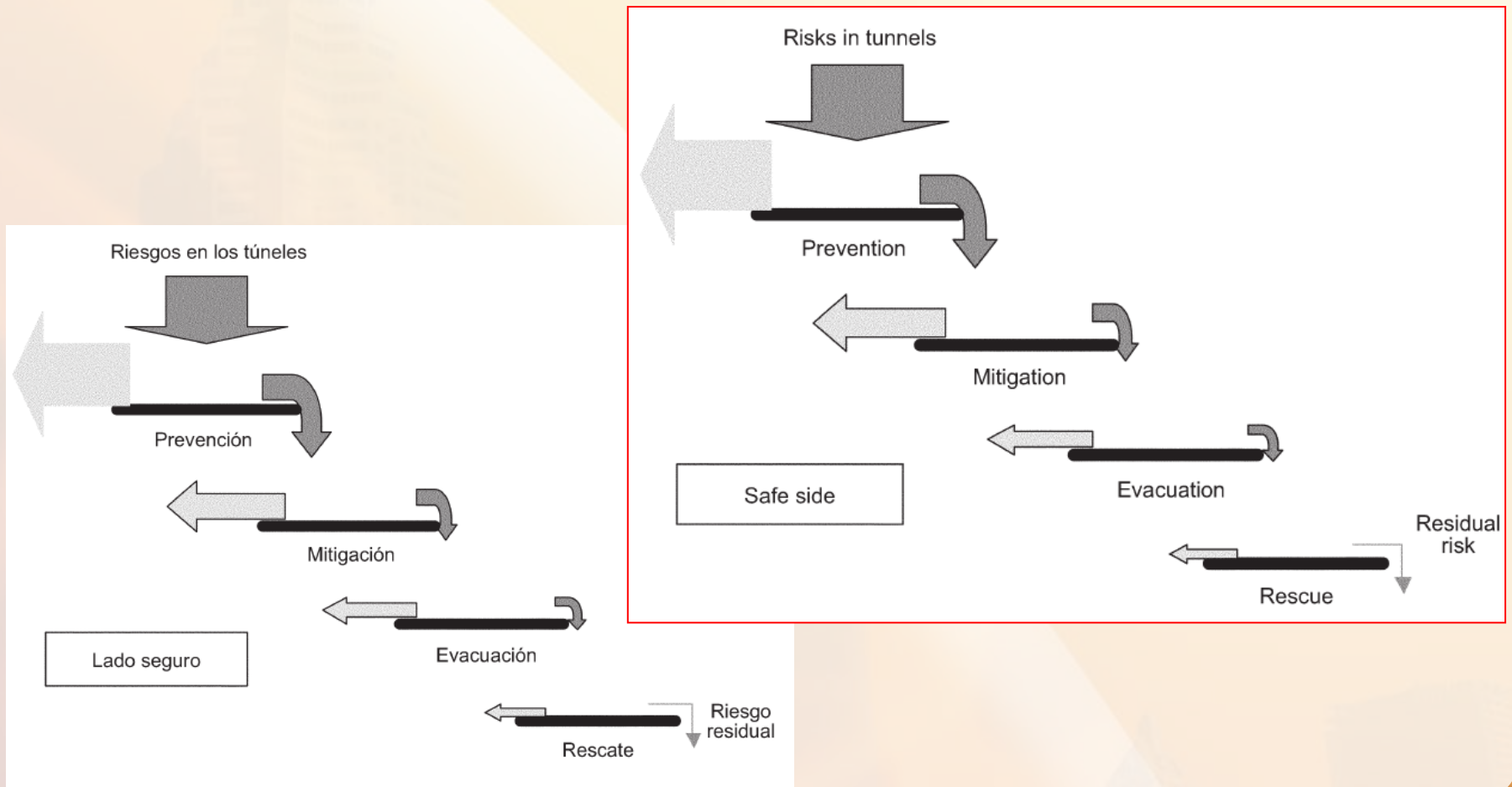
Túneles existentes: si es razonablemente viable

Existing tunnels: as is reasonably possible

Some recommendations applicable for interoperability rules

Antecedentes / Background

2008/163/CE Especificación Técnica de Interoperabilidad en los sistemas ferroviarios transeuropeos convencional y de alta velocidad.



Antecedentes / Background

Aproximaciones similares al problema entre túneles ferroviarios y carreteros pero teniendo en cuenta sus singularidades específicas:

- ✓ Tipos de carga – mercancías (conocida vs desconocida)
- ✓ Condiciones de evacuación de usuarios (individual – colectiva)
- ✓ Niveles de supervisión (CCTV, radio, etc)
- ✓ Accesibilidad servicios emergencia

Similar approaches for railway and road tunnels but considering their specific characteristics:

- ✓ Fire loads and cargo (known vs unknown)
- ✓ Evacuation conditions (individual-colective)
- ✓ Surveillance levels (CCTV, radio, etc)
- ✓ Emergency services accessibility

Normativas prescriptivas / Prescriptive regulations

MINISTERIO DE FOMENTO

*REAL DECRETO 635/2006, de 26 de mayo,
sobre requisitos mínimos de seguridad en los
túneles de carreteras del Estado.*

PROYECTO

Aproximación global de la seguridad

Holistic approach of tunnel safety

- Responsabilidades
- Inspección
- Informes de incidencias
- Análisis de riesgo

Responsabilities

Inspection

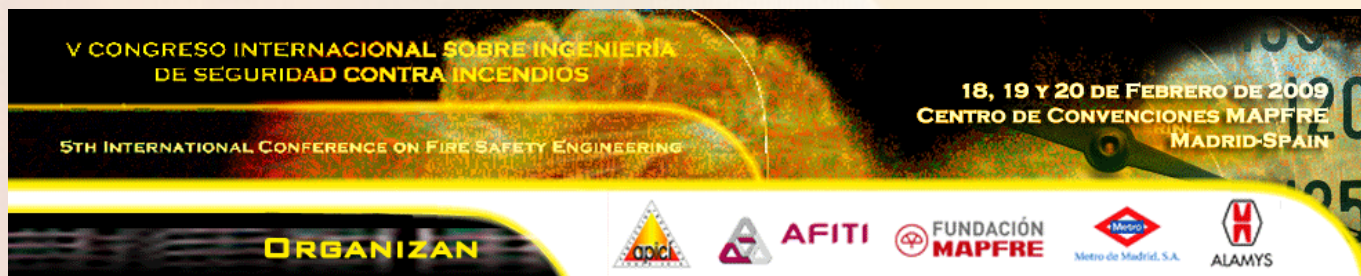
Incidents reports

Risk analysis

EXPLOTACIÓN

Artículo 12. *Metodología de análisis de riesgo.*

Para todos los análisis de riesgo que puedan realizarse sobre cualquiera de los túneles comprendidos dentro del ámbito de aplicación de este real decreto se seguirá obligatoriamente una metodología detallada y bien definida, en consonancia con las normas de buena práctica disponibles, la cual será objeto de aprobación por la autoridad administrativa.



- **Experiencias en la aplicación del análisis de riesgos en túneles**
Experiencies from the application of risk analysis to tunnels
Prof. Dr. Ignacio del Rey. CEMIM

Metodologías de A. R. / Risk Analysis methodologies



DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN

2008R02

www.piarc.org

ANALYSE DES RISQUES POUR LES TUNNELS ROUTIERS

RISK ANALYSIS FOR ROAD TUNNELS

Comité technique AIPCR C3.3 Exploitation des tunnels routiers
PIARC Technical Committee C3.3 Road tunnel operation

MAYO 2012

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGO EN TÚNELES DE LA R.C.E.

