ATUC Movilidad Sostenible
Comisión de Accesibilidad Universal

Madrid

29 noviembre 2019

PROYECTO FAIRSTATIONS

Presentación:

Carlos Zorita Pérez

Antonio de Santiago Laporte

Metro de Madrid

Future Secure and Accessible Rail Stations (FAIR Stations): NUMBER 777636 — IP/ITD/CCA1 — IP1, IP3

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Resumen del proyecto

Future Secure and Accessible Rail Stations

Duración del proyecto	**1 Sep 2017 – 31 Dic 2019**
Programa de ayudas	**Shift2Rail (H2020)**
Presupuesto	**1.2 Millones de Euros**

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

FAIR STATIONS

Metro

Consorcio

Coordinador proyecto

Coordinador técnico

Resto de socios

STAM MASTERING EXCELLENCE

newrail Centre for Railway Research at Newcastle University

Metro

TU WIEN

Siit SISTEMI INTELLIGENTI INTEGRATI TECNOLOGIE

APF ingeniería

ILUNION Tecnología y Accesibilidad

UITP ADVANCING PUBLIC TRANSPORT

Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

FAIR STATIONS

Metro



Objetivos

Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

FAIR STATIONS

Metro

1 **Diseño de un sistema de acceso al tren perfectamente integrado en la estación**

- **Para un flujo de viajeros óptimo**

2 **Diseño de estaciones con mejora de la seguridad tecnológica y física**

- **Para una mayor satisfacción del cliente**

Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

FAIR STATIONS

Metro



Retos del diseño

Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Complejidad: intercambiadores cada vez más grandes



Complejidad: centros comerciales y zonas de ocio



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

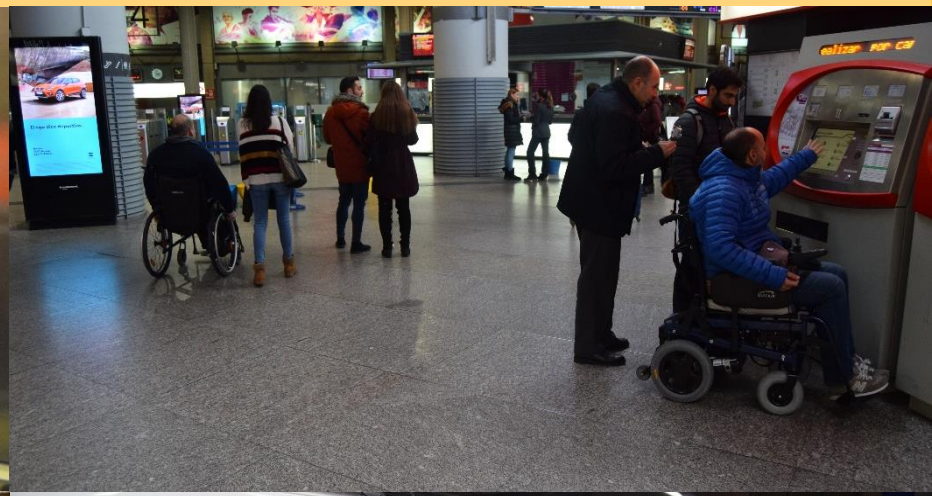
Flujo de viajeros, Seguridad física y tecnológica



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Accesibilidad (PMRs)









Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Seguridad física y tecnológica



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

FAIR STATIONS

Metro

Ingeniería de Factores Humanos & accesibilidad



Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Venta y Peaje



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Manejo de equipaje



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Señalética



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Zona de embarque y desembarque (PTI)



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Zona de embarque y desembarque (PTI)



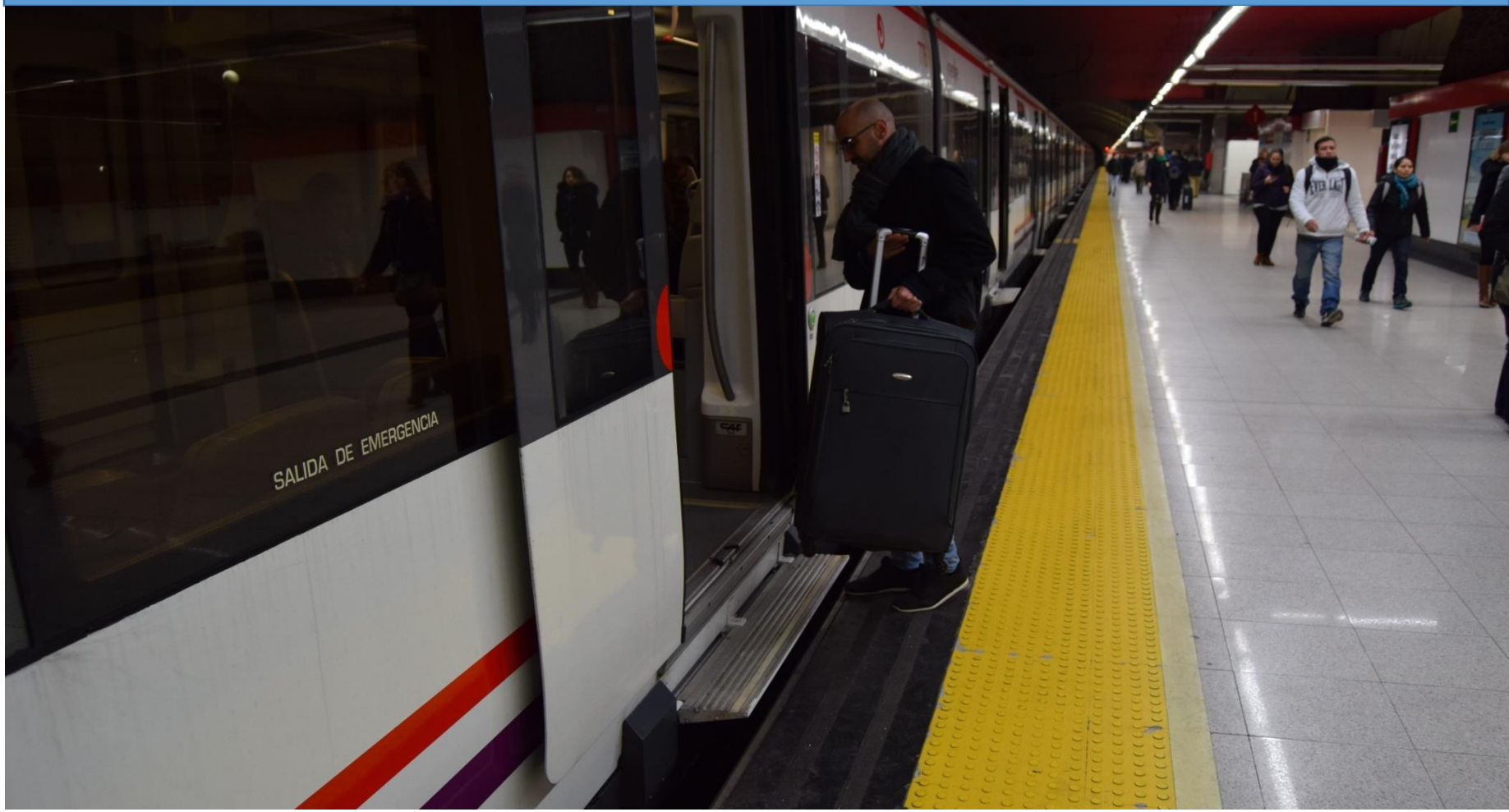
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Zona de embarque y desembarque (PTI)



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Zona de embarque y desembarque (PTI)



