

Evacuación de una estación de la Línea 9 del Metro de Barcelona

Enrique Segura Echániz; jefe del Departamento de Tíneles e ITS, AUDINGINTRAESA.

AudingIntraesa, como consultoría e ingeniería integral, ha participado y participa en numerosos trabajos relacionados con estudios de evacuación peatonal.

Introducción

Las técnicas de cálculo y diseño por ordenador están plenamente integradas en la ingeniería y la arquitectura. No obstante algunos cálculos de procesos se continúan haciendo según técnicas obsoletas y desperdiciando la enorme potencia de cálculo que nos brindan los ordenadores.

La simulación peatonal surge de la necesidad de conocer el comportamiento de personas en infraestructuras para poder tomar decisiones científicamente fundamentadas.

Utilizando software informático y algoritmos muy complejos somos capaces de reproducir el comportamiento humano y conocer, sobre el plano, eventuales problemas o desperdicio de espacios. Gracias a eso podemos optimizar nuestros diseños, mejorar la seguridad y reducir en tanto que sea posible el coste económico.

La aplicación de estos estudios no se limita a diseños nuevos sino que se utiliza igualmente para revisar y mejorar diseños ya en funcionamiento.

El software que utiliza AudingIntraesa es la herramienta puntera a nivel mundial en simulación para los peatones gracias a su adelantado algoritmo microscópico, desarrollado sobre la base de millones de mediciones reales y calibrado en función de patrones demográficos y del entorno.

Este potente software está estudiado para calcular densidades, flujos y tiempo de recorrido en cualquier instalación. Los resultados se pueden presentar como vídeos, mapas, tablas y diversos diagramas. También proporciona parámetros para medir la calidad de la experiencia del peatón y saber si su recorrido por la instalación ha sido satisfactorio o frustrante.

La elevada precisión de los datos generados por el programa nos otorga criterios objetivos en la toma de decisiones estratégicas.

Criterios para el cálculo de los tiempos de evacuación

Los criterios para el cálculo del tiempo de evacuación de los pasajeros a la estación objeto del proyecto, han sido:

- Tiempo de evacuación desde el lugar más alejado del andén hasta un lugar seguro ≤ 6 minutos.
- Tiempo de evacuación carga de ocupación de los andenes ≤ 4 minutos.
- Escaleras mecánicas consideradas paradas y una entre cada nivel de estación fuera de servicio.
- Los ascensores no se utilizan como vía de evacuación en caso de emergencia.
- En situación de emergencia todas las barreras tarifarias son practicable.

A continuación se describe el escenario de emergencia considerado, y la metodología utilizada por el cálculo de las cargas de ocupación de los pasajeros en las estaciones y de los tiempos de evacuación.

1. Escenario

Se trata de una evacuación ascendente, a diferencia de la clásica de un edificio. Se pueden producir dos tipos de emergencia: emergencia en el andén inferior o en un tren del andén superior.

2. Determinación del número de personas a evacuar

2.1. Información general

En general el número de personas a evacuar es determinante para la prueba de evacuación. Se dispone de los siguientes procedimientos:

Recuento

El recuento de personas para los cálculos de evacuación solo es posible para instalaciones existentes (no para construcciones nuevas). El recuento se tiene que realizar en el momento en que se espera la máxima afluencia de pasajeros

Pronóstico

Este procedimiento se utiliza sobre todo al restablecimiento de instalaciones o en casos donde se hayan planificado o se esperen cambios decisivos en la explotación. De esta manera, se pueden elaborar curvas de variación horaria para el volumen de pasajeros.

Los valores relativos al volumen del tráfico en horas punta en días laborables de estas curvas son también decisivos para la prueba de evacuación. Se tienen que tener en cuenta acontecimientos extraordinarios como partidos de fútbol, fiestas, etc. La densidad de pasajeros extrema esperada por éstos, en general no se tiene en cuenta por la prueba de evacuación, ya que en estos casos se aplican medidas extraordinarias (como mayor presencia de policía o la intervención de personal adicional por parte del transporte público).