Página 1 de 119

ANÁLISIS DE RIESGO PARA TÚNELES DE CARRETERA

Comité Técnico PIARC C3.3 Explotación de Túneles de Carretera

Recientemente traducido al español por el
Comité Nacional de túneles de la ATC
(www.piarc.org → Virtual library)

Documento redactado en 2008 | Traducido al español en 2011



asociación técnica
de carreteras
comité español de la
asociación mundial de carreteras



Enfoque prestacional / Performance based design

Las metodologías de análisis del riesgo suelen identificar, excepto en casos concretos, el incendio y los incidentes con MMPP como los escenarios pésimos

Risk analysis methodologies usually identify fire and DG incidents as the critical scenarios in tunnels

**SOLO UN ANÁLISIS EXHAUSTIVO DE LA SEGURIDAD
FRENTE A INCENDIO PERMITE UNA REDUCCIÓN DEL RIESGO
GLOBAL EN TÚNELES A NIVELES ACEPTABLES**

**ONLY AN EXHAUSTIVE ANALYSIS OF FIRE SAFETY ALLOW
A GLOBAL RISK REDUCTION IN TUNNELS
TO ACCEPTABLE LEVELS**



1999

Comité AIPOC des Tunnels routiers (CS)
PIARC Committee on Road Tunnels (CS)

Enfoque prestacional / Performance based design

La normativa española para túneles de carretera (y ferrocarril) NO aporta criterios para la elaboración de un diseño prescriptivo de PCI

Spanish regulations for road (and rail) tunnels DO NOT provide enough criteria for an appropriate prescriptive fire protection design



Enfoque prestacional / Performance based design

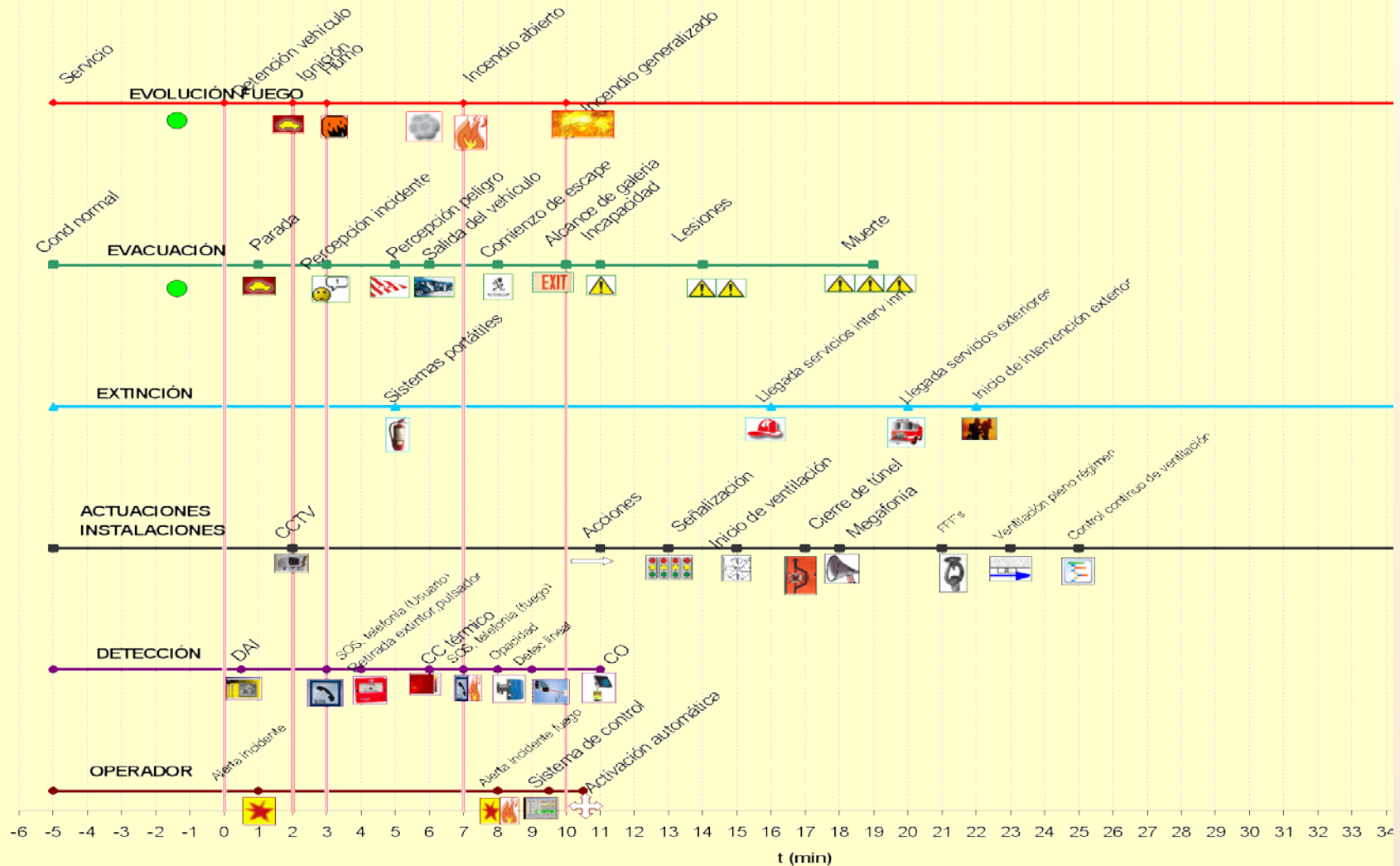
Salvo para túneles de muy bajo riesgo la aplicación del DBP en túneles resulta **inevitable** lo que brinda una magnífica oportunidad para hacerlo adecuadamente

Except for tunnels with very low risk the application of PBD **can not be avoided** which afford an excellent opportunity to do so thoroughly.



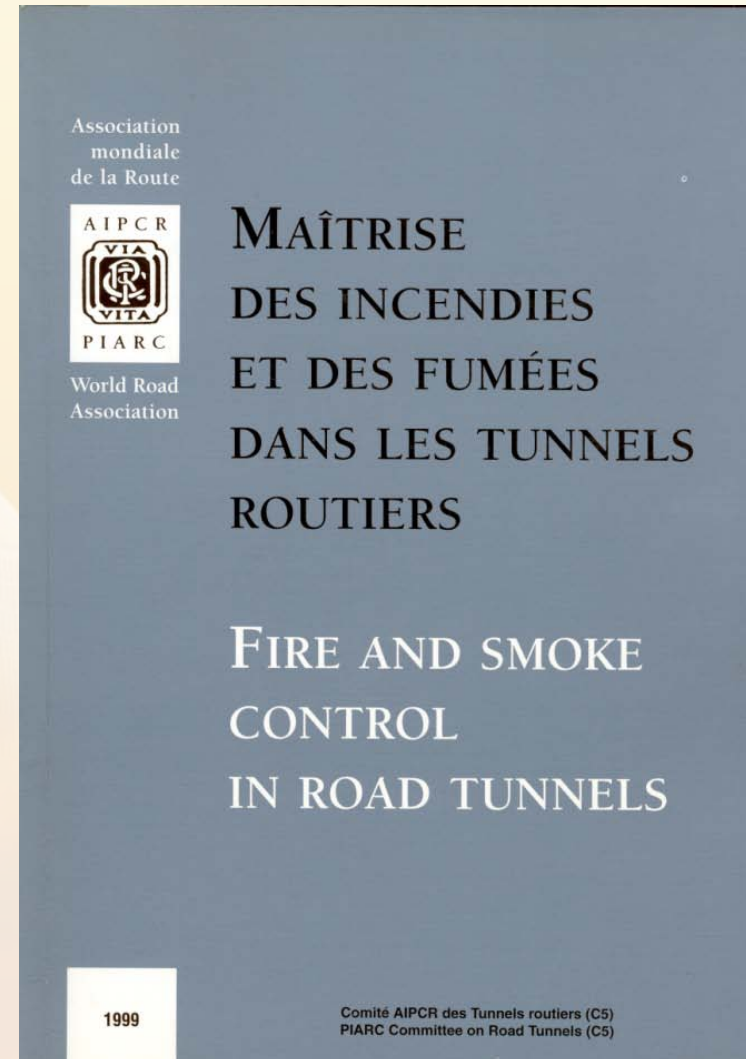
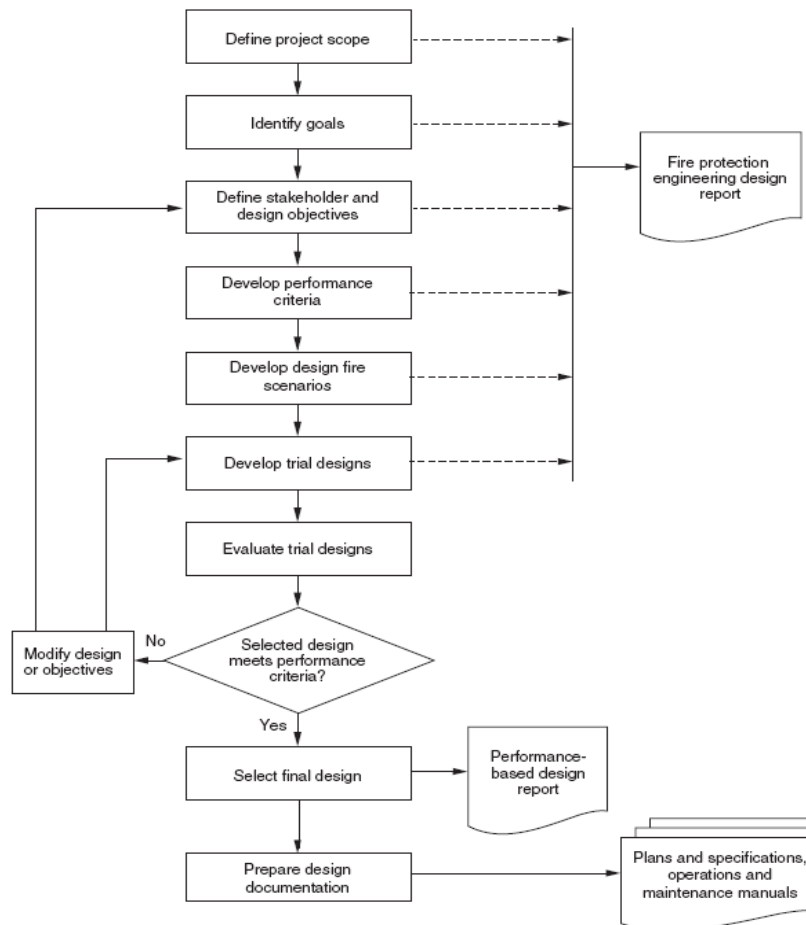
God is in the details.
(Ludwig Mies van der Rohe)