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

FAIR STATIONS

Metro



Resultados del Proyecto

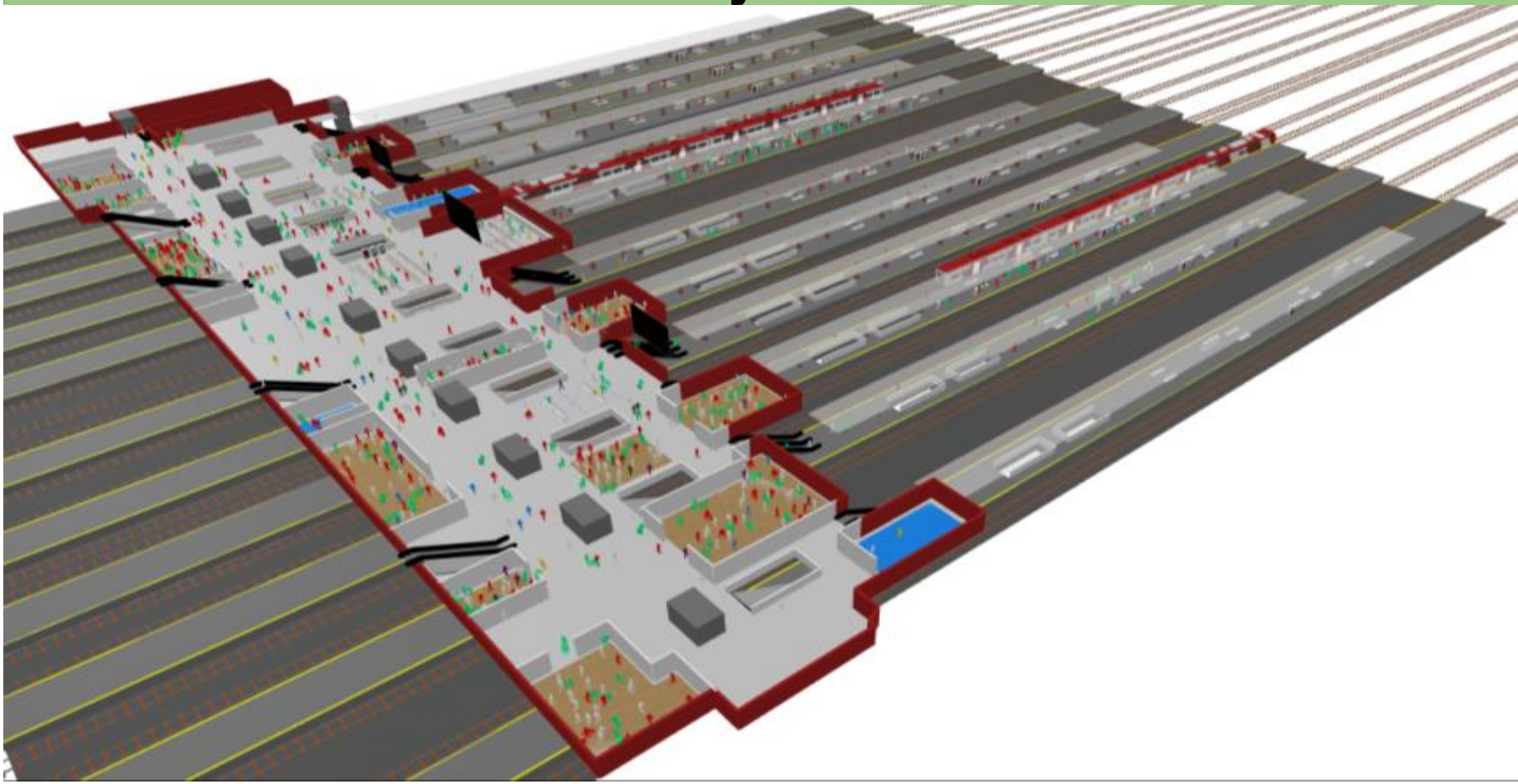
Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

FAIR STATIONS

Metro

Herramienta validada de análisis de flujo de viajeros



Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Diseño universal de un sistema de embarcado independiente



Shift2Rail
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation



Impactos del Proyecto

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Mejora de …



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Recopilación de datos

- Necesidades y expectativas del viajero, tanto del público en general como específicamente de las PMRs

Benchmarking

- Información de los proyectos de I+D ya realizados (flujo de viajeros, accesibilidad, seguridad)

Análisis del flujo de viajeros

- Público en general, PMRs, gestión de equipaje y seguridad

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Zona de embarque y desembarque (PTI)

- Solución integrada en una estación compleja, PTI y sistema independiente de embarcado

Evaluación de los conceptos de diseño

- Indicadores KPI para evaluar y validar las soluciones de diseño

Recomendaciones

- Para mejorar las guías de buenas prácticas y los estándares

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Recopilación de datos (WP2)

- Necesidades y expectativas del público en general
  - Búsqueda en publicaciones
  - Encuesta en Metro de Madrid
  - Análisis de normas nacionales e internacionales
- Gestión del equipaje
  - Búsqueda en publicaciones
- Necesidades específicas de las PMRs
  - Viajes de observación (en Madrid)
  - Entrevistas con grupos de debate
  - Cuestionario para grupos de interés

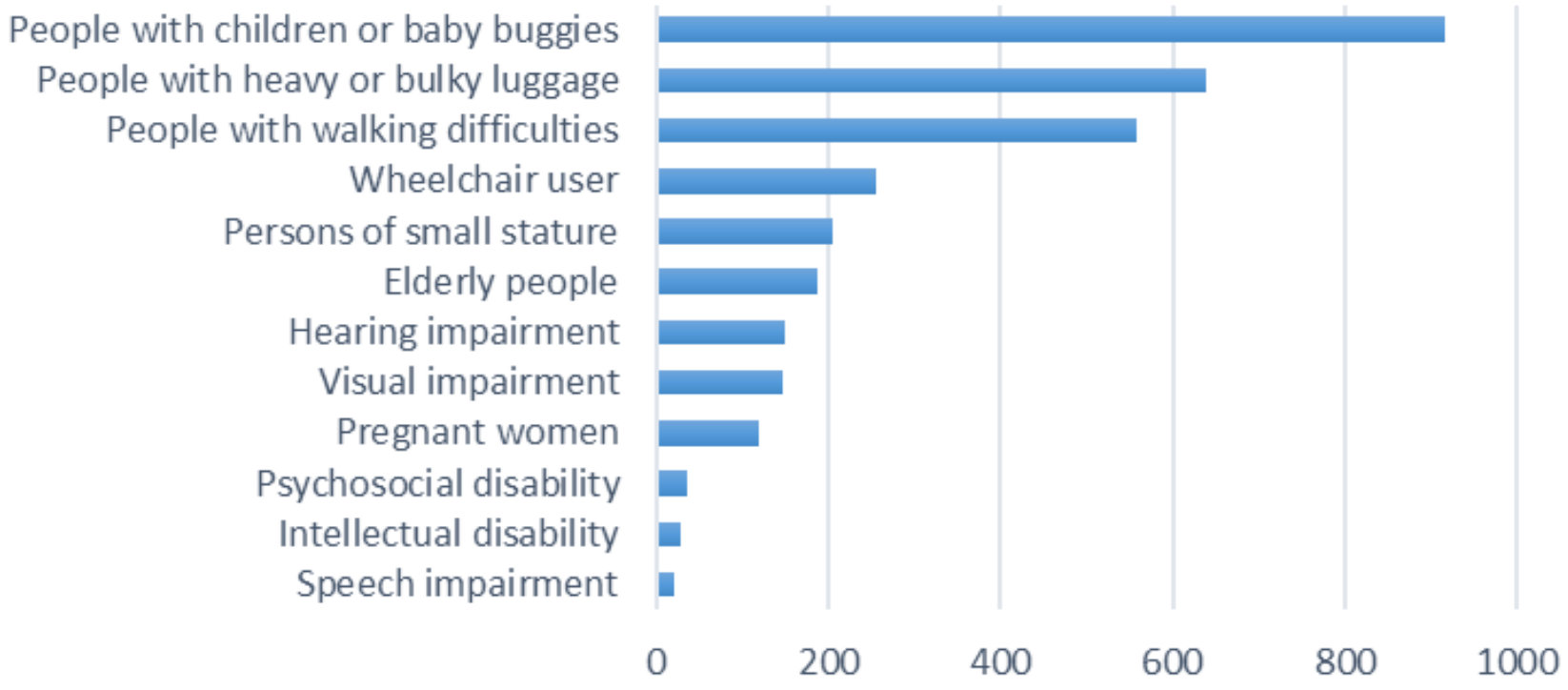
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Encuesta on line en Madrid

- Encuesta para viajeros en las estaciones de Metro
  - En Marzo 2018
  - Alrededor de 5000 respuestas válidas
  - Se publicitó en las estaciones de Metro de Madrid con código QR
  - Encuesta a través de internet

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Mobility impairment types (multiple responses)



Datos destacables de la encuesta

- *La encuesta a los viajeros (N=5,073) de Metro en Madrid muestra que:*
  - *2,490 (49.1%) viajeros no tienen ningún problema de movilidad,*
  - ***2,583 (50.9%) tienen algún problema de movilidad**.*

- *Entre las personas con algún problema de movilidad, el grupo mayoritario lo constituyen viajeros con **carritos de bebé o maleta,** o con **dificultades para andar**, pero que no se consideran normalmente como PMRs.*

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Viajes de observación con grupos de PMR

- En Madrid, Febrero 2018
- 7 Grupos de PMR





Photos: Helmut Lemmerer

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Viajes de observación con grupos de PMR

- Viaje estándar utilizando:
  - Metro y Metro Ligero
  - Cercanías
  - Intercambio en una estación de largo recorrido (*Puerta de Atocha*)
- Tiempo de recorrido:
  - ~50 minutos para viajeros sin problemas de movilidad
  - Para PMRs: → resultados en la página siguiente

