



PTFE

Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española



AULA DE PROYECTOS INNOVADORES

Proyecto ElecRail

M^a del Pilar Martín Cañizares
Investigadora – Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Secretaría Técnica de la PTFE :

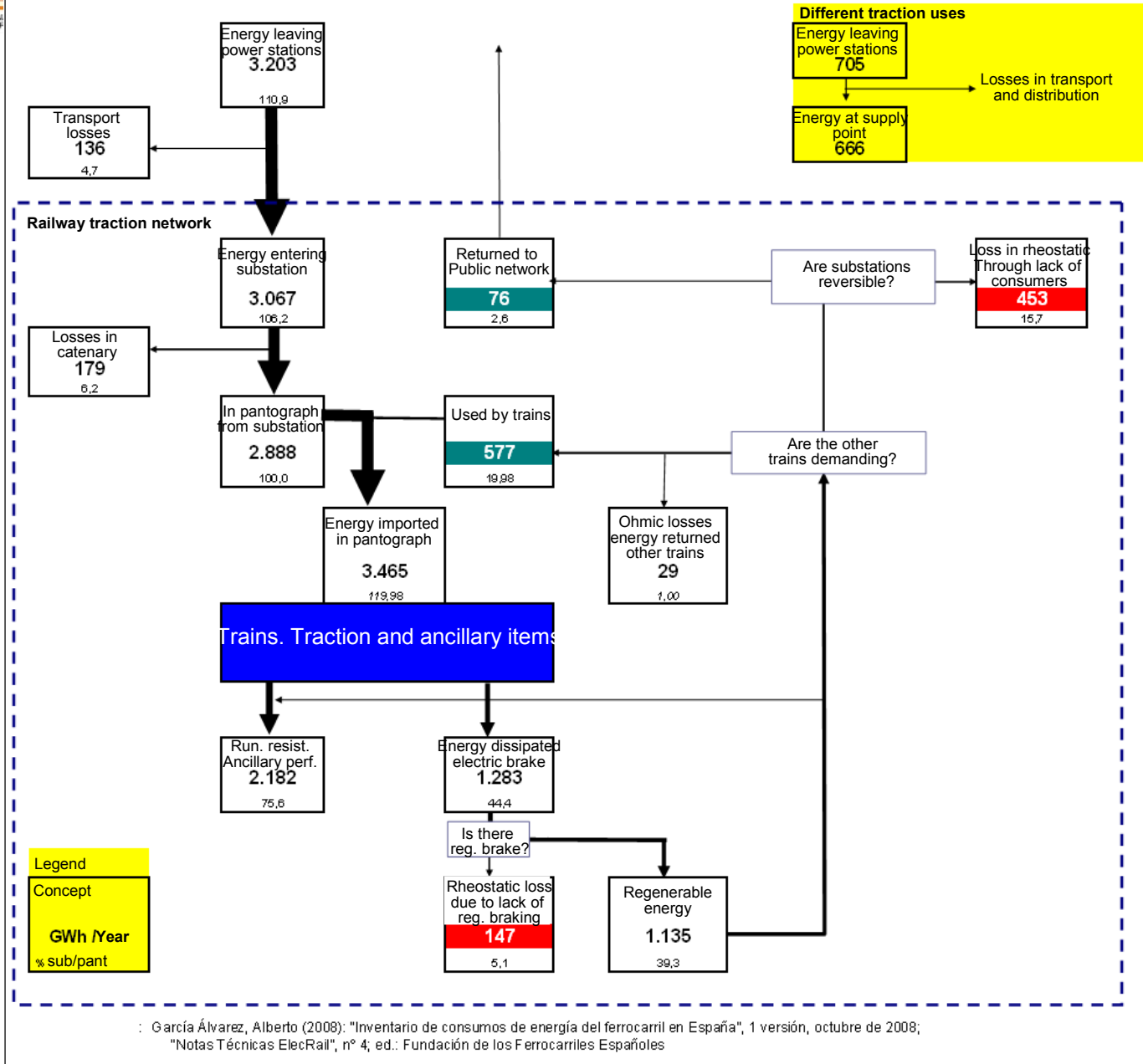
El proyecto *ElecRail*

- Titulo: Análisis sistemático del consumo energético en líneas ferroviarias metropolitanas, de cercanías y de alta velocidad, con valoración del impacto energético y del resultado económico, incluyendo el desarrollo y contraste de modelos y simuladores parametrizables.
- Plazo: 27 meses (diciembre 2008 a 2010)
- Participan: FFE, IIT (UPComillas), Univ. Complutense de Madrid, Adif, Renfe Operadora, Metro de Madrid, FGC, Dimetronic, Talgo, CAF, M Torres, IngeTeam, DeTren, TMB
- Ayuda CEDEX 2007. Código: PT-2007-038-20IAPM

El proyecto *ElecRail* - Objetivos

- Análisis sistemático de las formas de reducir el consumo energético del ferrocarril eléctrico.
- El estudio sigue 3 líneas de análisis:
 1. Análisis de las reducciones del consumo ligadas al diseño de material rodante.