Enfoque prestacional / Performance based design



Enfoque prestacional / Performance based design

Fuente: SFPE Engineering Guide to Performance Based Fire Protection, 2000



Enfoque prestacional / Performance based design



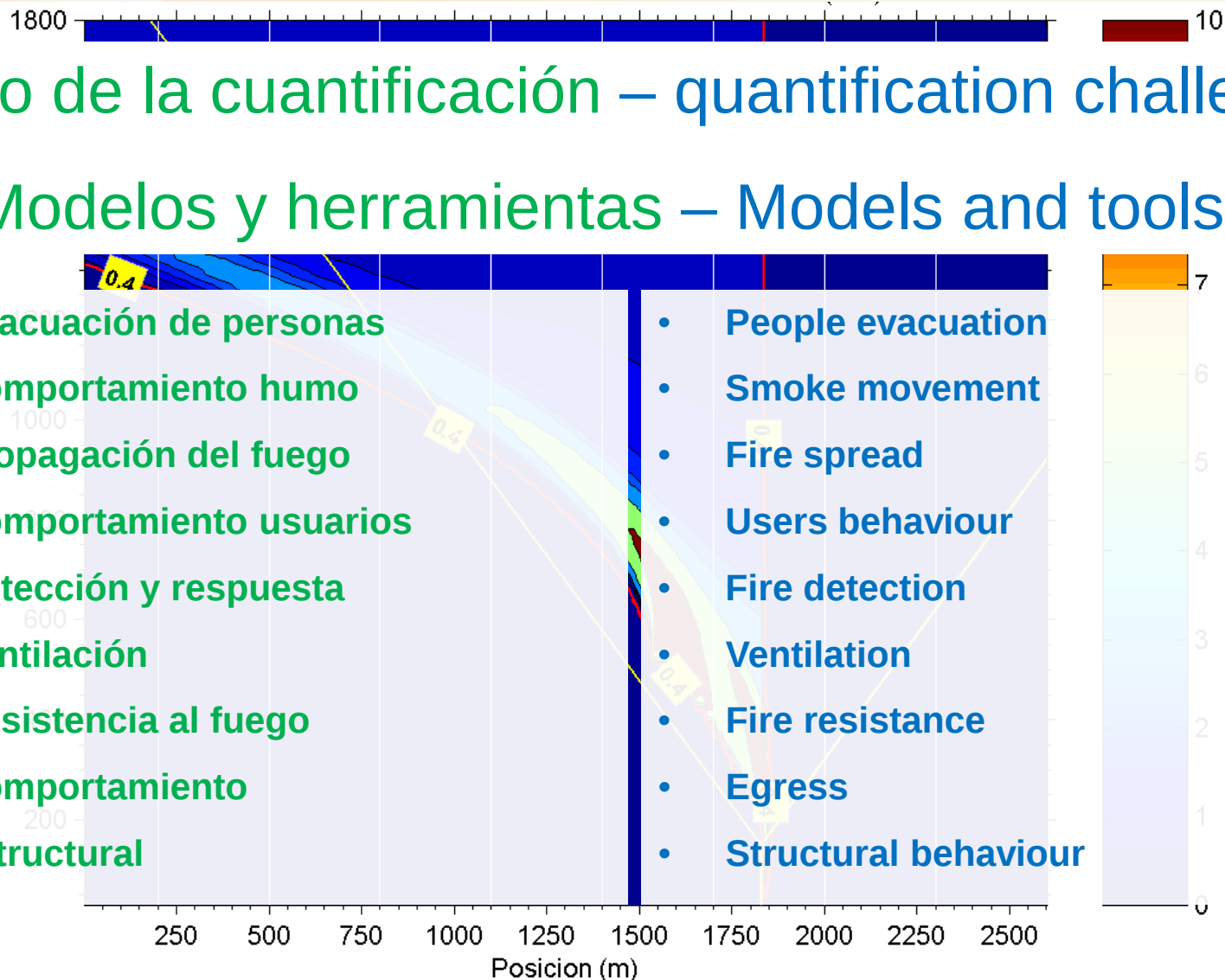
Enfoque prestacional / Performance based design

El reto de la cuantificación – quantification challenge

Modelos y herramientas – Models and tools

- Evacuación de personas
- Comportamiento humo
- Propagación del fuego
- Comportamiento usuarios
- Detección y respuesta
- Ventilación
- Resistencia al fuego
- Comportamiento estructural

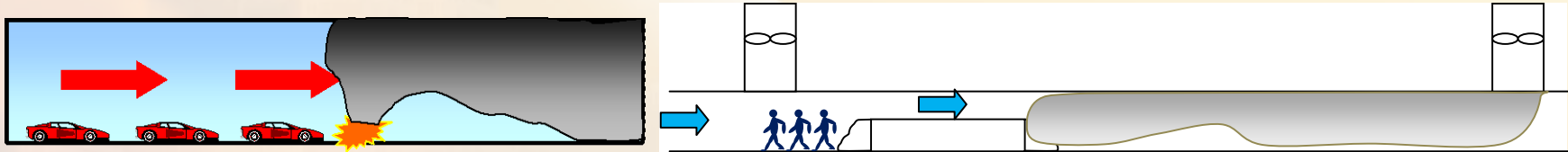
- People evacuation
- Smoke movement
- Fire spread
- Users behaviour
- Fire detection
- Ventilation
- Fire resistance
- Egress
- Structural behaviour



Algunos desafíos / Some challenges

Ventilación longitudinal en túneles unidireccionales

1. Criterios eficacia contrastados (velocidad crítica)
2. Minimizado problemática de la evacuación
3. Metodologías de cálculo muy detalladas en la normativa y referencias (PIARC, Dossier Pilote du ventilation CETU...)

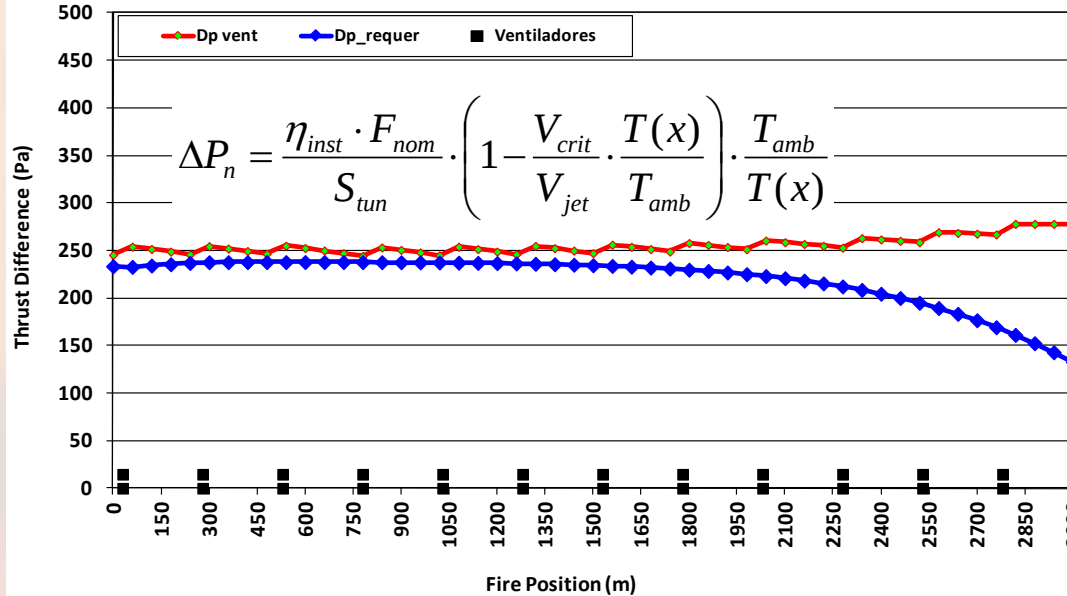


Longitudinal ventilation for unidirectional tunnels

1. Performance criteria commonly adopted (critical velocity)
2. Evacuation considerations not so critical
3. Exhaustively detailed design methodologies in the regulations and technical references (PIARC, Dossier Pilote du ventilation CETU ...)