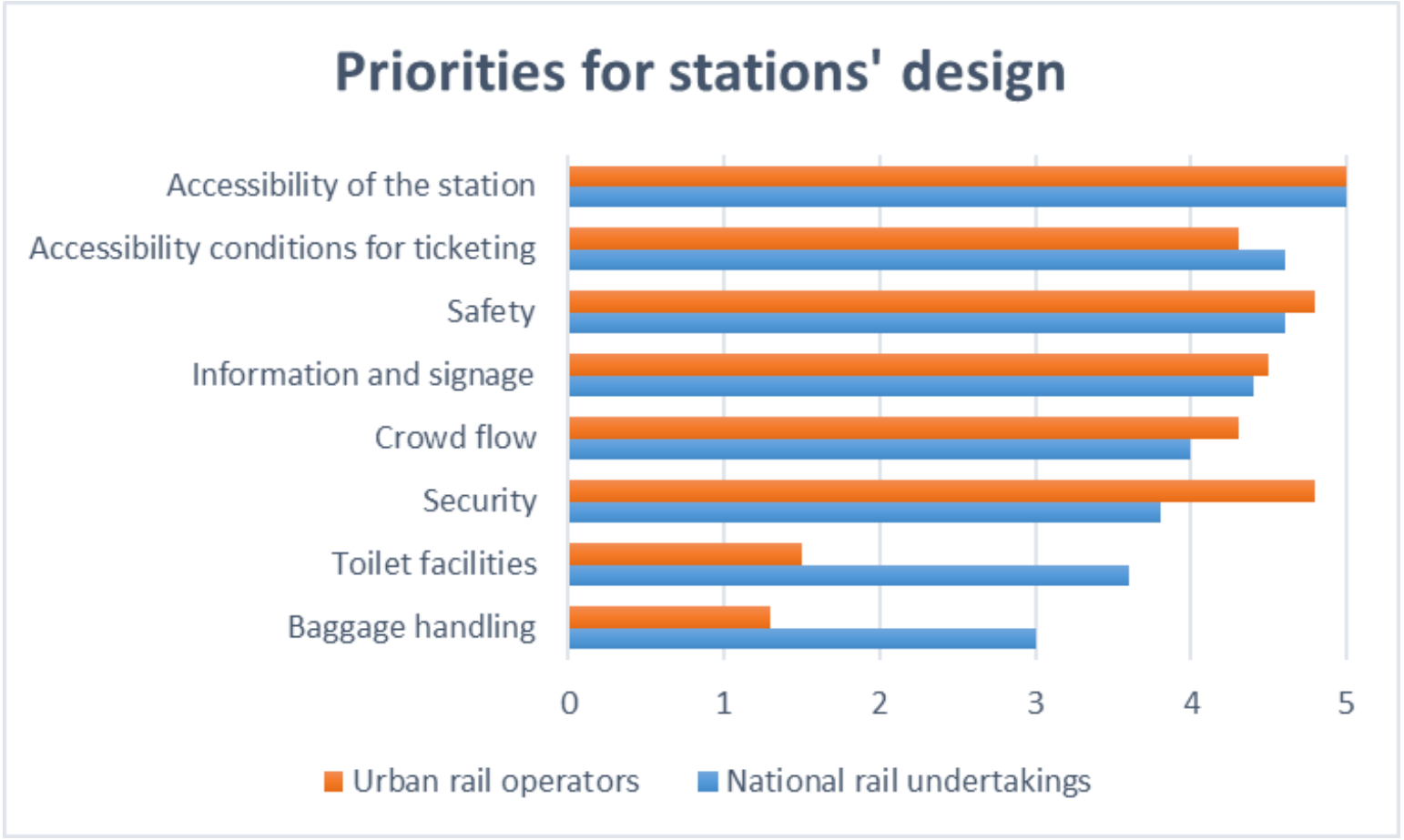
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Tiempo del recorrido

PMR	Género	Tiempo
Foreigner	Hombre	1h 20min
Elderly (without a walking stick)	Mujer	1h 25min
Ambulant difficulties	Hombre	1h 10min
Person with a buggy	Mujer	1h 20min
Person with heavy luggage	Hombre	1h 20min
Elderly (with a walking stick)	Hombre	1h 25min
Wheelchair user (electric)	Hombre	1h 55min
Blind	Mujer	2h 5min
Dump (speech impairment)	Mujer	1h 10min
Pregnant	Mujer	1h 10min
Visually Impaired (Elderly)	Mujer	1hr
Hearing Impaired	Mujer	55min

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Cuestionario a los grupos de interés



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Virtual Demonstration Workshop

Madrid, Spain
3 October 2019

Gestión de flujos de multitudes

Mony Khosravi
Stam

Future Secure and Accessible Rail Stations (FAIR Stations): NUMBER 777636 — IP/ITD/CCA1 — IP1, IP3

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Análisis del Flujo de Viajeros:

Objectivos

- **Estudio del flujo y del comportamiento** de los viajeros en grandes estaciones.
- Desarrollo del **modelado** de los flujos con multitude de viajeros en grandes estaciones y gestión en caso de emergencias que necesiten evacuación.
- Identificación de **tecnologías disponibles para analizar la gestión de multitudes y los movimientos de la gente en las estaciones.**
- **Validación** del modelo con la tecnología elegida.

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Caso práctico: la estación de Chamartín

Chamartín, uno de los mayores intercambiadores de transporte de España.

- AVE
- Regionales
- Cercanías
- Metro
- Autobuses



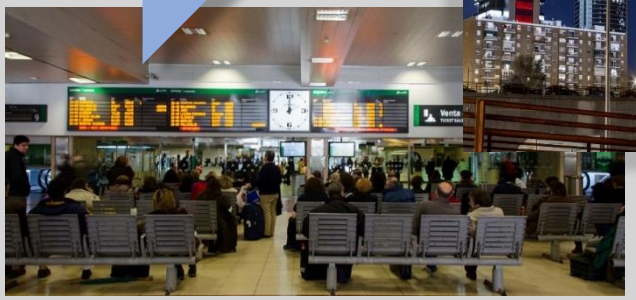
Estación de Ferrocarril

Estación de Metro

Paradas de autobuses

Zona Comercial y de Ocio





La estación de metro de Chamartín fue inaugurada en 2007 (líneas 1 y 10).

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Clasificación de usuarios

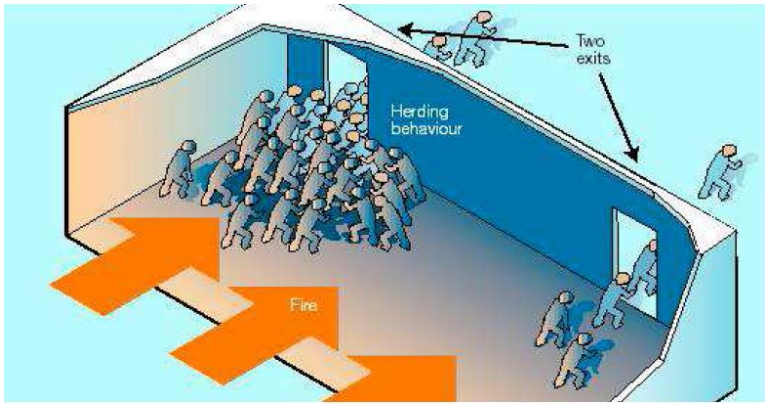
c0	•Users without physical problems 	43%
c1	•Users on wheelchairs •Users with ambulant difficulties •Pregnant women 	19%
c2	•Elderly users 	4%
c3	•Users with luggage •Users with stroller •Users with children 	26%
c4	•Visually impaired users 	3%
c5	•Hearing impaired users 	2%
c6	•Communication impaired 	1%
c7	•Users with psychosocial problems 	2%

- Commuter
- Ticket_Urban
- Ticket_Interurban
- PRMcategory
- Wheelchair
- Luggage_Buggy
- Buggy_Children
- Assisted
- ChoosenMetro
- AvailableTimeForShopping
- ChoosenTrain
- Shopping
- Toilet
- NeedForAssistence
- Train_Metro_Exit
- Train_Metro_OnlyShopping
- MissedTrain

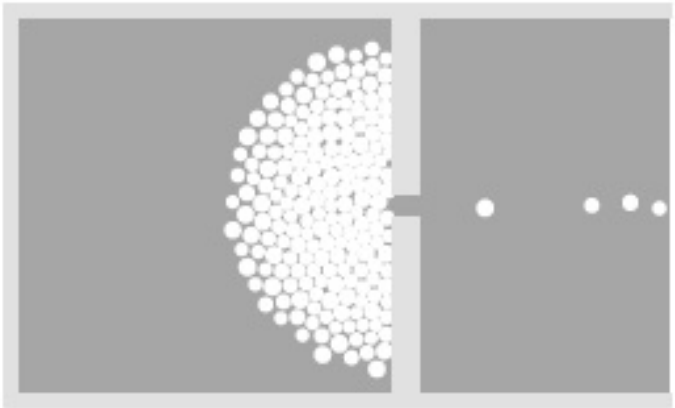
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Modelado del comportamiento humano

- Modelo BDI (Conocimientos - Deseos e Intenciones)
  - Cada persona se rige por sus objetivos (Deseos) que consigue con acciones (Intenciones) apoyado en reglas y Conocimientos



Comportamiento de bandada (gregario)



Obstrucción en forma de arco

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Escenarios

El modelo contempla 4 escenarios diferentes para reproducer las condiciones del sistema de una manera completa y lo más real posible.