 2. Análisis de las reducciones de consumo ligadas al diseño y a la operación de la infraestructura eléctrica.
 3. Análisis de las reducciones de consumo ligadas al diseño de la operación de servicios ferroviarios (conducción económica, horarios, etc).

TRACTION POWER FLOWS ON SPANISH RAILWAYS YEARS TYPE



1

Análisis de las reducciones del consumo ligadas al diseño de material rodante



Análisis de las reducciones del consumo ligadas al diseño de material rodante

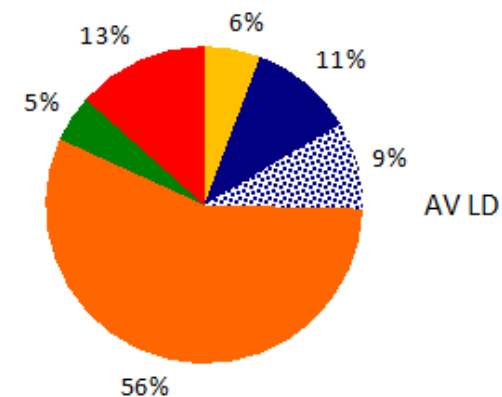
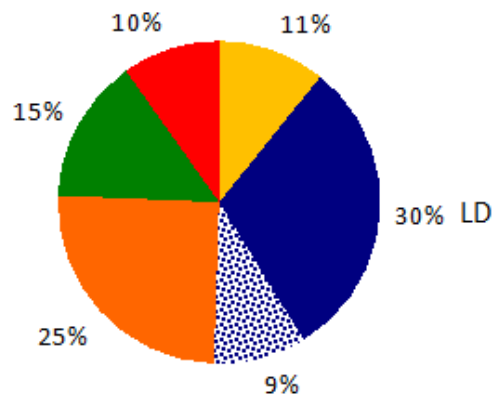
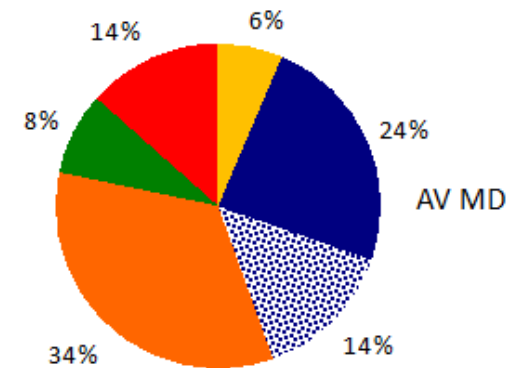
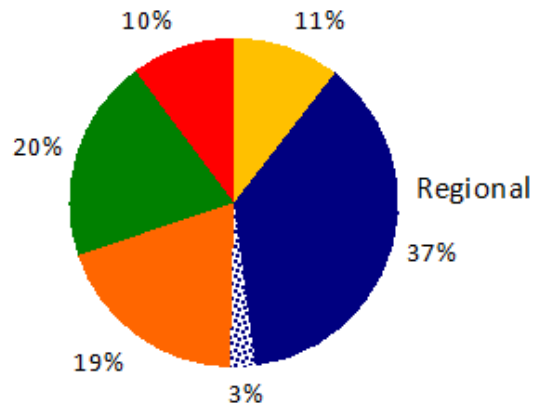
- Los parámetros del tren que tiene más incidencia en el consumo específico de energía son:
 - Masa del tren (y masas rotativas equivalentes) por unidad de capacidad.
 - Sección transversal y superficie mojada del tren por unidad de capacidad.
 - Coeficiente de transmisión de calor K de la caja del tren.
 - Existencia de un sistema de reducción la entrada de aire en el tren.
 - Coeficiente de rozamiento entre rueda y carril y empleo de ejes orientados radialmente.
 - Número de bogies y de ejes.
 - Rendimientos del motor y de la cadena de tracción.