Algunos desafíos / Some challenges

$$\sum_{n=1}^{num_jetfans} \Delta P_n \geq \Delta P_{losses} + \Delta P_{vehicles} + \Delta P_{chimney} + \Delta P_{meteorol} + \Delta P_{fireblockage}$$



Association
mondiale
de la Route

World Road
Association

SYSTÈMES ET ÉQUIPEMENTS
POUR LA MAÎTRISE
DES INCENDIES ET DES FUMÉES
DANS LES TUNNELS ROUTIERS

SYSTEMS AND EQUIPMENT
FOR FIRE AND SMOKE CONTROL
IN ROAD TUNNELS

Comité AIPCR de l'Exploitation des Tunnels routiers (C3.3)
PIARC Committee on Road Tunnels Operation (C3.3)

2007

¿Dónde están los desafíos?

What about challenges?

Algunos desafíos / Some challenges



Algunos desafíos / Some challenges

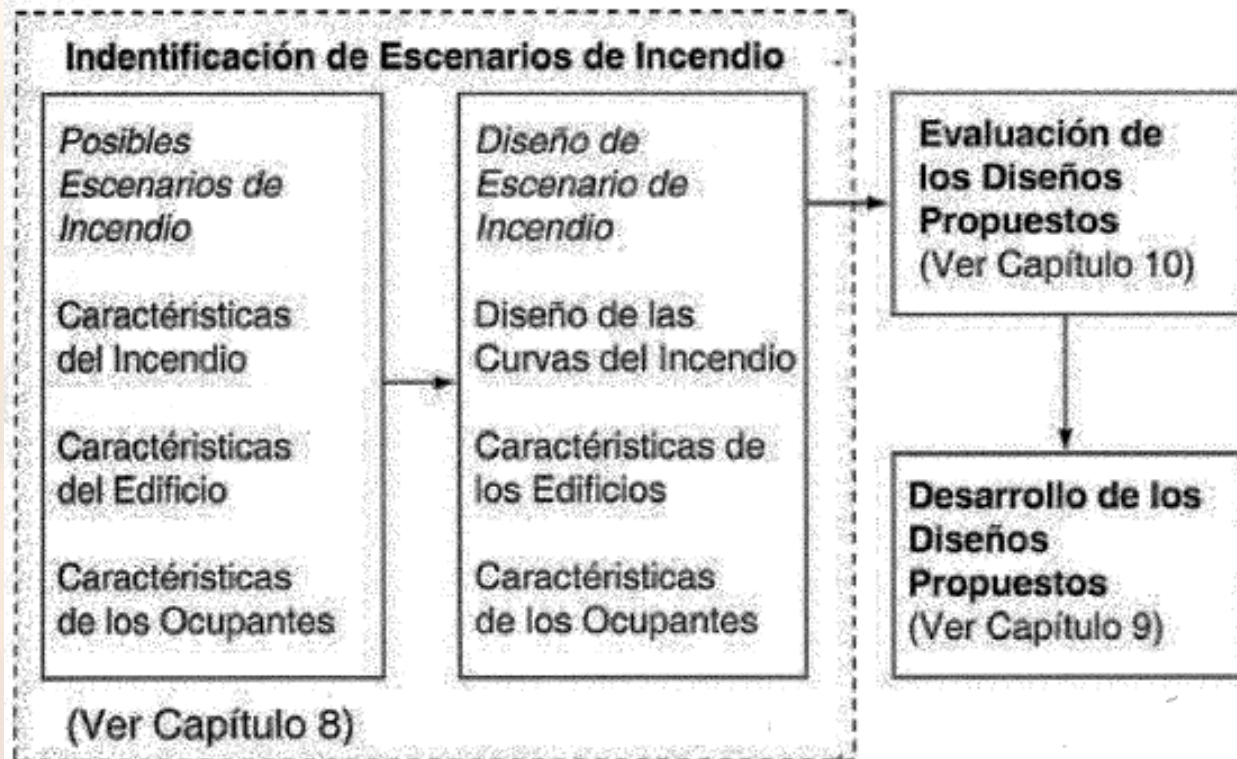


FIGURA 8-2 Proceso de Identificación, Desarrollo y Evaluación de Escenarios de Incendio

Fuente / Source:

Guía SFPE de Protección contra incendios basada en la eficacia (2ª edición)

Algunos desafíos / Some challenges

Desafío 1. Sobre la dificultad de caracterizar el incendio de diseño

Challenge 1: About the difficulty to adopt a design fire



DISEÑO BASADO EN PRESTACIONES: AVANCES Y NUEVOS RETOS
Performance-Based Design: Advances and New Challengers

Caracterización del riesgo de incendio en infraestructuras subterráneas

Fire Risk characterization in underground infrastructural facilities

 Ignacio del Rey Llorente

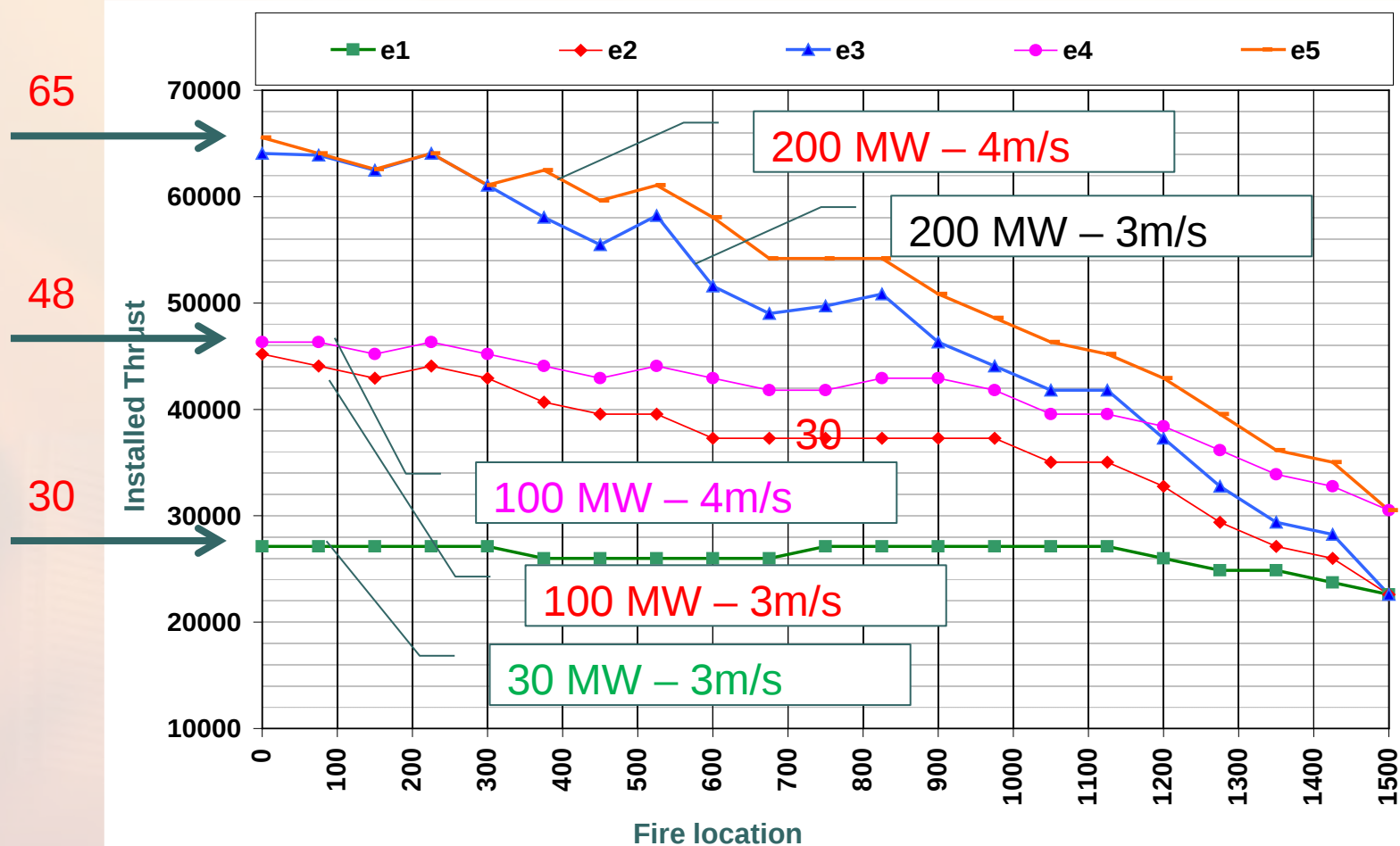
 Centro de Modelado Ingeniería Mecánica

ETS Ingenieros Industriales – UPM

Madrid, del 23 al 25 de febrero de 2010 / Madrid, 23rd to 25th of February of 2011

CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INGENIERÍA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS
6th International Conference on Fire Safety Engineering

Algunos desafíos / Some challenges



Algunos desafíos / Some challenges

 ASHRAE Enclosed Vehicular Facilities and Tunnel Ventilation...