Escenario de Hora Punta



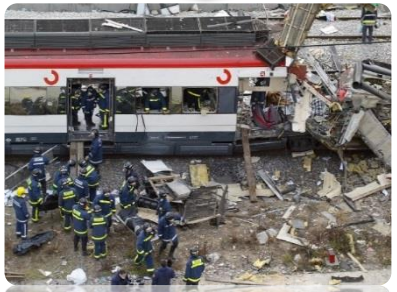
Escenario de Hora Valle



Escenario de partido de fútbol



Escenario de Emergencia

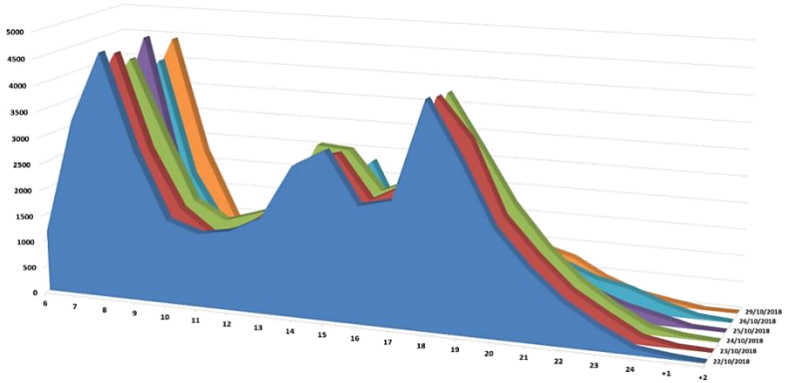


Ajustes para los escenarios



DATOS REALES

- Peaje de Metro
- Tabla de Trenes
- Frecuencia de Metro

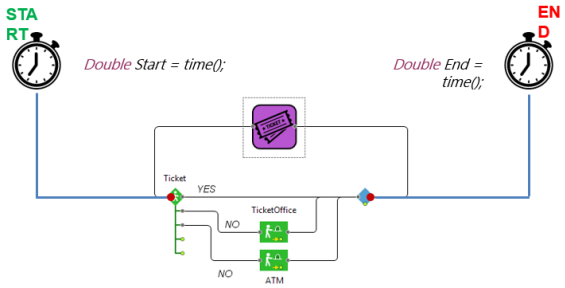






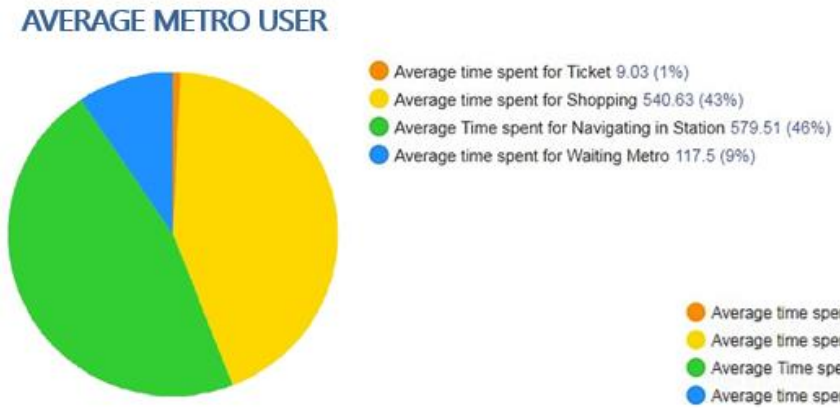
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

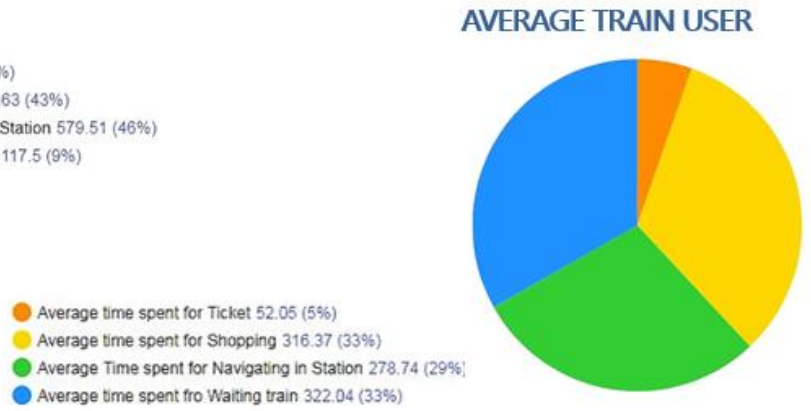
Resultados de la simulación basados en el tiempo



Tiempo empleado desde la entrada en la estación hasta el embarque y en la espera:

SCENARIO 1								
ENTRANCE-TRAIN PLATFORM	**C0**	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**
MEAN VALUE (seconds)	90,5	179,8	112,8	104,8	254,0	98,0	103,5	181,1
INCREASE RESPECT TO C0 (seconds)	0	89	22	14	164	7	13	91
INCREASE RESPECT TO C0 (%)	0%	99%	25%	16%	181%	8%	14%	100%

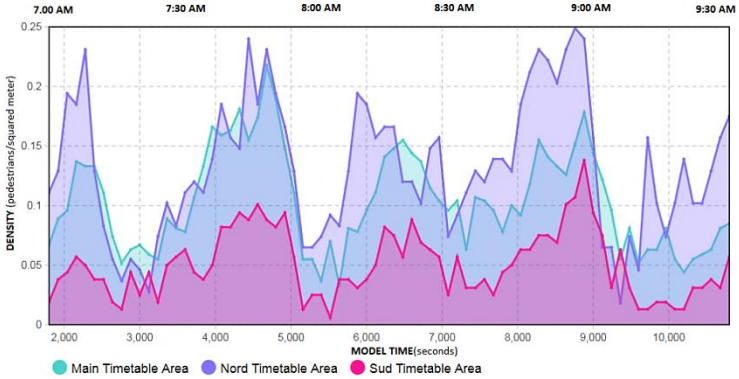


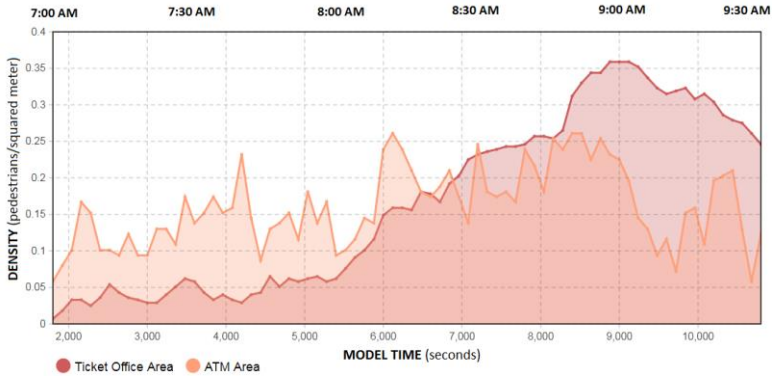


Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Resultados de la simulación basados en el espacio

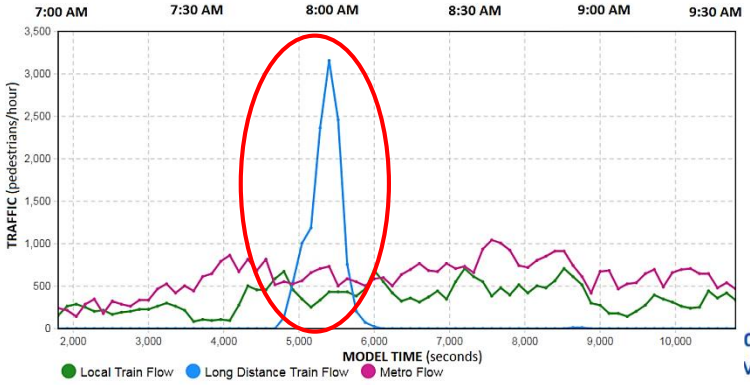
Las zonas donde están instalados los paneles informativos suelen ser consideradas problemáticas por una densidad superior de personas. Esta densidad es monitorizada gracias a una red de sensores.





