



Estudio de las condiciones de Seguridad contra Incendios en los Trenes de Pasajeros 102 y 103 de RENFE Operadora



**Convenio de Colaboración entre la Dirección General de Alta
Velocidad - Larga Distancia de RENFE Operadora y la
Universidad de Cantabria**

Introducción

Al amparo del Convenio Marco de Colaboración entre la Dirección General de Alta Velocidad-Larga Distancia de RENFE Operadora y la Universidad de Cantabria, el pasado 27 de septiembre de 2006 se firmó un Convenio de Colaboración específico con el Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos de la Universidad de Cantabria para el desarrollo, por medio de nuestro Grupo GIDAI - Seguridad contra Incendios - Investigación y Tecnología, del "**Estudio de las condiciones de Seguridad contra Incendios en los Trenes de Pasajeros 102 y 103 de RENFE Operadora**".



El Equipo de Investigación, bajo la supervisión de D. Abelardo Carrillo Jiménez, Director General de Alta Velocidad-Larga Distancia de RENFE Operadora y D. José Antonio Jiménez Redondo, Director de Trenes e Innovación Tecnológica, y la dirección del Prof. Dr. Jorge A. Capote Abreu, está integrado por Investigadores de GIDAI dedicados directamente al Estudio, y por Colaboradores Externos expertos en Seguridad contra Incendios en el Transporte Ferroviario de Pasajeros.

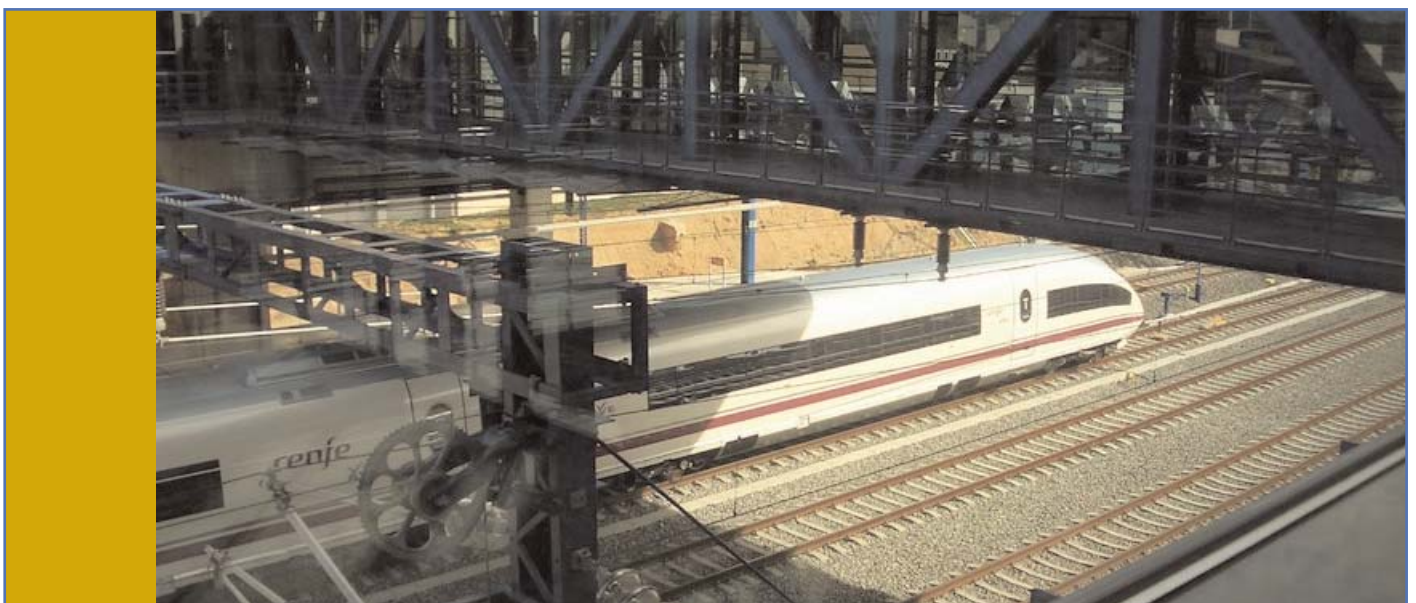
El Estudio se ha centrado en aquellos aspectos de la Seguridad contra Incendios que tienen vinculación con la Seguridad de las personas durante las actuaciones en caso de Evacuación a bordo de los Trenes de Pasajeros 102 y 103, estudiando las manifestaciones del incendio:

DIRECTAS

Efectos del calor (golpes de calor, lesiones internas debidas a las altas temperaturas, quemaduras, etc.), los gases tóxicos (altas concentraciones de CO, CO₂, etc.), y la reducción del nivel de O₂.