Debates Miembros Promociones Empleos Búsqueda Más...

If a number has to be thrown out on design fire heat release rate of road tunnel ventilation systems, what is it (in MW) or the closest?

publicado hace 2 días • 2 votos

☐ 5

☐ 10

☐ 20

☐ 40

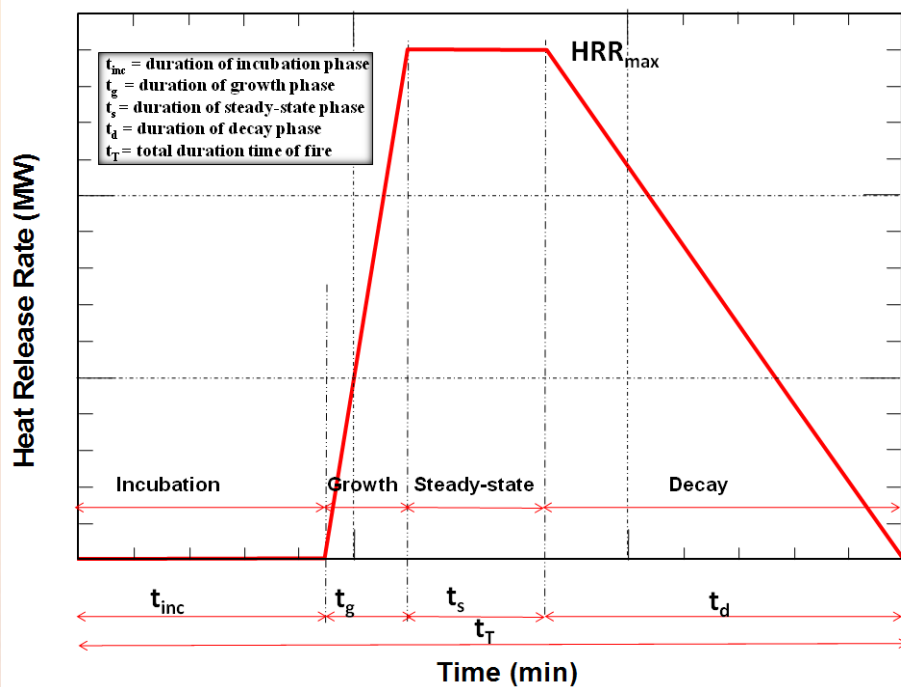
☐ 50 or higher

Votar

 Enviar Comentar  Seguir  Marcar Más ▾

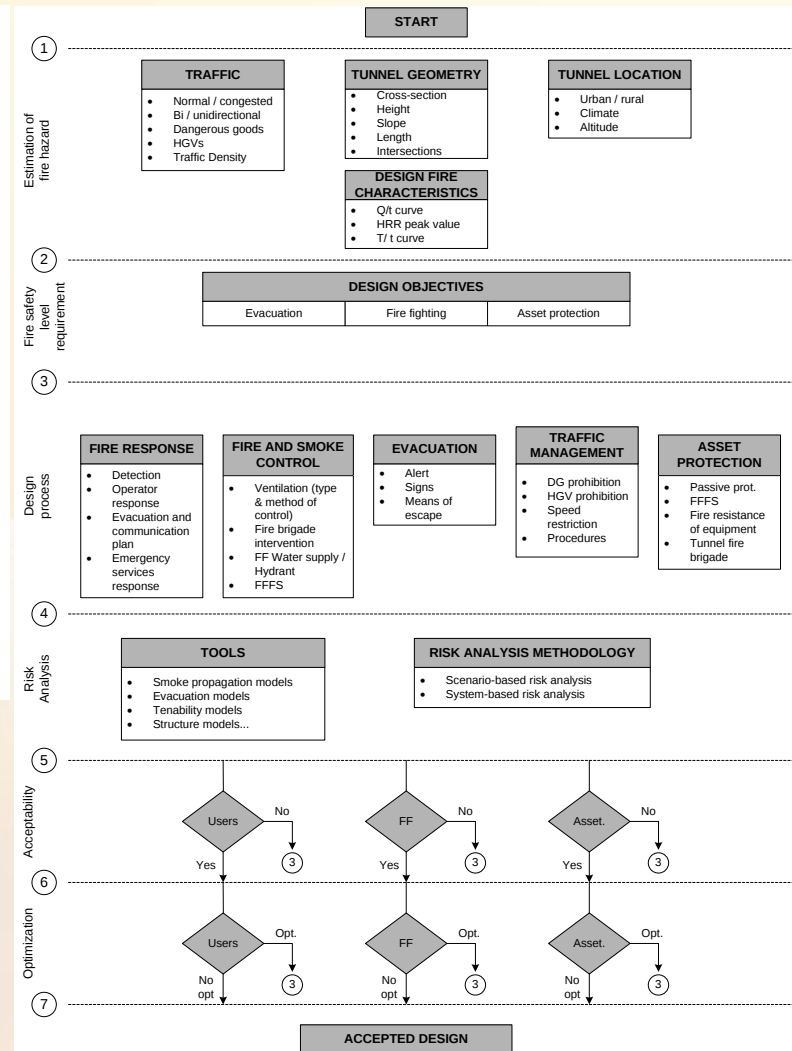
Fuente / source: LinkedIn

Algunos desafíos / Some challenges



Design fire characteristics for road tunnels.
PIARC.

To be published



Algunos desafíos / Some challenges

Desafío 2. Sobre la selección de herramientas de evaluación apropiadas

Challenge 2. On the choice of the appropriated evaluation tool



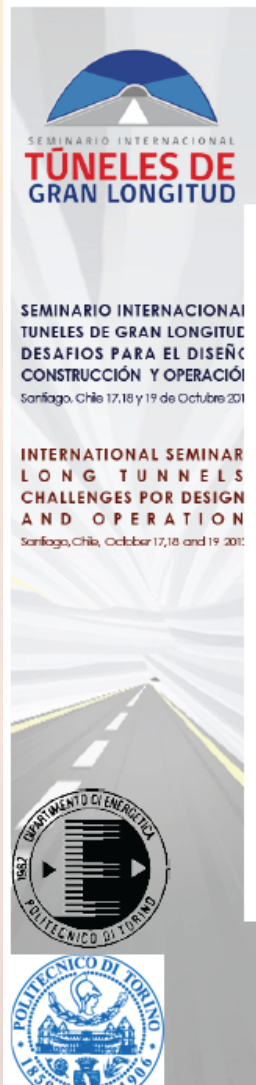
Las herramientas CFD tridimensionales no parecen adecuadas (al menos actualmente) en problemas donde son imprescindibles grandes estudios paramétricos, enfoques probabilistas o condiciones de contorno con gran incertidumbre