Se diferencian las áreas de cajeros automáticos y de venta de billetes para observar el comportamiento diferente en la simulación

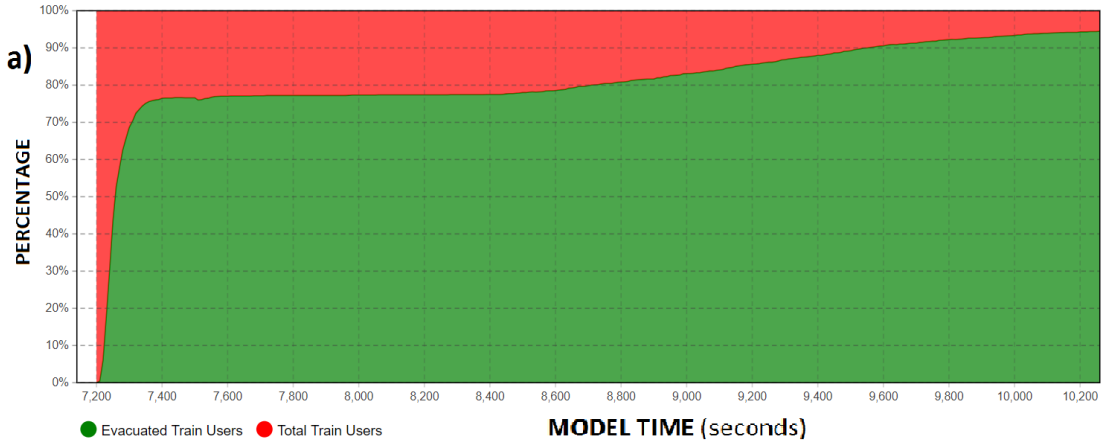
La comparación de datos registrados en andenes muestra que los trenes de larga distancia generan flujos a veces 6 veces supeiores a los de cercanías y de metro.



ding
vation

Resultados de la simulación: tiempos de evacuación

La evacuación de una estación de ferrocarril es generalmente muy rápida pero más caótica debido a la proximidad de la amenaza

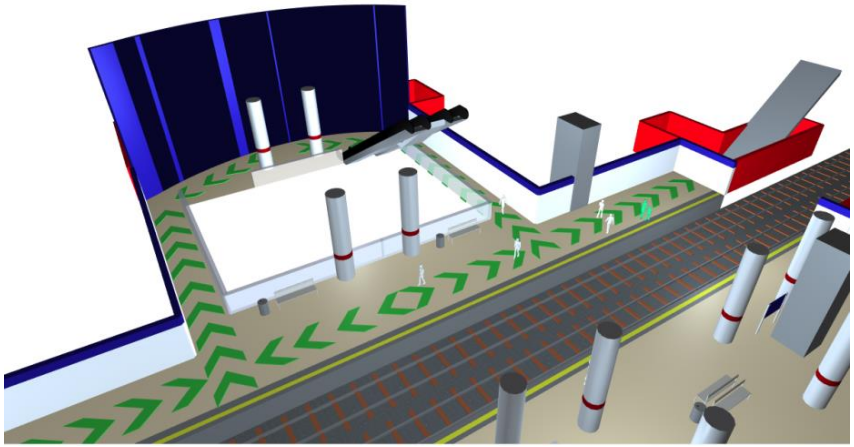


La evacuación de una estación de metro empieza con más retardo y es más lenta debido a los cuellos de botella.

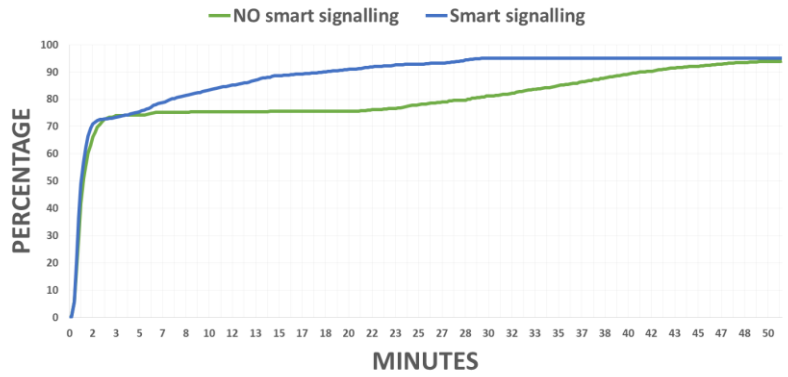


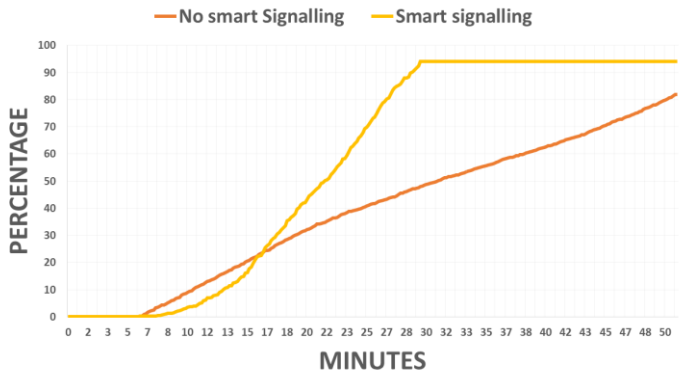
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Simulación de nuevos sistemas (Guiado lineal)



Se modelizó un sistema de guiado lineal para mostrar a los viajeros el camino hacia la salida más cercana. Los resultados mostraron que el flujo de evacuación mejora de manera significativa, especialmente para los usuarios de metro.

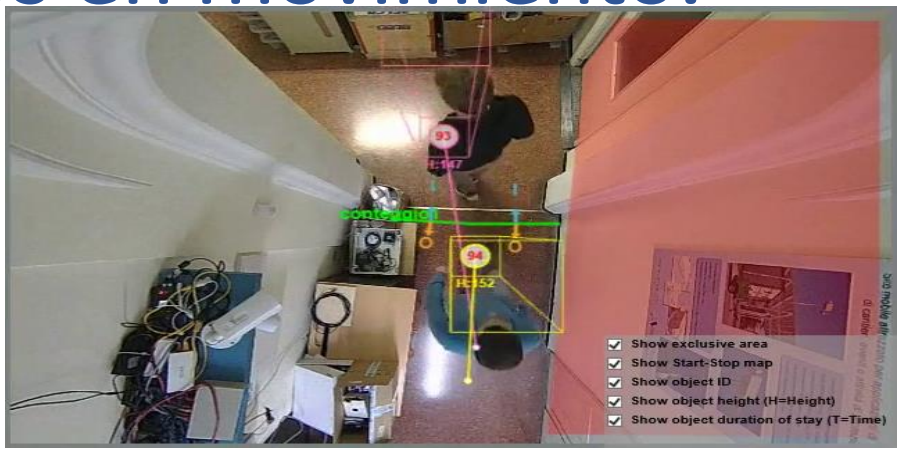




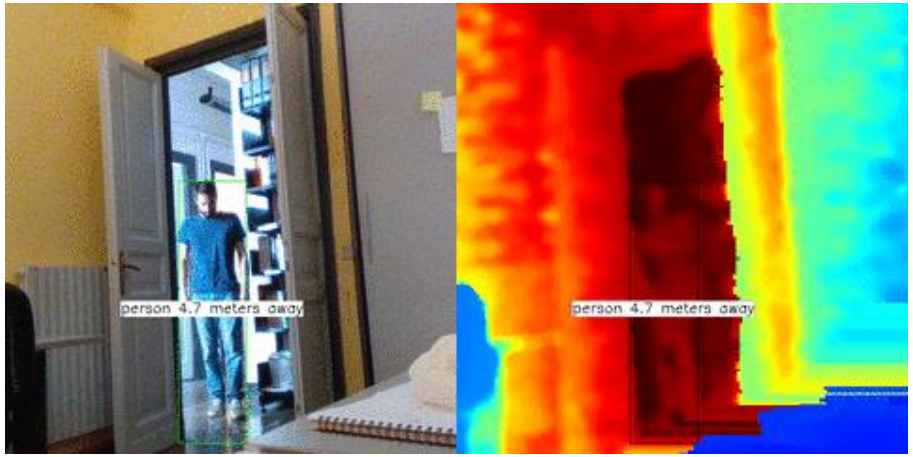
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Evaluación de tecnologías para la detección de viajeros en movimiento:

- Cámaras 3D contando viajeros a través de puertas virtuales



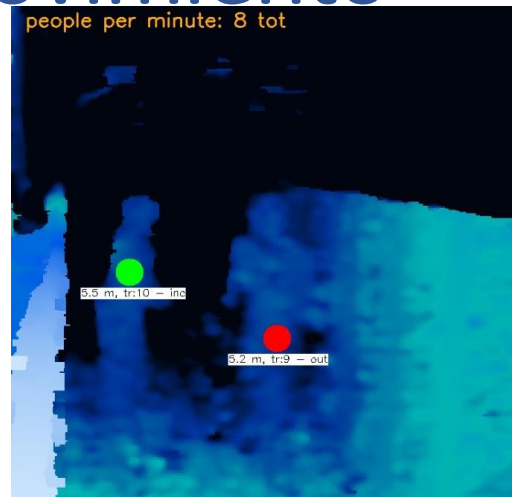
- Cámaras 3D detectando viajeros y midiendo distancias