Procedimiento del Deutschen Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) (Oficina Federal de Ferrocarril Alemana)

La oficina Federal de Ferrocarril permite los dos procedimientos siguientes para determinar el número decisivo de pasajeros:

Determinación dependiendo del número de plazas de los trenes. El número de pasajeros para la evacuación se determina con la expresión:

$$P_{\text{máx.}} = n(P1+P2)+P3$$

n = número de vías en el andén

$P1$ = número máximo de plazas de asiento en los trenes más largos que paran en el andén.

$P2$ = número máximo de plazas de pie en los trenes más largos que paran en el andén.

$P3$ = ocupación del andén, 30% de la suma de $P1+P2$.

Determinación de la densidad de pasajeros y superficie de andén. El número de pasajeros a evacuar se calcula de la siguiente manera: $P_{\text{máx}} = 3$ personas / m^2 superficie del andén permisible.

Procedimiento de la NFPA 130

En la NFPA 130 se describe un procedimiento para el cálculo del número de pasajeros a partir de:

- Número de pasajeros entrante en el tren.
- Número de pasajeros dentro del tren

Los valores máximos de $1/4$ de hora punta son la base para el cálculo de tráfico de hora punta, que pueden ser corregidos por la suspensión de algún tren y donde se puede aplicar un factor suplementario dependiendo de la explotación. Sin embargo, una explicación exacta de este procedimiento no se describe en la NFPA 130.

2.2. Estudio de alternativas de la evacuación de las estaciones de la red de FMB

La carga de ocupación es la suma de todos los pasajeros que se encuentran en el andén de la estación y en el tren que se ha averiado y que llega al andén.

Pasajeros que se encuentran en el andén

La carga de ocupación del andén son los viajeros que han accedido al andén durante los 15 minutos de máxima afluencia.

Pasajeros que se encuentran en el tren averiado

La carga de ocupación de los trenes es igual a la gente que hay dentro del tren averiado cuando llega al andén; considerando como

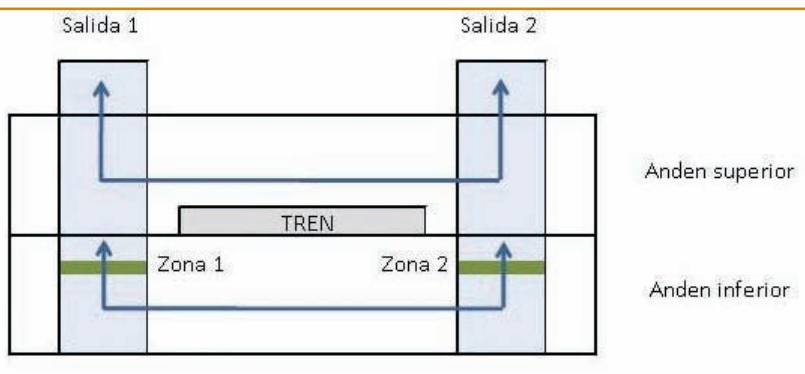


Figura 1. Esquema de los recorridos de evacuación y zonas de análisis. Caso 1.

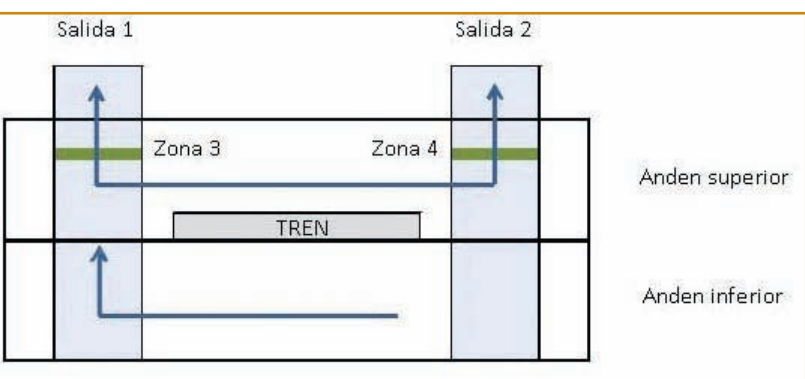


Figura 2. Esquema de los recorridos de evacuación y zonas de análisis. Caso 2.

máximo el valor más desfavorable que se pueda producir.