Estimación del consumo de energía eléctrica en el ferrocarril e imputación de las causas de las que depende

- Se ha definido un método homogéneo y comúnmente aceptable para atribuir a cada tren sus consumos de energía y las emisiones de CO₂ asociadas.
- Para la elaboración del trabajo se partió de:
 - Metodología de evaluación de la eficiencia energética del material móvil ferroviario (FFE, IDAE)
 - Monografía ElecRail Rendimientos de la tracción eléctrica (Olea Unamuno, F.J.):
 - metodología y estructura del simulador de consumos de trenes ALPI 2810 versión 6.
- El modelo de simulación se basa en el balance de energías del tren:

$$\text{Energía que entra al tren} = \text{Energía que sale del tren} + \text{Pérdidas}$$

Evaluación de las causas de las que depende el consumo de energía del ferrocarril



- Resistencias mecánicas
- Energía disipada en el freno (no devuelta)
- ▨ Energía que se puede devolver por el freno regenerativo
- Resistencia aerodinámica
- Consumo de auxiliares

2

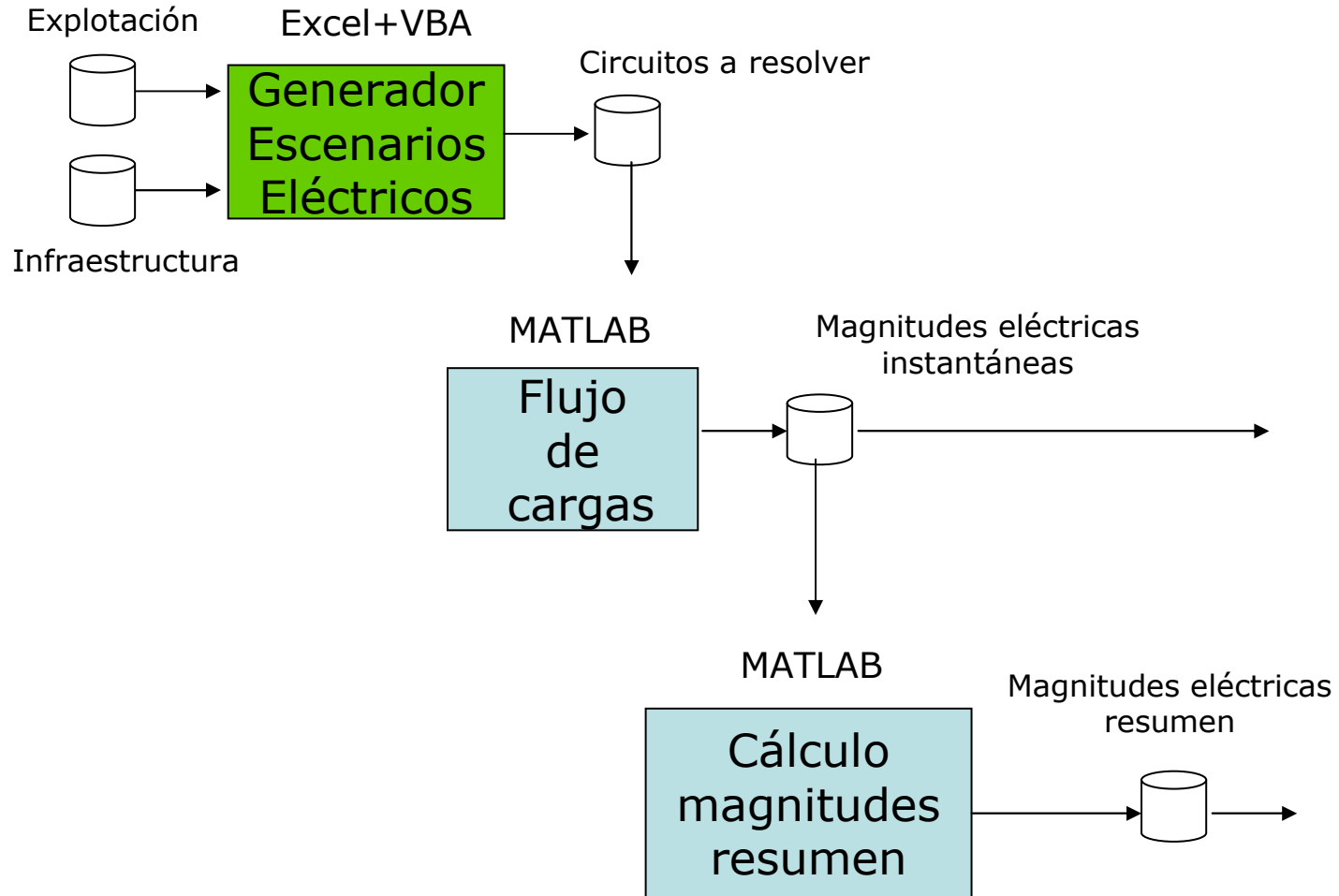
Análisis de las reducciones del consumo ligadas al diseño y a la operación de la infraestructura eléctrica