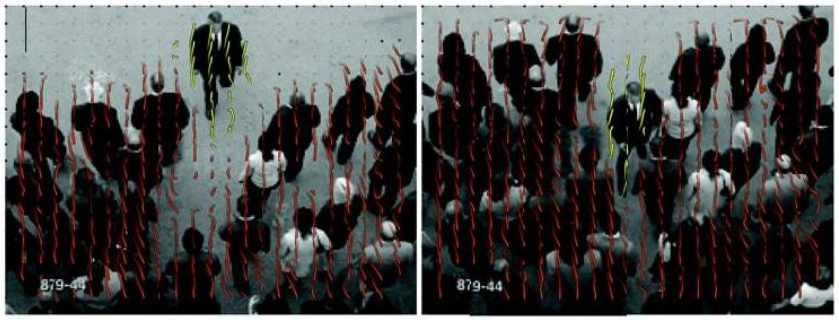
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Evaluación de tecnologías para detección de viajeros en movimiento

- Detector 3D de personas y paso por puertas virtuales



- Estimación óptica del flujo y seguimiento de personas

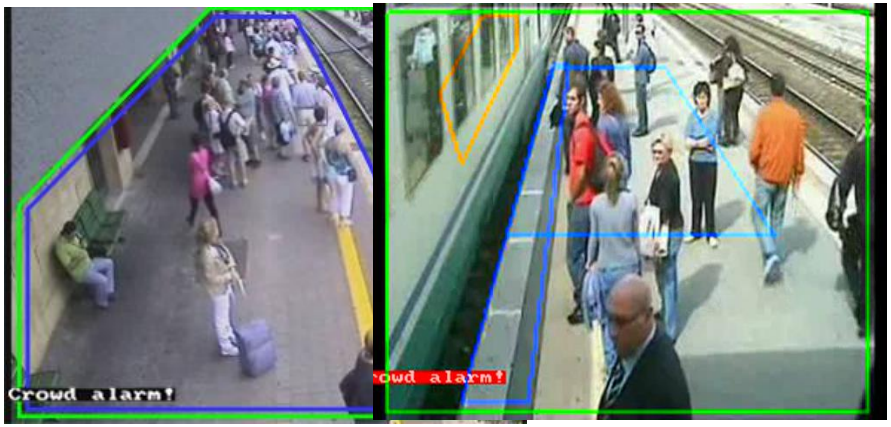




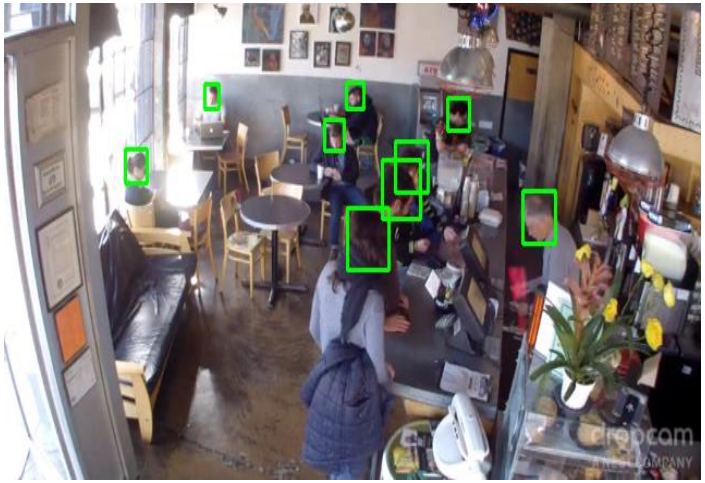
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Evaluación de tecnologías para detección de multitudes

- Comparación de imágenes



- Detección de personas y conteo





Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Análisis de flujo de viajeros: Conclusiones

- Modelado y simulación pueden utilizarse
  - Para grandes infraestructuras basándose en datos reales
  - Para multitudes heterogeneas, incluyendo PMR, tanto en situaciones normales como de emergencia
- Posibilidad de probar virtualmente diferentes escenarios como nuevos procedimientos, procesos, distribuciones físicas, etc.
- Estimation en tiempo real de desnidad y flujo de viajeros
- Posibilidad de usar tecnologías de análisis de multitudes en las simulaciones para la gestión de multitudes en tiempo real

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Soluciones para la zona de embarque y desembarque: Objetivos

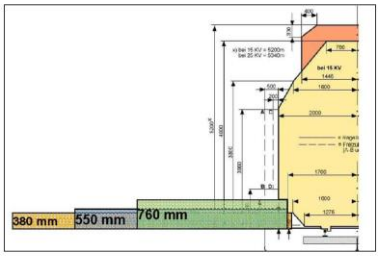
Desarrollo de un sistema de acceso al tren perfeccionado para obtener un flujo de viajeros óptimo y perfectamente integrado en la estación

- Seguridad y uso por parte de los PMRs
- Diseño mediante proceso iterarivo
- Mejora de seguridad y satisfacción del viajero
- Cumple la normativa/ estándares europea

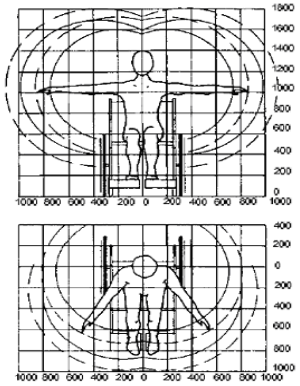
Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

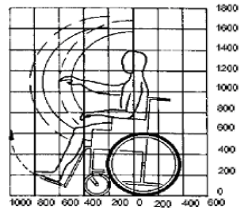
Condiciones de diseño

- El hueco/gap vertical depende del andén y del tipo de tren
- Los usuarios con silla de ruedas necesitan un espacio mínimo para moverse
- La botonera debe ser accessible en caso de que lo usen ellos solos
- La rampa debe tener una inclinación inferior a 20%
- La ocupación del andén debe ser mínima
- Debe entrar en el tren en caso de tener éste escalones



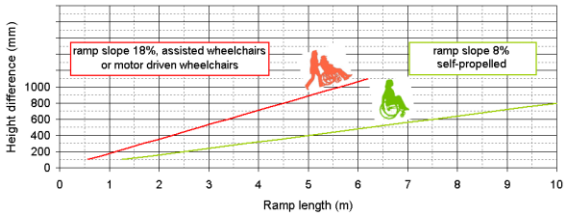
Standard platform heights in Europe





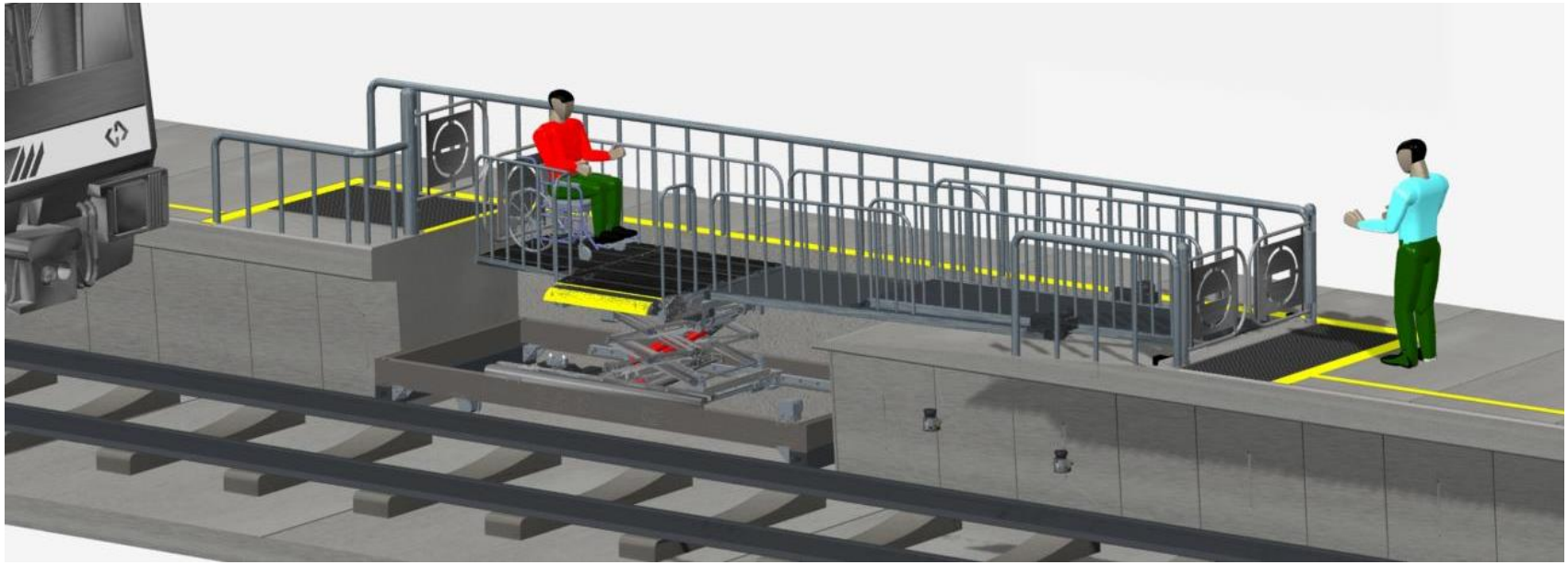
Mann = gestrichelte Linie
Frau = durchgehende Linie

Die Innenlienien gelten für die Reich bei aufrechter Körperhaltung mit gestrecktem Rücken.