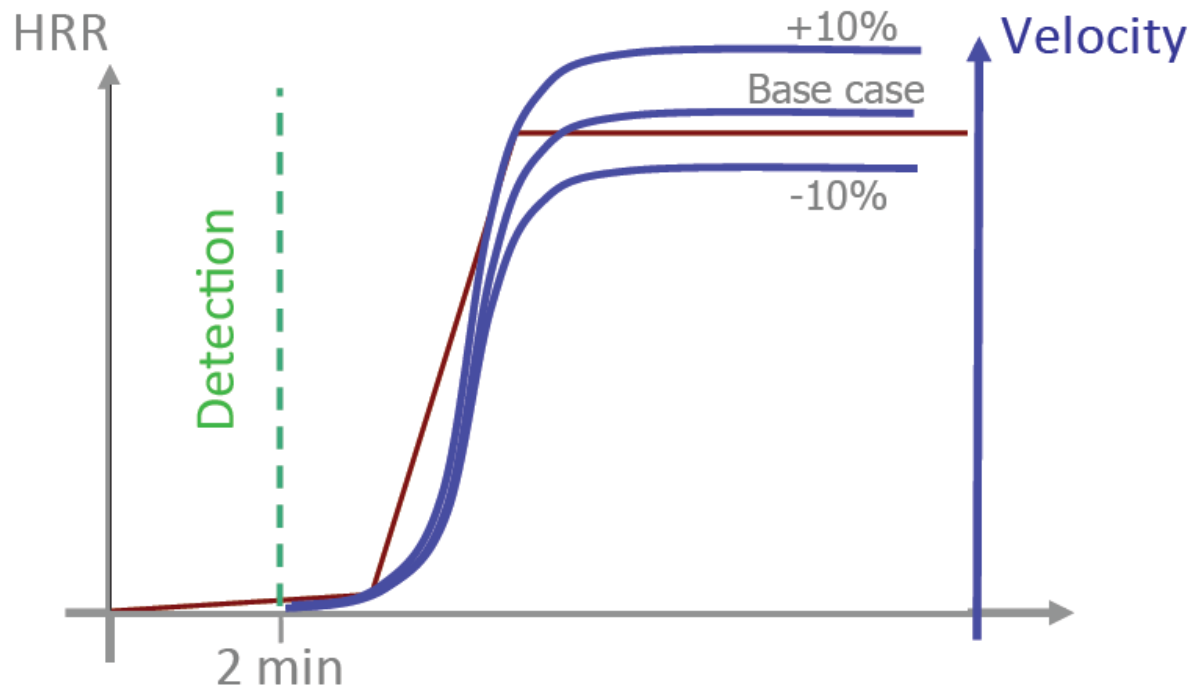
Tridimensional CFD tools do not seem appropriated (at least at the moment) when parametrical studies are needed (i.e. to identify the worst case scenario), probabilistic approaches or determination of boundary conditions with high uncertainty



Algunos desafíos / Some challenges



Model weakness 3D Model – Limits (an example)



Source: PIARC Seminar 2012
Prof. Borchellini

R. Borchellini - Department of Energy - Politecnico di Torino

52

Algunos desafíos / Some challenges



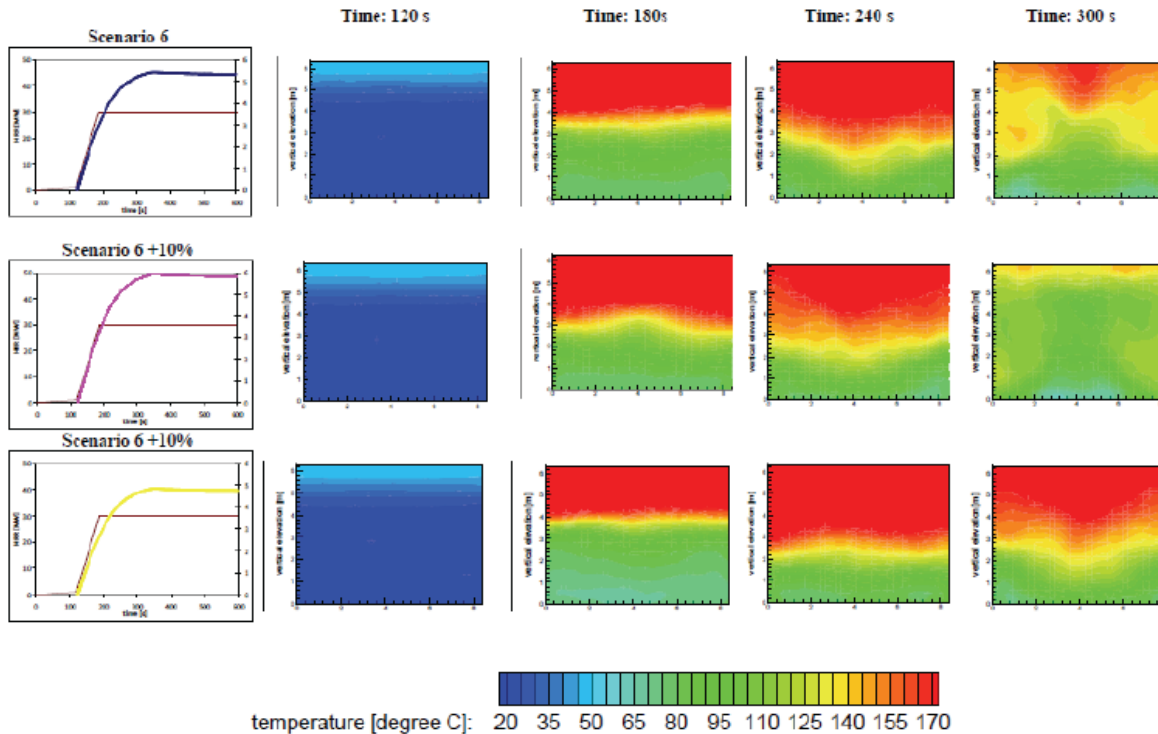
SEMINARIO IN
TUNEL DE GI
DESAFÍOS PA
CONSTRUCCIÓN
Santiago, Chile 17.18

INTERNATION
LONG T
CHALLENGES
AND OP
Santiago, Chile, Oct



Model weakness 3D Model – Limits (an example)

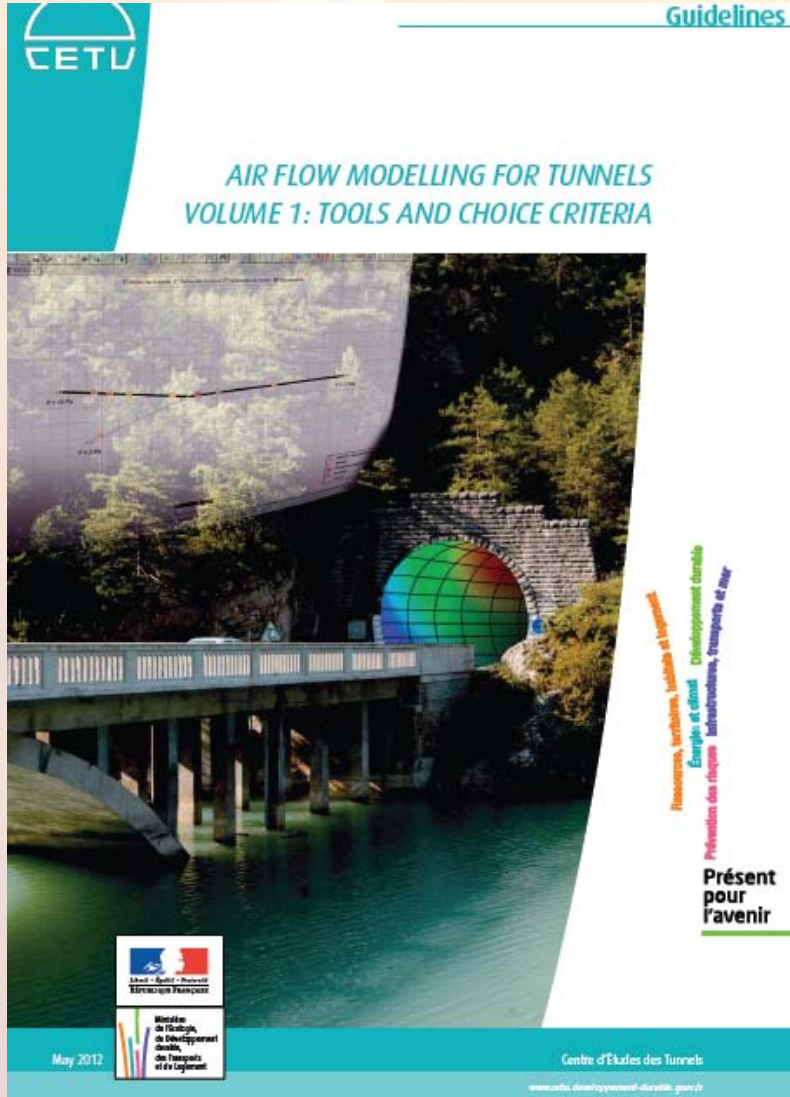
Temperature contours 50m downstream of the fire