Análisis de las reducciones de consumo ligadas al diseño y a la operación de la infraestructura eléctrica

- Revisión de los modelos disponibles para la estimación de los consumos eléctricos.
- Desarrollo de un simulador de la electrificación: que permita evaluar el consumo de energía de todos los sistemas de alimentación y elementos novedosos.
 - Tratamiento acoplado de CC y CA
 - Regeneración
 - Almacenadores de energía
 - Subestaciones reversibles
- Estudio mediante el simulador del impacto de las medidas de reducción del consumo eléctrico.

Simulador eléctrico: estructura



Simulador eléctrico: casos de estudio

- Casos de estudio:
 - Línea 3 de Metro de Madrid / AV Madrid-Zaragoza
- Variantes analizadas:
 - Trenes aislados / regeneración permitida
 - Subestaciones normales / reversibles
 - Acumuladores no embarcados
- Resultados proporcionados por el simulador:
 - Consumo en subestaciones y trenes
 - Regeneración en trenes y consumo en reostatos (y % frente a regeneración)
 - Pérdidas en líneas de transmisión, catenaria y subestaciones (y % frente a subestaciones)
 - Tensiones mínimas
 - Factores de aprovechamiento

3

Análisis de las reducciones del consumo ligadas al diseño de la operación de servicios ferroviarios



Análisis de las reducciones de consumo ligadas al diseño de la operación de servicios ferroviarios

- Líneas metropolitanas:
 - Diseño de marchas ATO que cumplan el tiempo de recorrido necesario por regulación de tráfico, con el mínimo consumo
 - Diseño de horarios que optimicen el reparto de márgenes entre cabeceras, cumpliendo las restricciones operativas (correspondencias, tiempos de parada, etc).
- Líneas de alta velocidad:
 - Diseño de la conducción manual eficiente: conjunto de consignas ejecutables por el maquinista que minimicen el consumo.
 - Diseño de horarios repartiendo el margen total a lo largo del recorrido, cumpliendo los requisitos de puntualidad y de ancho de surco asignado a cada tren
- Se tiene en cuenta el grado de aprovechamiento de la energía regenerada en el frenado. Uso de acumuladores fijos/embarcados, transferencia de energía a otros trenes, y cogeneración a la red