El valor más desfavorable es la capacidad de los trenes que operan en cada línea; su cálculo se basa al añadir al número de viajeros sentados, una ocupación excepcional de viajeros a pie a razón de 8 pax/m².

Tiempo de evacuación

El tiempo de evacuación es igual al tiempo que transcurre desde el momento en que el tren llega a la estación, una vez activado el proceso de emergencia, hasta que el último pasajero ha abandonado la zona de los andenes o la estación. Así pues, se han calculado dos tiempos de evacuación:

- El tiempo que tardan los pasajeros al abandonar el andén.
- El tiempo que transcurre hasta que el último pasajero sale de la estación.

Análisis de casos de evacuación

Se han estudiado dos casos de evacuación. Para cada caso, se han tenido en cuenta diferentes zonas de estudio:

- Tiempo máximo de 4 minutos para la evacuación completa del andén.
- Tiempo máximo de 6 minutos para la evacuación hasta la zona considerada segura.

Al tratarse de una estación de final de línea sólo es posible la llegada de un tren lleno por el andén superior, y sólo se considera que hay gente esperando en el andén inferior. Se ha considerado también que todos los pasajeros, tanto los del andén inferior como los que llegarían con el tren del andén superior, evacuarían simultáneamente.

- **Caso 1: evacuación de las dos andenes, por emergencia en el andén inferior.**
- **Caso 2: evacuación de las dos andenes, por emergencia en el andén superior.**

Para la simulación de este caso, evacuación por emergencia en el andén superior, se ha considerado que llegaría un tren con su ocupación máxima en este andén y los pasajeros evacuarían por las dos salidas existentes.

Por otro lado, en el andén inferior los pasajeros ya se encontrarían en zona segura, aún así, se ha realizado la simulación haciéndolos evacuar por la salida 1.

En este caso se ha realizado el análisis de las 2 zonas siguientes:

Zona 3: Salida del andén superior por salida 1.

Zona 4: Salida del andén superior por salida 2.

Resultados obtenidos

Los mapas de evacuación nos permiten visualizar de forma clara los tiempos necesarios para evacuar cada zona. Cada color asignado en la leyenda corresponde con un tiempo de evacuación.



Figura 3. Evacuación.

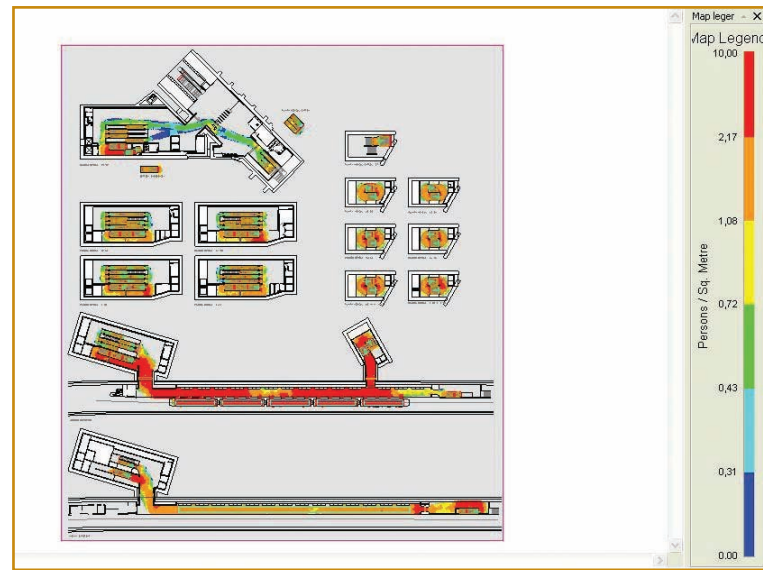


Figura 4. Densidad máxima.