R. Borchellini - Department of Energy - Politecnico di Torino

Source: PIARC Seminar 2012
Prof. Borchellini

Algunos desafíos / Some challenges



Problem under study	1-D	3-D
Dimensioning of the system: jet fans or ventilation flow rates		
For longitudinal ventilation		
For transverse ventilation	✓ (a)	
Definition of basic scenarios for day-to-day ventilation and smoke control	✓	
Optimisation of the ventilation system		
Longitudinal positioning of jet fans	✓	
Fine-tuning of smoke control scenarios		✓
Geometry of extraction dampers (unusual)		✓
Fine-tuning of flow rates for smoke confinement (unusual)		✓
Transverse positioning of jet fans, improvement of efficiency (unusual)		✓
Hazard studies		
Longitudinal ventilation, in cases where control of the longitudinal air flow is not required	✓ (b)	✓
Transverse ventilation, or longitudinal ventilation in a scenario where control of the longitudinal air flow is required		✓
Reconstruction of real fires		
Reconstruction of ventilation scenarios	✓	
Reconstruction of conditions during the fire		✓
Fire safety engineering (for structural resistance)		
Computation of thermal solicitations on structures		✓ + combustion
Impact on the environment and neighbouring tunnels		
Dispersion of pollutants at tunnel portals, of smoke, recycling between bores or neighbouring tunnels		✓

Algunos desafíos / Some challenges

Desafío 3. Sobre la ausencia de las características de la incertidumbre de los fenómenos que intervienen en el proceso

Challenge 3. On the absence of the uncertainty characteristics of the phenomena of the processes involved

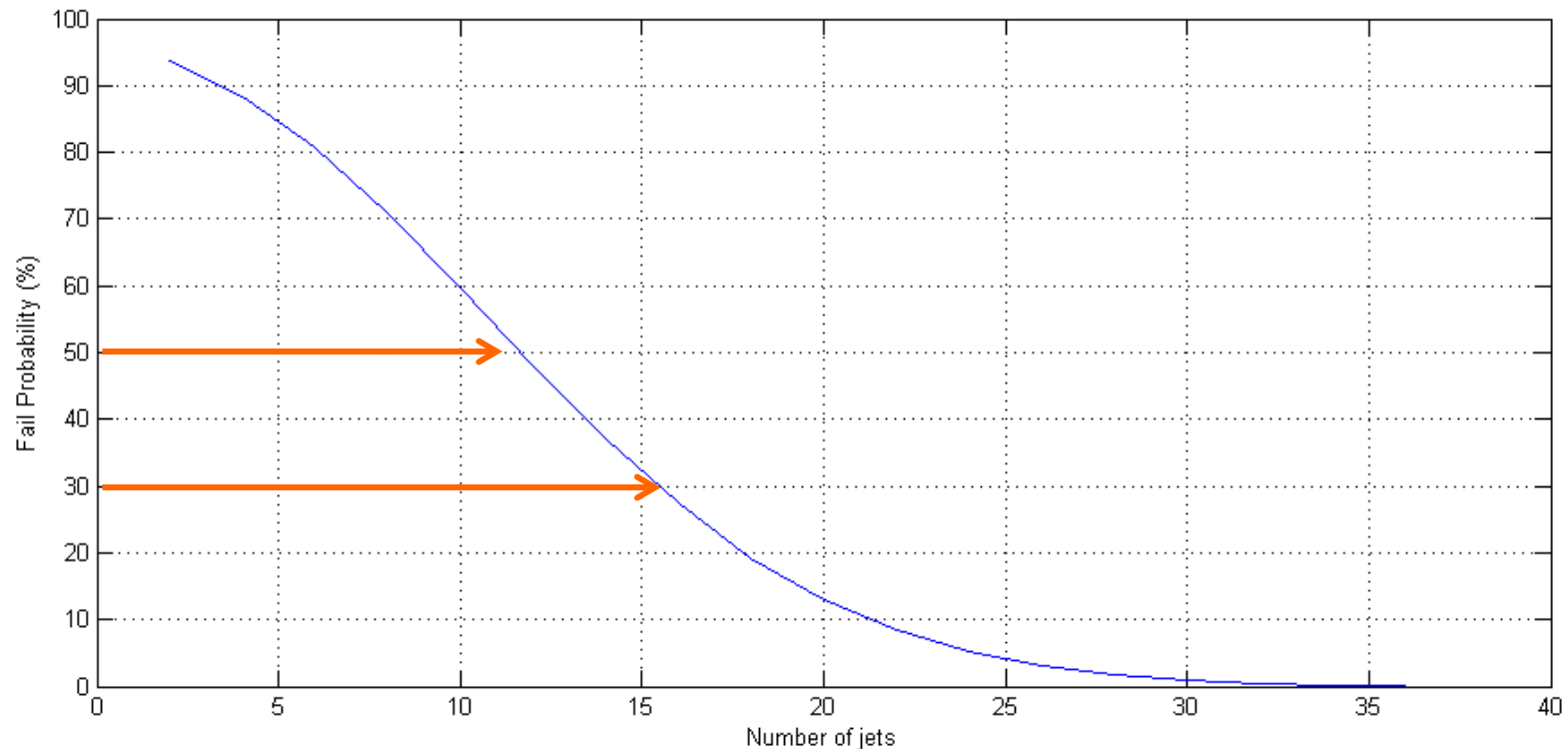
Los enfoques probabilistas pueden ayudar en la optimización de sistemas de seguridad y, adoptados en las normativas, el establecimiento de niveles de seguridad homogéneos en la red

Probabilistic approaches are useful tools for the optimization of safety systems and, incorporated into the regulations, the application of homogeneous safety levels in the tunnels system

Algunos desafíos / Some challenges

La probabilidad de fallo del sistema puede emplearse como criterio de eficacia

Probability of failure can be used as a performance criteria



Algunos desafíos / Some challenges

Desafío 4 Sobre la importancia de la explotación en el diseño

Los escenarios de diseño deben considerar el ciclo completo de vida: proyecto, ejecución, explotación.

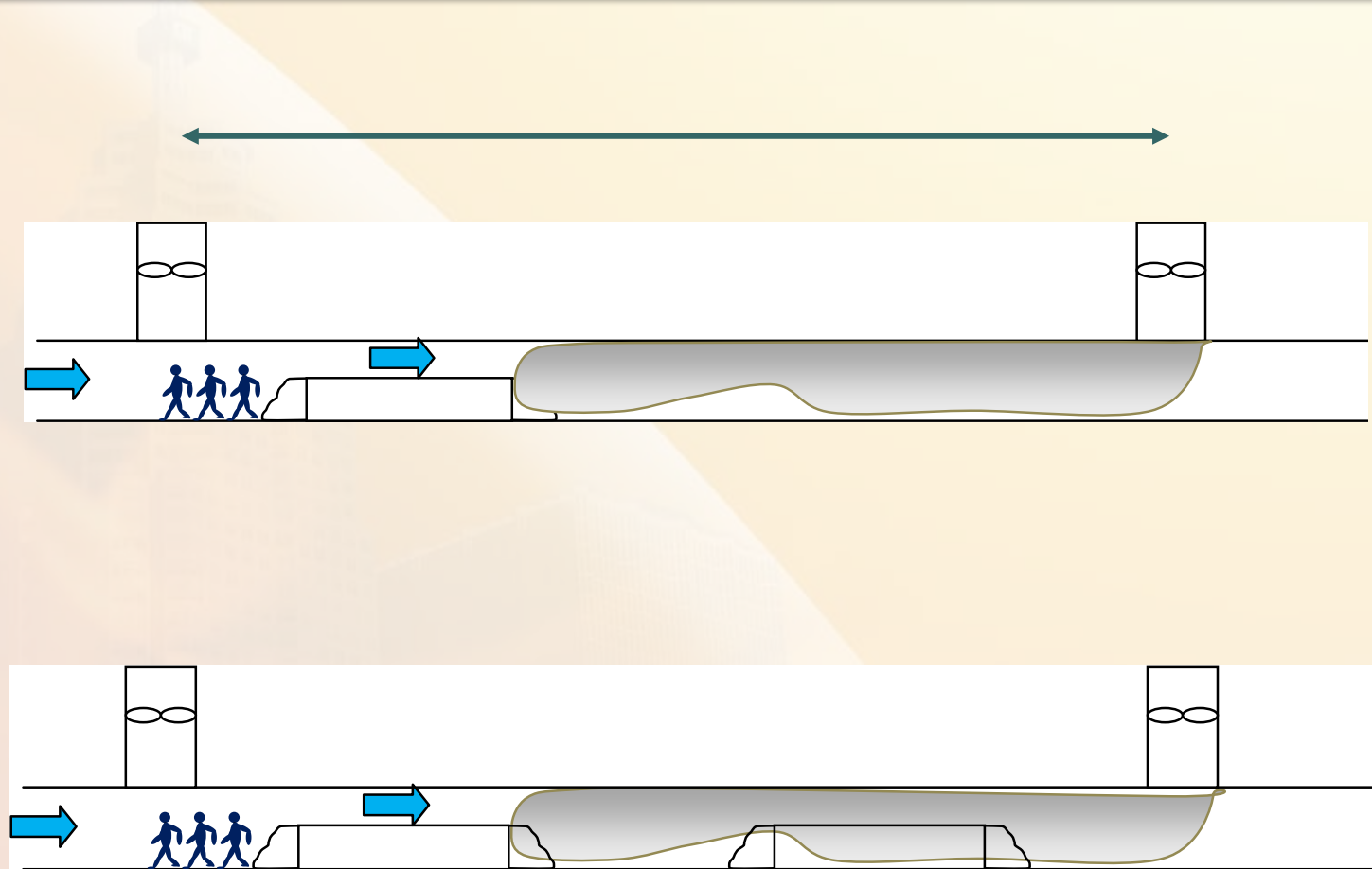
Si el operador no participa en el proceso, la solución final puede imponer restricciones (de uso) que en el caso de medios de transporte son inaceptables e “irrecuperables”

Challenge 4 On the critical importance of considering operation

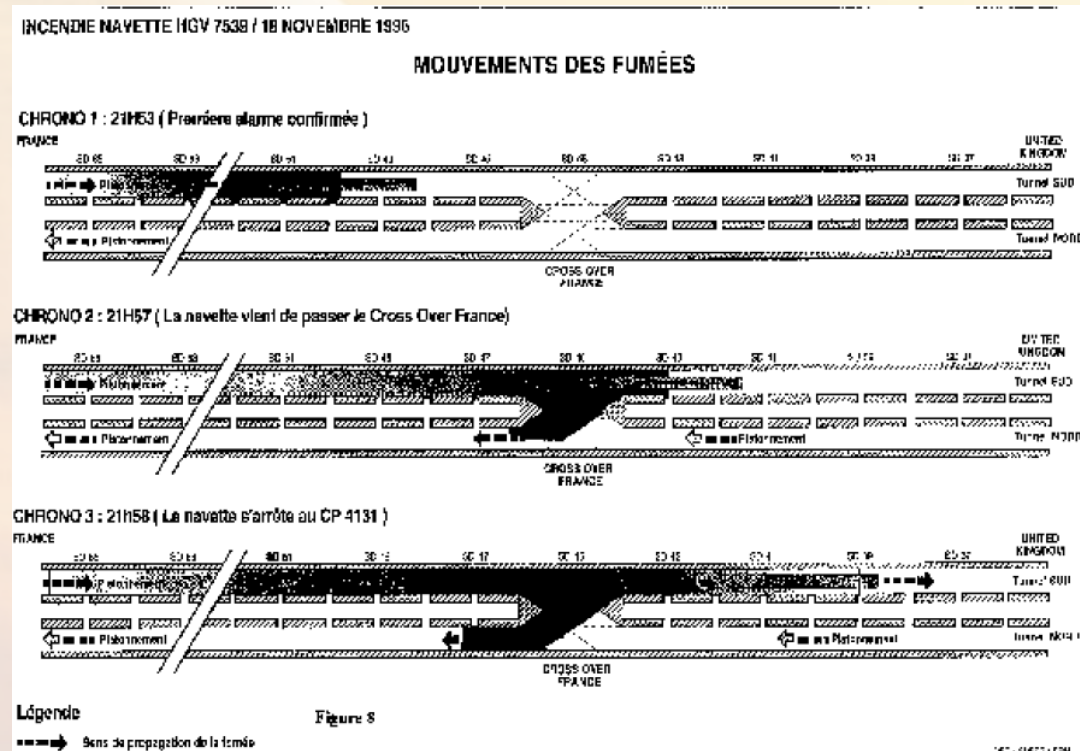
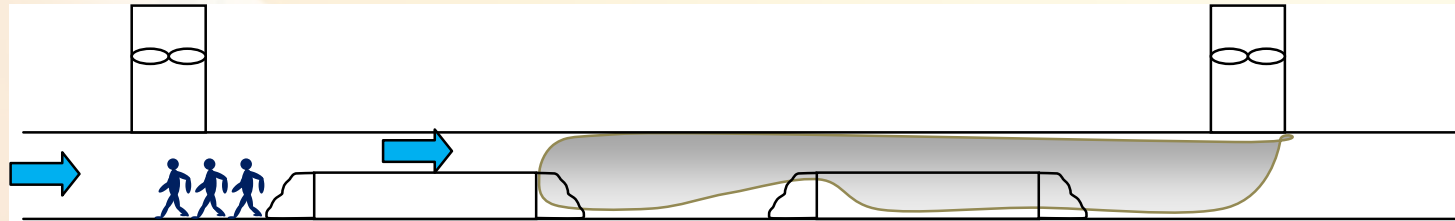
The design of the scenarios must consider all the life cycle of the tunnel: design, construction and operation.

When the operator is not involved in the process from the initial stages, the final solution can impose restrictions (of use) unacceptable and irreversible.

Algunos desafíos / Some challenges



Algunos desafíos / Some challenges



Algunos desafíos / Some challenges

Desafío 5 Sobre la transparencia del proceso

Challenge 5 On the transparency of the process

El incremento en la complejidad del problema no puede ser excusa para una pérdida de transparencia en la documentación final del DBP SINO UN ARGUMENTO ADICIONAL A SU REFUERZO

A increase in the complexity of the problem should not be the excuse for a reduction of the detail and rigor in the final design documentation but AN ADDITIONAL ARGUMENT FOR ITS STRENGTHENING

Algunos desafíos / Some challenges

La trazabilidad absoluta de un modelo CFD requiere la definición de todas y cada una de las variables y parámetros configurados así como la geometría, condiciones de contorno y resultados de los análisis de sensibilidad realizados en el proyecto

The total traceability of a CFD model requires the complete definition of all the variables, parameters, configuration and so the geometry, boundary conditions and results of all the sensibility analysis used in an specific project

Algunos desafíos / Some challenges

Guadalajara, Jalisco
Viernes, 22 de Febrero de 2013
Actualizado: Hoy 01:42 hrs

15°

INFORMADOR.COM.MX

Primera **Jalisco** México Internacional Economía Deportes Tecnología Cultura Entretenimiento Suplementos

Seguridad Educación Congreso local Salud Gobierno del Estado Vialidad Municipios

Temas Importantes: Sismos | Emilio González | Gripe Aviar | Chapo Guzmán | Vida Social |

Discuten Ley de Transparencia en el Congreso local

Nota

Congreso local | Transparencia y Acceso a la Información | PAN Jalisco | PRI Jalisco | MC Jalisco

La mayoría de los participantes se pronuncia por abrogar la Ley de Información

Legisladores convocan foro para académicos y especialistas en materia de transparencia y acceso a la información

GUADALAJARA, JALISCO (21/FEB/2013).- El Congreso del Estado fue escenario de una discusión en torno a los alcances de una reforma a la Ley de Información que actualmente está en vigor en Jalisco; en las conclusiones, la mayoría de los participantes se pronunció por abrogar la Ley de Información y retomar para su funcionamiento la Ley de Transparencia, algunos participantes consideraron necesario realizar cambios; otros, esperar a que se concreten las reformas federales en materia de acceso a la información y después



Conclusiones / Conclusions

- ✓ El DBP es una herramienta útil y necesaria en el ámbito de la seguridad en túneles
- ✓ PBD is a useful and necessary tool in the field of tunnel safety
- ✓ Su aplicación exige técnicos con experiencia y alto nivel de formación en DBP así como una mayor involucración en el proceso de la autoridad competente
- ✓ Experienced and trained engineers and a highest involvement of the authority is a challenge
- ✓ La transparencia en el proceso de toma de decisiones y en la justificación de la solución es clave para su adecuada implantación
- ✓ Transparency in the decision making process and the final design documentation is a key aspect Experienced and trained engineers and a highest involvement of the authority is required

Gracias por su atención
Thanks for your attention



Ignacio del Rey Llorente
Escuela Técnica Superior Ingenieros Industriales (UPM)
Centro de Modelado en Ingeniería Mecánica (CEMIM-FFII)

¡¡Y sobre todo a las traductoras!!

Organizadores / Organizers



FUNDACIÓN MAPFRE

Madrid, 20 – 22 de Febrero de 2013
Centro de Convenciones Mapfre