Modelos para la operación de líneas metropolitanas: conducción económica

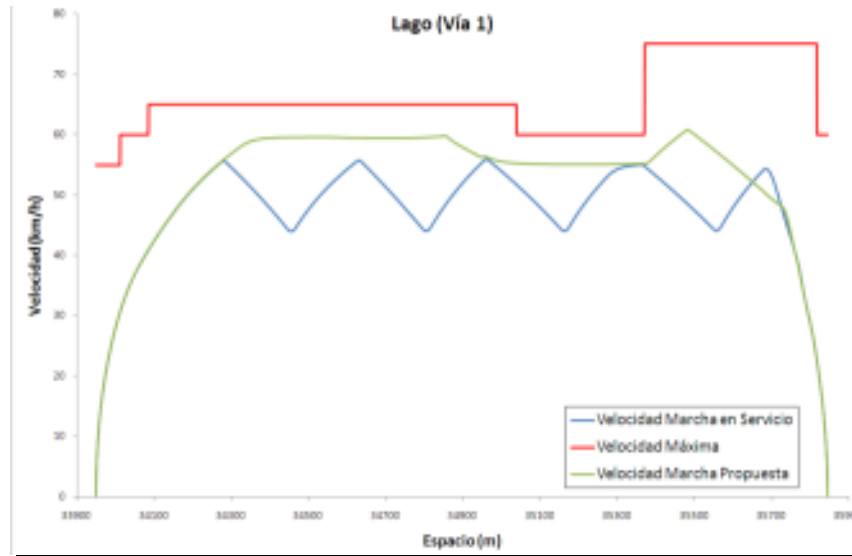
- El objetivo de los modelos para el diseño de la conducción óptima es diseñar dichas marchas no sólo atendiendo a los tiempos de recorrido objetivo y al cumplimiento de requisitos operativos y de confort, sino que además, sean las de menor consumo energético.

Modelos para la operación de líneas metropolitanas: diseño de horarios

- El objetivo de estos modelos es el diseño de la marcha nominal de toda la línea que permita una conducción económica con un tiempo de reserva tal que facilite la recuperación de retrasos en el caso de que haya alguna incidencia en el recorrido.

Rediseño de marchas en L10 de Metro Madrid

Ahorro estimado por marcha (Simulación)