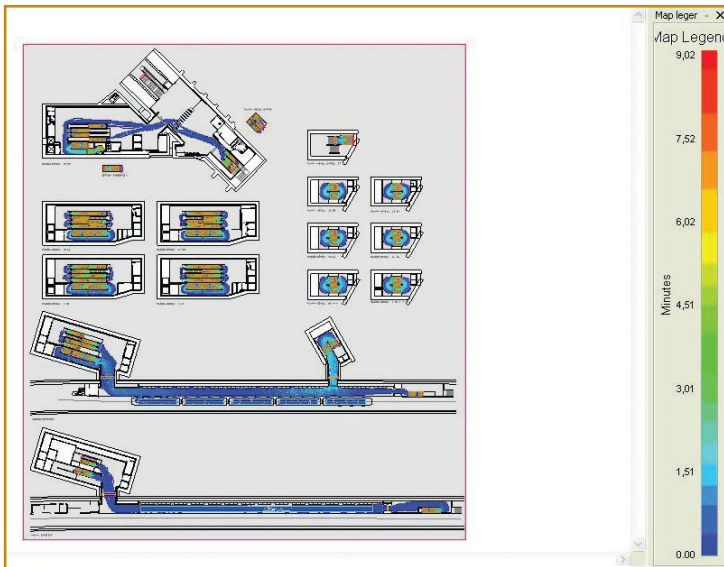


Figura 5. Utilización del espacio.

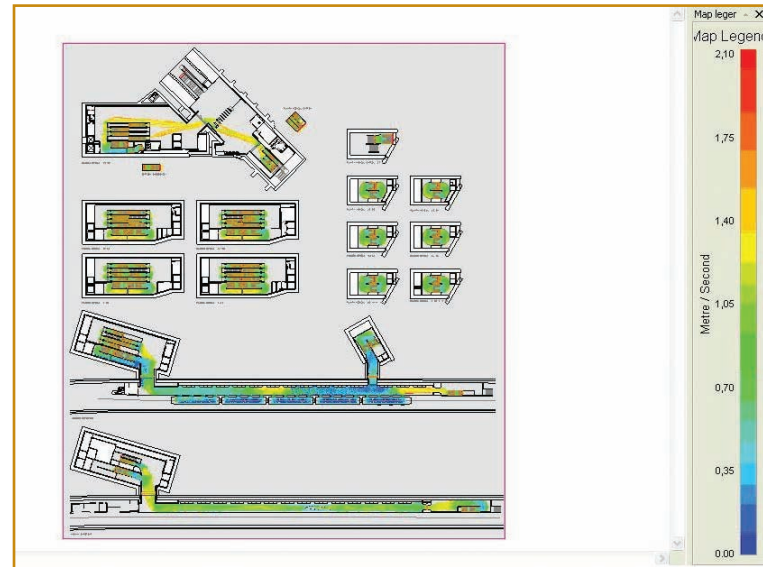


Figura 6. Velocidad.

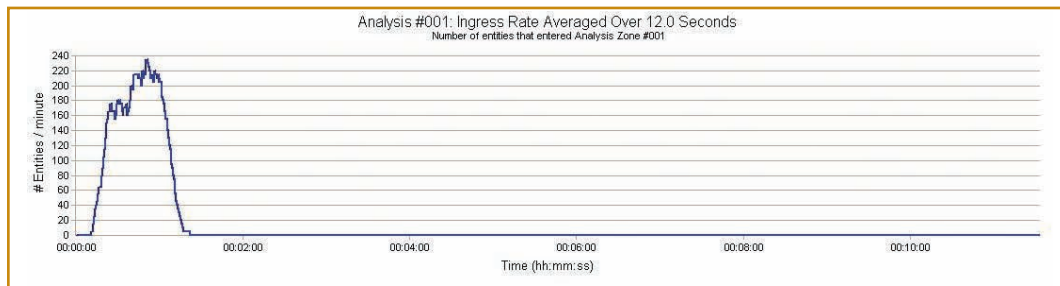


Figura 7. Análisis de zona.

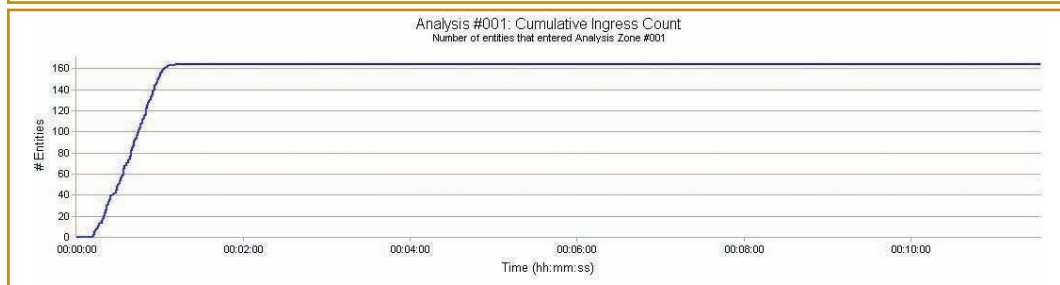


Figura 8. Análisis de zona.

Figura 9.
Análisis del modelo.

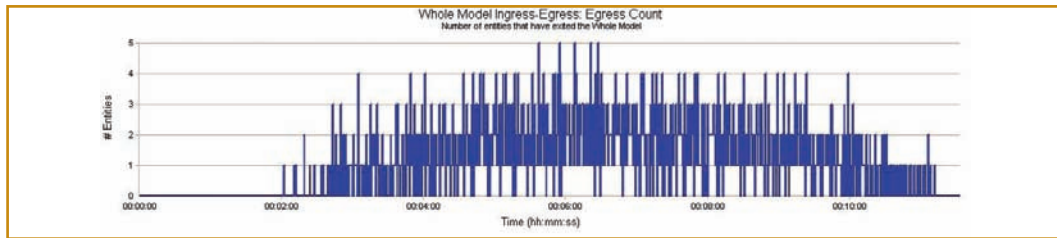
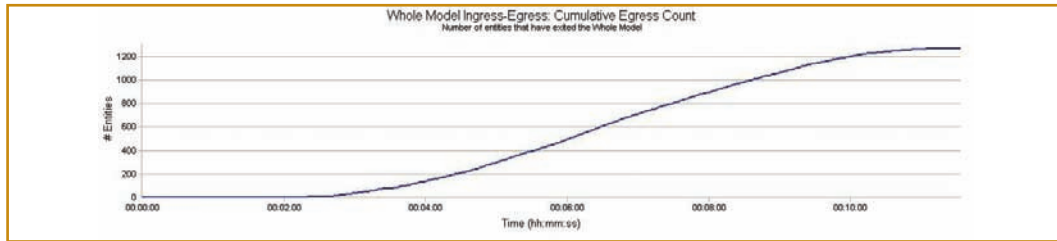


Figura 10.
Análisis de zona.



Conclusiones

Los principales beneficios que aporta la utilización del software microscópico para la evacuación son:

- **Optimización de costes.** Garantía de diseños adecuados y que funcionan correctamente, evitando sobredimensionados, aumentando la capacidad de los

recintos derivada de una mejor distribución de zonas.

- **Incremento de la Seguridad.** Mejorando el tiempo de evacuación evitando espacios insuficientes en áreas clave, y mejorando la experiencia personal del peatón.