INDIRECTAS

Reducción en la visibilidad debido al oscurecimiento por el humo del incendio, la afectación de las cargas térmicas a la estructura del compartimento, etc.



Tipología de los Trenes 102 y 103

El objetivo central del Estudio consistió en el análisis de los aspectos relacionados con la Seguridad contra Incendios de los diferentes espacios que conforman los trenes de alta velocidad 102 y 103.

Las primeras etapas del Estudio se centraron en el análisis de las características y particularidades de la tipologías de estos trenes, con especial énfasis en las condicionantes geométricas, características de materiales e interiorismo, condiciones de evacuación y sistemas de protección contra Incendios instalados.



La Serie 102 es un tren de pasajeros de Alta Velocidad que será empleado en la conexión de las principales capitales autonómicas. La Serie 102 es un tren fabricado por TALGO-BOMBARDIER y está constituido por 14 coches.

La Serie 103 de AVE es un tren eléctrico de pasajeros de Alta Velocidad fabricado por la empresa SIEMENS como desarrollo avanzado del tren alemán ICE 3. El tren tiene un total de 404 plazas y está constituido por 8 coches.



COCHE CLUB



COCHE PREFERENTE



Los vehículos ferroviarios de pasajeros de alta velocidad están integrados por diferentes tipologías de recintos, en los que interactúan diversos factores de riesgo de incendio.