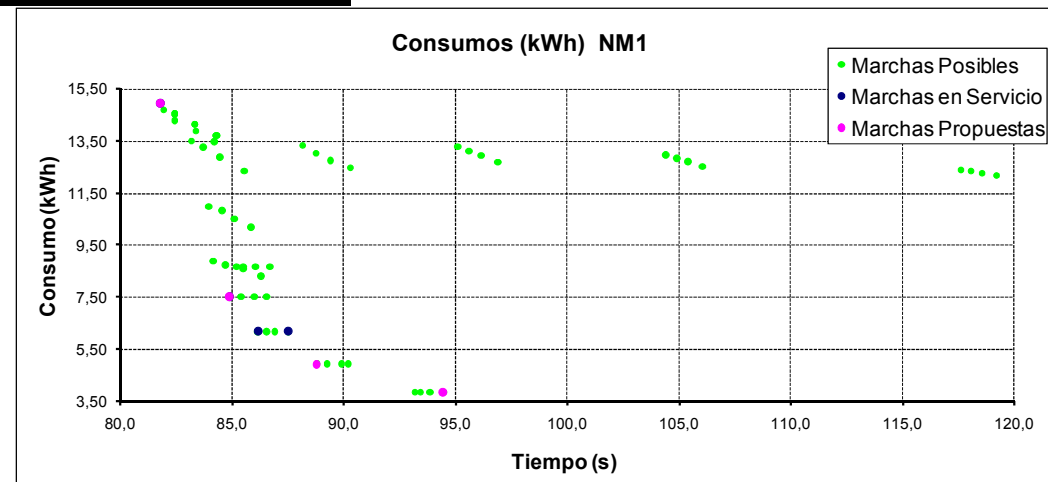


CONFORT

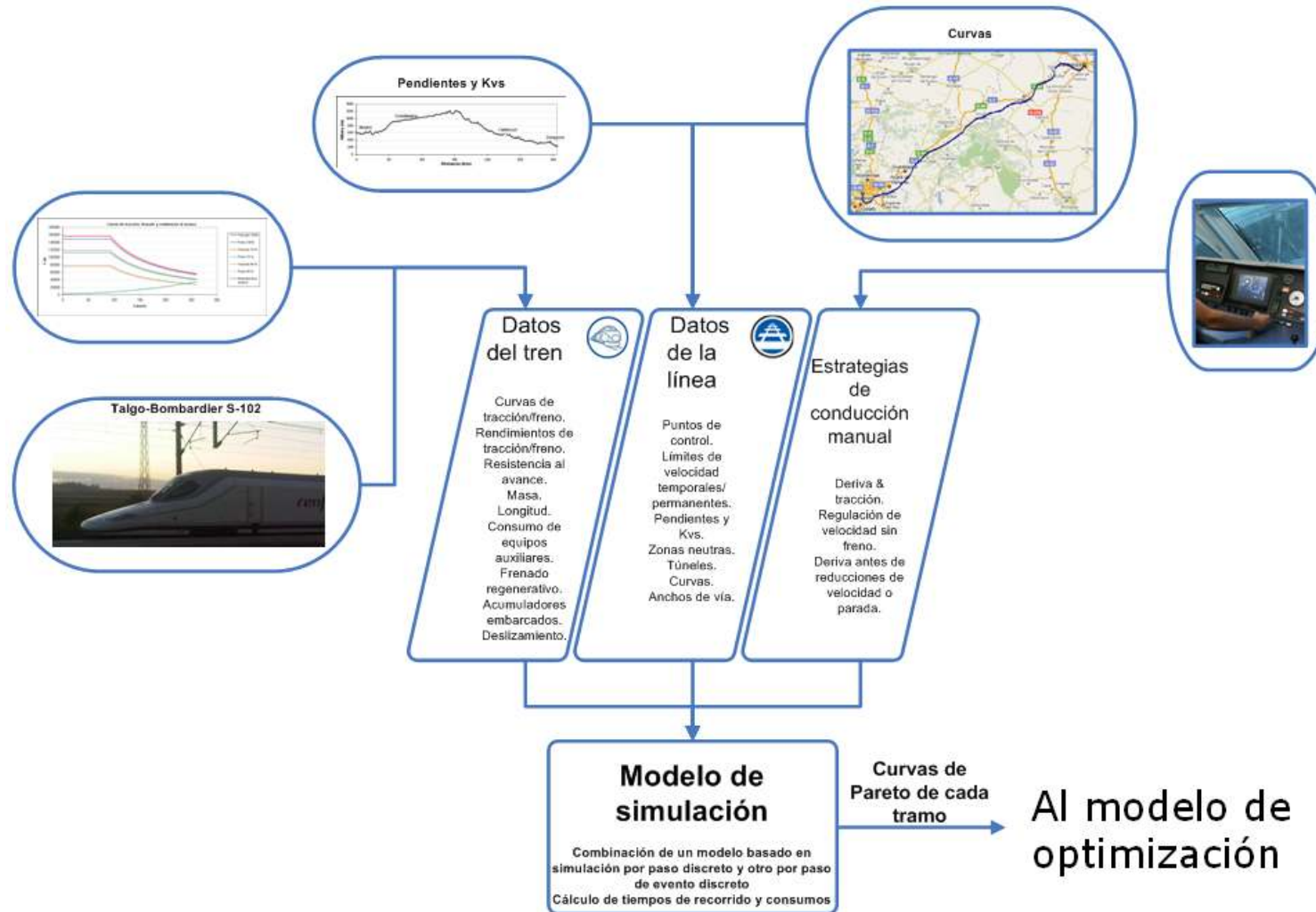
Marcha	Tiempo (%)	Consumo (%)
1	-1.06	22.90
2	-2.96	25.94
3	-7.14	27.88
Promedio	-3.72	25.57

AHORRO

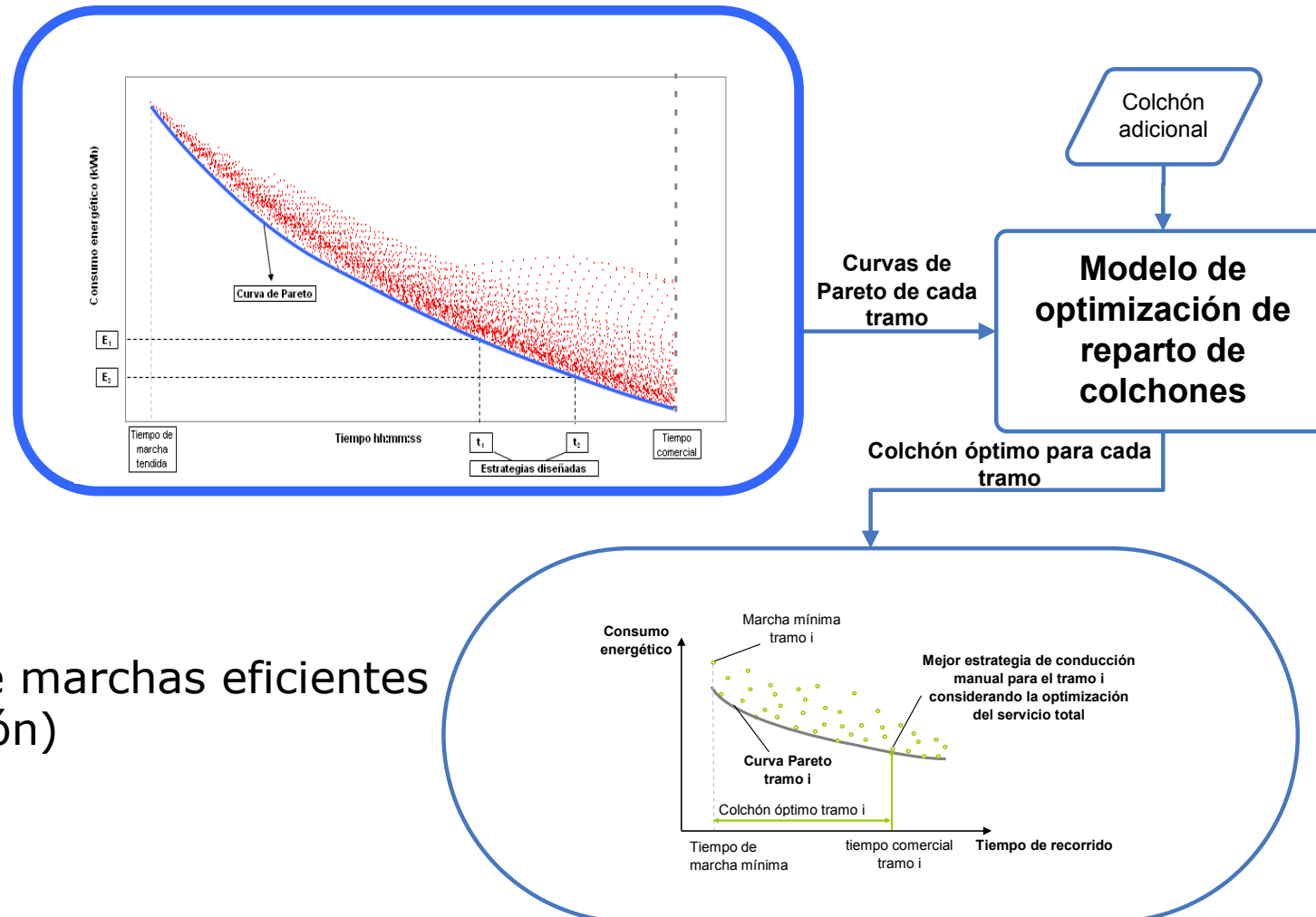
UNIFORMIDAD



Modelos de simulación en alta velocidad



Modelos de simulación en alta velocidad: Diseño de conducción eficiente: marchas óptimas + reparto de colchones (horario)



Diseño de marchas eficientes (simulación)

Conclusiones

- Se realiza un inventario y análisis sistemático de todas las acciones posibles de reducción del consumo de energía por el ferrocarril eléctrico
- Se incluyen estudios y modelos específicos sobre los aspectos relacionados con el vehículo
- Se desarrollan en el marco del proyecto modelos de simulación parametrizables para simular y analizar todos los aspectos relacionados con las instalaciones de suministro de energía
- Se desarrollan modelos de simulación parametrizables para el análisis de estrategias de reducción de consumos mediante el diseño eficiente de horarios ferroviarios y de la conducción de trenes.



PTFE

Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española



AULA DE PROYECTOS INNOVADORES

Proyecto ElecRail

M^a del Pilar Martín Cañizares
pilarmartin@ffe.es

Secretaría Técnica de la PTFE :