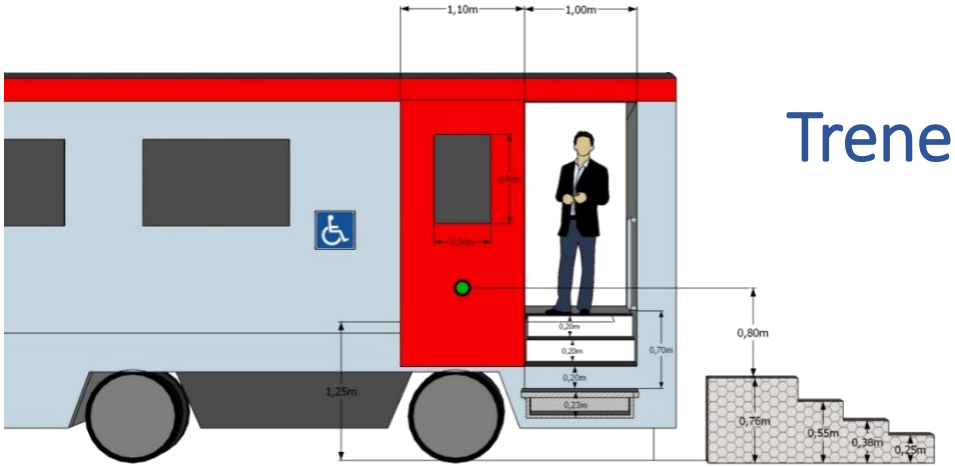
Flexi2Ramp: el elegido

- **4 grados de libertad con motorización eléctrica y neumática**
  - Movimiento a lo largo del andén (hasta 2 m)
  - Compensación vertical de los peldaños (de -100 mm a +1000 mm)
  - Compensación horizontal del hueco (de 0 a 600 mm)

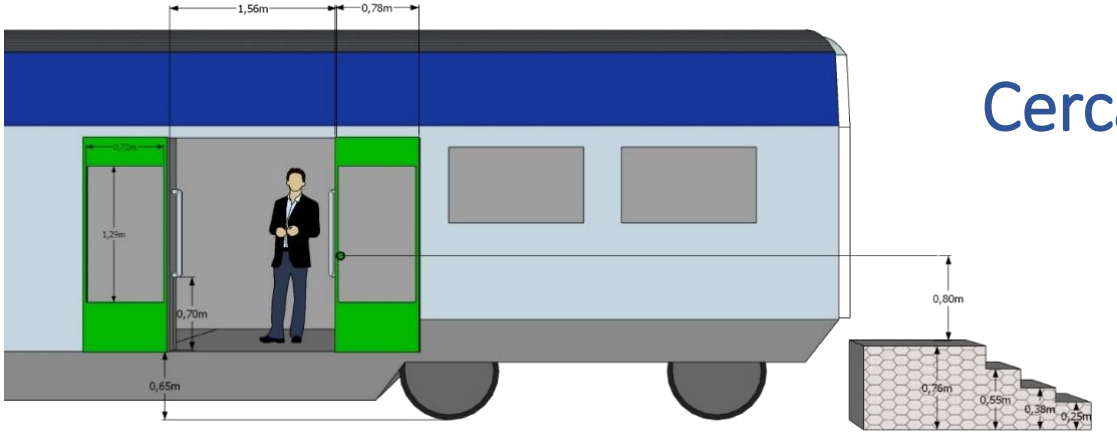


Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Flexi2Ramp: adecuado para



Trenes de larga distancia



Cercanías

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Prueba de concepto con maqueta a escala reducida



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

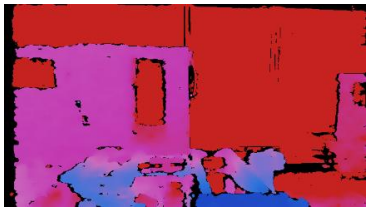
El posicionamiento de la rampa debe ser lo más rápido posible

- La velocidad de posicionamiento está limitada por razones de seguridad.
- La posición de la puerta debe ser detectada antes de su aperture y los ajustes finos se realizan durante el movimeinto lateral.
- La ramapa puede empezar a moverse en cuanto el tren ha parado.

Distintas tecnologías para detectar el posicionamiento del tren

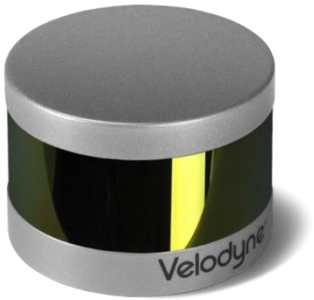
- **Las cámaras 3D** no resultaron lo suficientemente fiables para medir posiciones exactas





- **Los LIDAR (Laser Imaging Detection And Ranging)** sí mostraron las capacidades requeridas





Fase 1 – Recepción de información por adelantado

- Se comunica el modelo o tipo del tren que va a entrar en la estación
- La base de datos del material móvil contiene los parámetros relevantes para la detección y el posicionamiento
- Cuando se recibe la notification, los sensores y la rampa se encienden

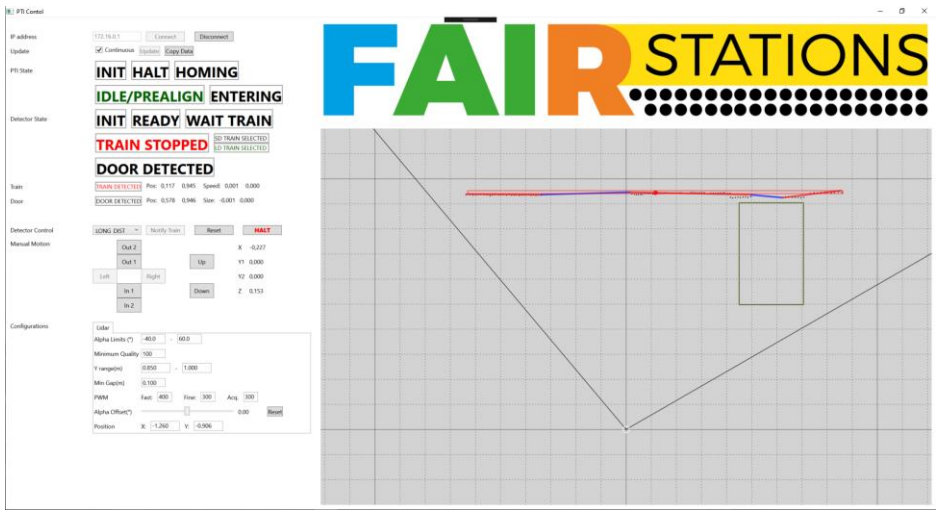


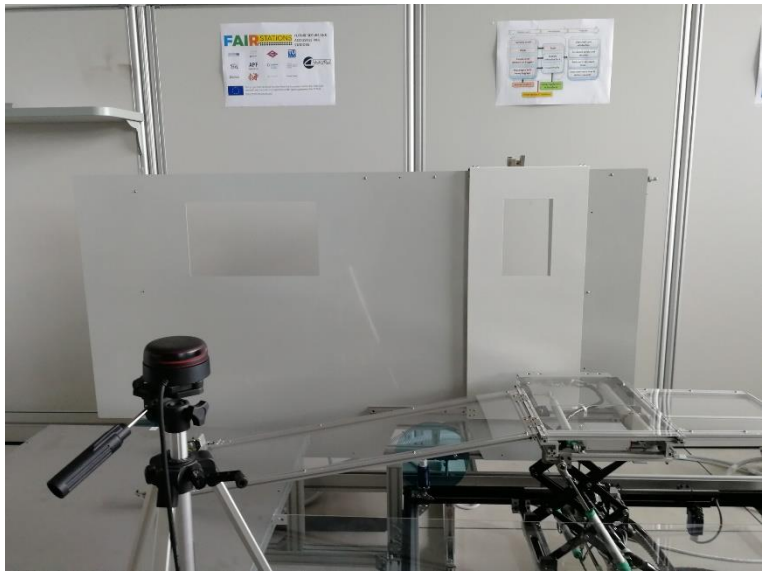


Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Fase 2 – Detección del tren

- LIDAR detecta las características relevantes del tren
- Una vez detectado, su posición y su velocidad son medidas constantemente.
- La posición de la puerta se estima basándose en los datos del modelo del tren
- Una vez totalmente parado la rampa se mueve hacia la posición estimada de la puerta