CABINA CONDUCTOR



CAFETERÍA

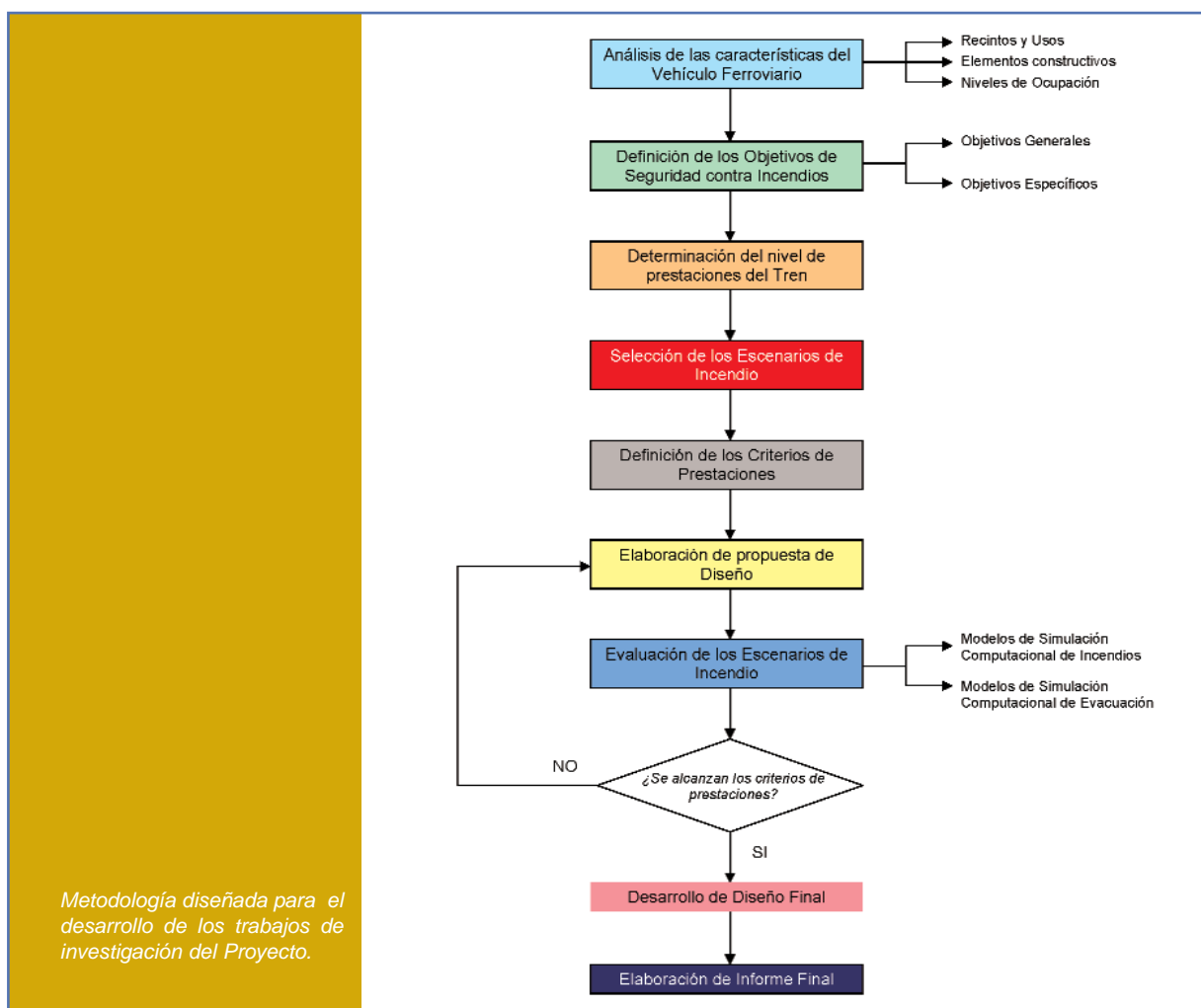
RECINTOS COMPLEMENTARIOS



Metodología

El Proyecto se desarrolla en base a un esquema metodológico propio que contempla, de manera global, todos los aspectos de interés sobre la Seguridad contra Incendios en vehículos ferroviarios de pasajeros.

A efectos metodológicos del Estudio se decidió recurrir a la referencia internacional más relevante que ofrece una metodología para la aplicación de este tipo de enfoques de diseño para la Seguridad contra Incendios en trenes de pasajeros: **ASTM E 2061** *Guide for Fire Hazard Assessment of Rail Transportation Vehicles*, que proporciona una guía para la valoración de las situaciones de riesgos de incendio en Vehículos Ferroviarios de Pasajeros. Para ello, exige la necesidad de desarrollar todos los escenarios de incendio cruciales que deban ser considerados y la consideración del efecto de todos los aspectos relacionados con el vehículo objeto de Estudio que puedan afectar a un evento de incendio.



Para lograr el objetivo de Seguridad para las personas en los vehículos, el tiempo requerido en caso de un incendio para evacuar a los ocupantes de los correspondientes trenes debe ser inferior al tiempo en el que las manifestaciones del incendio ocasionen condiciones insostenibles para la vida humana:

$$t_{INSOS} \gg t_{EVAC}$$

$$F_{IN} = [(F_{ICO} + F_{ICN}) \cdot VCO_2 + F_{IO}] \text{ or } F_{ICO2}$$

Escenarios Básicos de Incendio a bordo

En el Estudio se desarrollaron diferentes simulaciones computacionales con el propósito de estimar las consecuencias de diferentes eventos de incendio en el interior de los trenes de pasajeros estudiados y evaluar medidas que pudieran mejorar las condiciones de Seguridad contra Incendios de las personas a bordo. Los diferentes escenarios, 12 para cada uno de los trenes, vienen determinados en función de tres tipos de aspectos:

Tipo de coche extremo

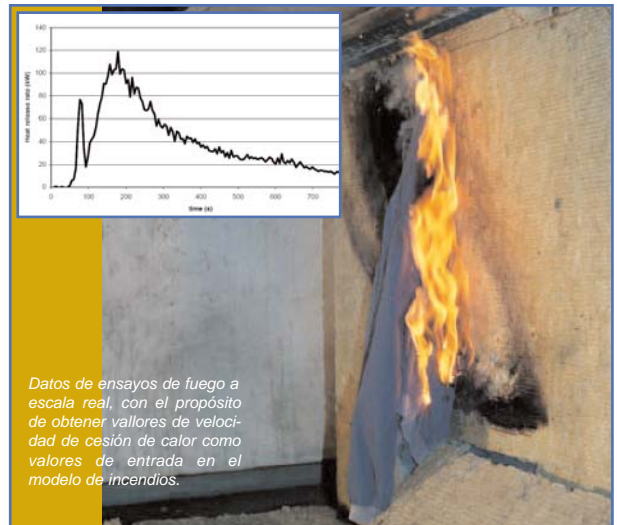
Debido a la configuración asimétrica de los trenes S102 y S103, se estudiarán los dos coches extremos de cada serie de tren, que se corresponden con el Coche Extremo Club y el Coche Extremo Turista.

Fuente de ignición

Se definen tres tipos de fuentes de ignición posibles: (a) unas chaquetas en la bandeja portaequipajes, (b) una pequeña mochila sobre un asiento, y (c) una pequeña mochila bajo el asiento

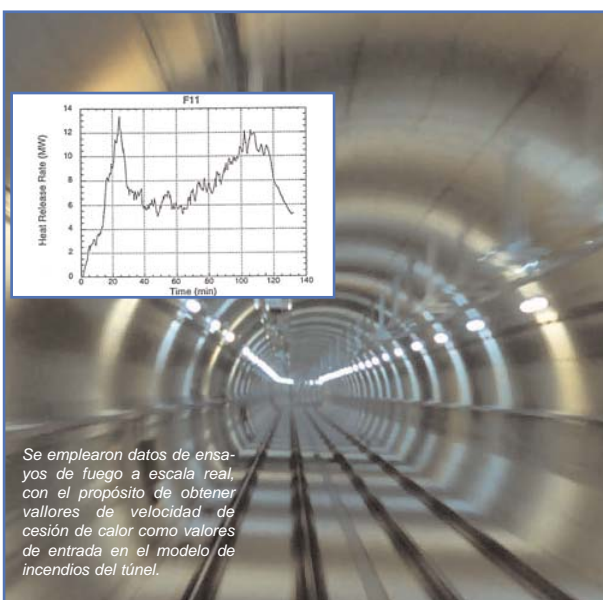
Tiempo de apertura de puertas

Se consideran dos diferentes tiempos desde el inicio del incendio hasta la apertura de las puertas: (a) 5 minutos, correspondiente a una situación en la que el conductor ha decidido detener el vehículo lo antes posible para proceder a su evacuación y (b) 15 minutos, basado en la TSI, que exige que el vehículo opere durante este tiempo con el incendio detectado a bordo.



Escenario de Incendio en Túnel

Se consideró el análisis de un escenario de incendio adicional correspondiente a un evento exterior al compartimento de pasajeros de los trenes, en el interior de un túnel donde se ha producido la parada del vehículo ferroviario. A efectos del Modelado Computacional se han tomado como referencia las particularidades del túnel de Guadarrama.



Clase de Frecuencia	Clase de consecuencia			
	S4	S3	S2	S1
A				
B				
C	32			
D			11, 26	6
E		12, 15, 16, 25	3, 18, 21, 31	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 20, 22, 23, 29, 30
F	33	19		2, 13, 17, 24, 27, 28

Análisis preliminar de riesgos de incendio según UNE-EN 50126.

Para la definición de las condiciones de severidad del Incendio en términos de velocidad de cesión de calor (heat release rate) se analizaron diferentes metodologías disponibles, desde la caracterización a través de métodos tradicionales a partir de la cuantificación de la carga de fuego en los vehículos hasta los valores de ensayos destructivos a escala real.

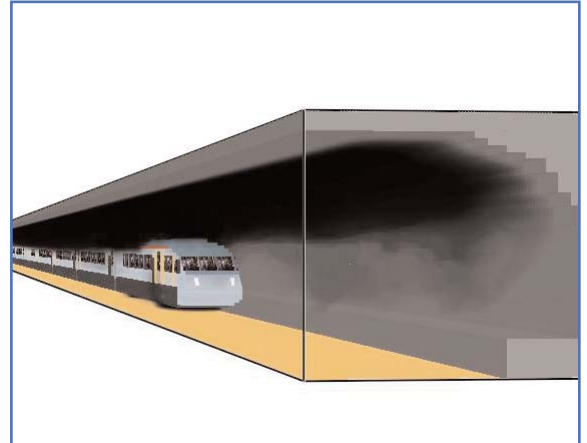
A efectos del Modelo se consideraron los resultados obtenidos en el Proyecto de Investigación EUREKA-project full scale tests in tunnels.

Modelado y Simulación Computacional de Incendios

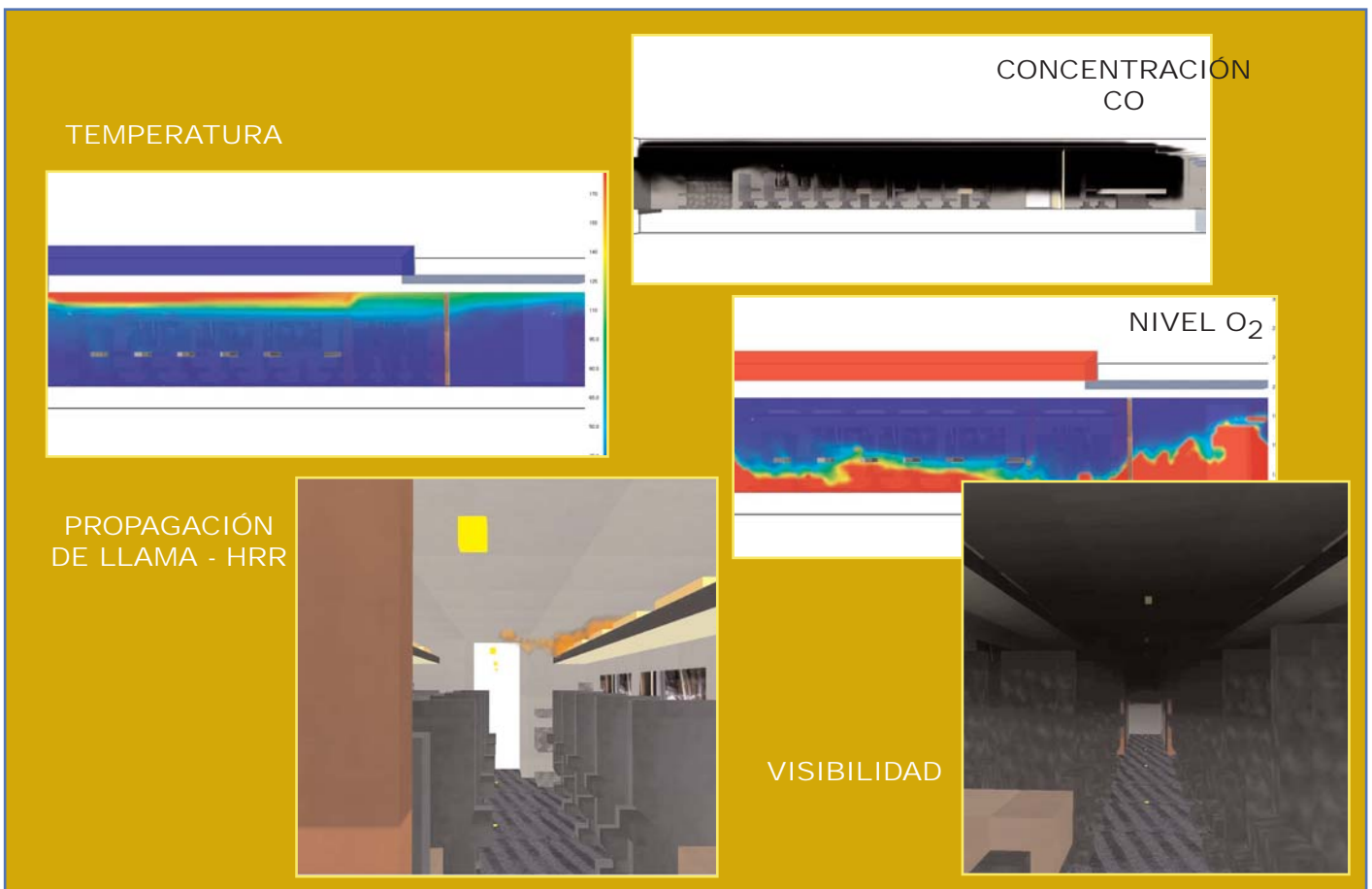
El Modelo de Simulación Computacional de Incendios empleado en el Estudio fue el modelo 'Fire Dynamics Simulator (FDS)', versión 4, desarrollado por el Building and Fire Research Laboratory del National Institute of Standards and Technology - NIST (USA) con la colaboración del VTT Building and Transport (Finlandia).

Se trata de un modelo de dinámica de fluidos computacional (Computational Fluid Dynamics - CFD) concebido de manera específica para reproducir el fenómeno del incendio en recintos cerrados, que resuelve numéricamente una forma de las ecuaciones de Navier-Stokes adecuada para aplicaciones con bajo número de Mach, adecuadas para los fenómenos vinculados a la dinámica del incendio.

Los datos de entrada básicos requeridos por el modelo para los ensayos fueron las geometrías de las unidades de tren estudiadas, el tamaño de la rejilla computacional, las condiciones de ventilación, las características de las superficies combustibles (paredes, techo, suelo) y resto de mobiliario, y la localización de la fuente de ignición y sus características de cesión de calor por unidad de área.



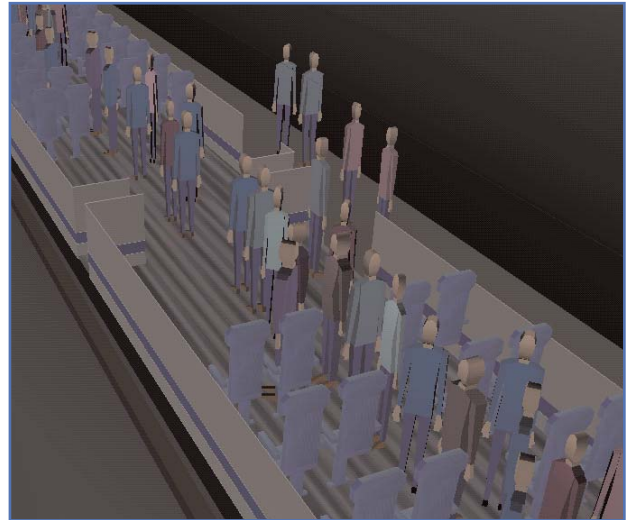
FDS calcula en las superficies sólidas la temperatura, flujos de calor, velocidad de combustión, velocidad de pérdida de material, así como en fase gas, la temperatura de la fase gas, la velocidad de los fluidos, la concentración de especies presente (CO, CO₂, N₂), la concentración de humos y estimación de visibilidad, la presión, la velocidad de cesión de calor por unidad de volumen, la fracción de mezcla (ratio aire/combustible), la densidad de los gases, etc.



Modelado y Simulación Computacional de Evacuación

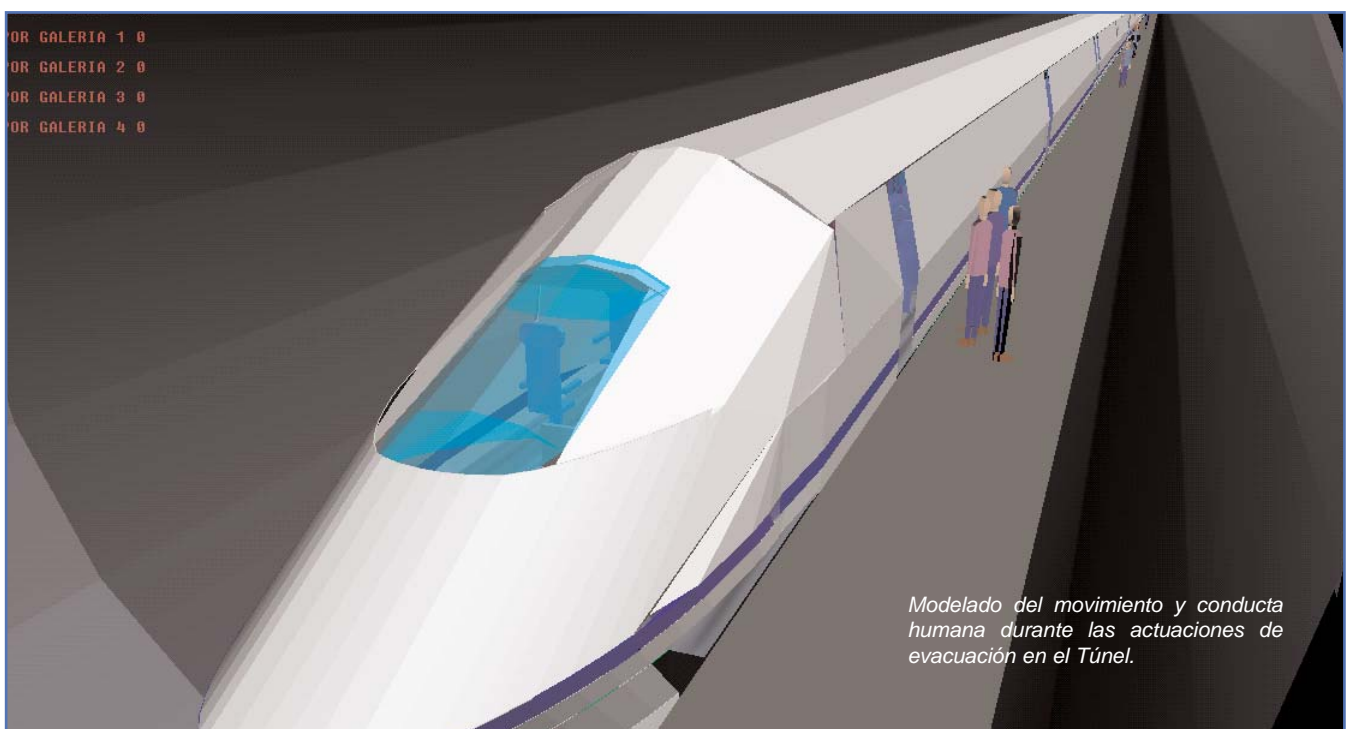
El análisis de las condiciones de evacuación de los ocupantes, movimiento y comportamiento, durante la evacuación de los vehículos ha sido realizado mediante el modelo de evacuación, Simulation of Transient Evacuation and Pedestrian MovementS (STEPS).

STEPS fue desarrollado por la compañía Mott MacDonald (UK) y es un modelo que tiene como propósito simular el comportamiento de los ocupantes en una situación normal o de emergencia dentro de diferentes tipos de edificios o instalaciones. Se trata de un modelo de movimiento / conducta parcial, que contiene habilidades de premovimiento, características del ocupante, factor de paciencia, y conducta familiar.



La estructura del modelo viene dada a través de un sistema de red fina compuesta de una serie de células de cuadrícula, en la que sólo un ocupante puede ocupar cada célula. El tamaño normal de la célula de cuadrícula es 0.5 x 0,5 m tuvo que ser modificado a efectos del Estudio a fin de considerar las particularidades de los trenes. El modelo considera a los ocupantes individualmente y permite al usuario dar rasgos individuales a cada persona o grupos de personas en la simulación. Los ocupantes también tienen una visión individual del recinto, porque el usuario puede especificar el "objetivo" o punto de control (salida) de cada ocupante (o grupo), teniendo en cuenta una ruta definida para ciertos grupos de personas. Para cada objetivo, se asigna a cada grupo de ocupantes un factor de conocimiento entre 0 y 1, especificando la fracción de ese grupo que conoce la salida. Si es especificado un 0 para el grupo de ocupantes y el objetivo, esto denota que nadie en el grupo sabe acerca del objetivo o la salida, y la etiqueta 1 especificaría que todos en el grupo saben acerca del objetivo o la salida.

Los ocupantes escogen la salida a la que se dirigen según por la puntuación asignada a cada salida. Esta puntuación se basa en los siguientes cuatro factores: (1) Menor distancia a la salida, (2) Familiaridad con la salida, (3) Número de ocupantes alrededor de la salida, y (4) Número de vías de salida.



Modelado del movimiento y conducta humana durante las actuaciones de evacuación en el Túnel.



GIDAI - Seguridad contra Incendios - Investigación y Tecnología
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
E.T.S. Ing. Industriales y de Telecomunicación
Dpto. Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

Avda. Los Castros, s/n
39005 SANTANDER
Tel.: +34 942 20 18 26
Fax: +34 942 20 18 73
E-mail: gidai@unican.es
<http://grupos.unican.es/GIDAI>



Convenio de Colaboración entre la Dirección General de Alta Velocidad - Larga Distancia de RENFE Operadora y la Universidad de Cantabria