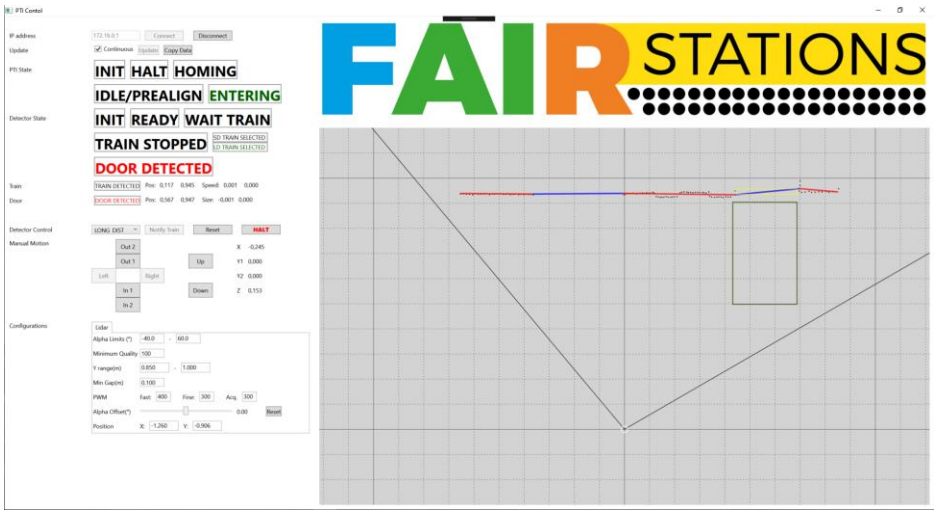


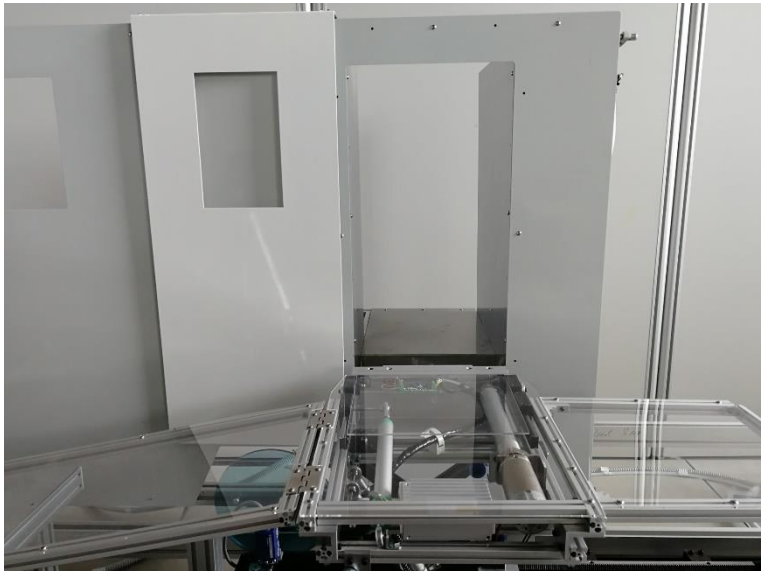


Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Fase 3 – Detección de la puerta

- LIDAR detecta las características relevantes de la puerta
- Una vez que ha detectado la puerta, se mide la anchura del hueco de la entrada
- Una vez que la puerta está totalmente abierta, la rampa se ajusta a la localización de la puerta detectada. Todavía puede no ser del todo exacta por la posibilidad de sombras en las mediciones del LIDAR.





Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Fase 4 – Movimiento de entrada

- Una vez detectada la apertura de la puerta, la hoja de la rampa penetra en el tren
- 1er paso: confirmación que no hay obstaculos en el trayecto de la hoja (gracias a los sensors de proximidad en el extremo de la hoja)
- 2do paso: entra en el tren (sensores de proximidad frontal y detector mecánico para detección de colisiones)
- 3er paso: movimiento vertical hasta contactar con el suelo (detección mecánica)



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

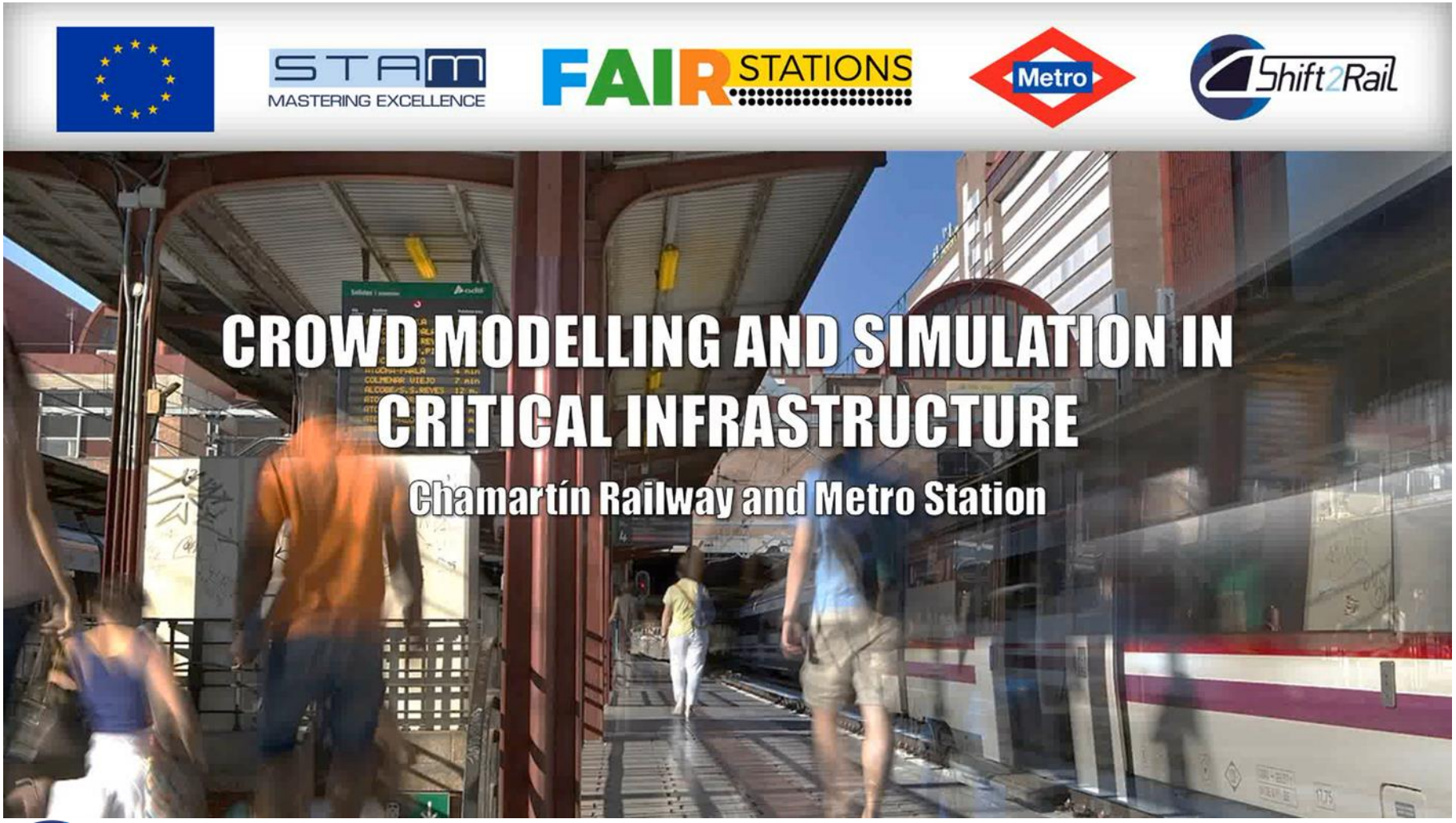
Soluciones para la zona de embarque y desembarque: Conclusiones

- Sistema de rampa completamente automatizado situado en el andén
- Cumple con las necesidades tanto de PMRs como del público en general
- Adecuado para trenes de largo recorrido y cercanías
- Adecuado para distintos tipos de andén con alturas entre 250 y 760 mm.
- Adecuado para distintas inclinaciones de la vía (de -6° a +6°)
- Reduce considerablemente el tiempo de parada del tren

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Crowd Modelling

Video: https://www.youtube.com/watch?v=-Frx0hbYCFk



Shift2Rail

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Future Stations

Video: https://www.youtube.com/watch?v=lTK_umU2Eo4



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

Gracias por su atención

Contactos

Carlos Zorita carlos.zorita@metromadrid.es
Antonio de Santiago antonio.desantiago@metromadrid.es

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation