

ASAMBLEA GENERAL

29.09.21

**PANEL: CLAVES DE LAS REDES INTELIGENTES
PARA LA COMPETITIVIDAD DE LOS USUARIOS**

FORMATO SEMIPRESENCIAL EN EL
SALÓN DE ACTOS DEL CIEMAT, MADRID

09:00 - 14:00

VISIÓN Y EXPERIENCIA EN EL FERROCARRIL



Juan de Dios Sanz Bobi



José Conrado Martínez Acevedo

Una referencia sobre energía eléctrica consumida en ...

Consumo de energía eléctrica por el FFCC a nivel mundial (2019): **280 TWh ***

Red	Consumo medio anual (TWh)	Observaciones
India (<i>Indian Railways</i>)	18,0	Previsto en 2030: 47,0 TWh
Alemania (<i>DB Energie</i>)	10,0	
Francia (<i>SNCF</i>)	9,0	3% del consumo total del país
Italia (<i>RFI</i>)	4,8	
España (<i>Adify Adif AV</i>)	3,0	1% del consumo total del país
Japón (<i>Japan Railway Central</i>)	2,2	

Aproximadamente 1 TWh permitiría alimentar 100.000 hogares en 1 año

Fuente: JCMA con información variada de cada compañía

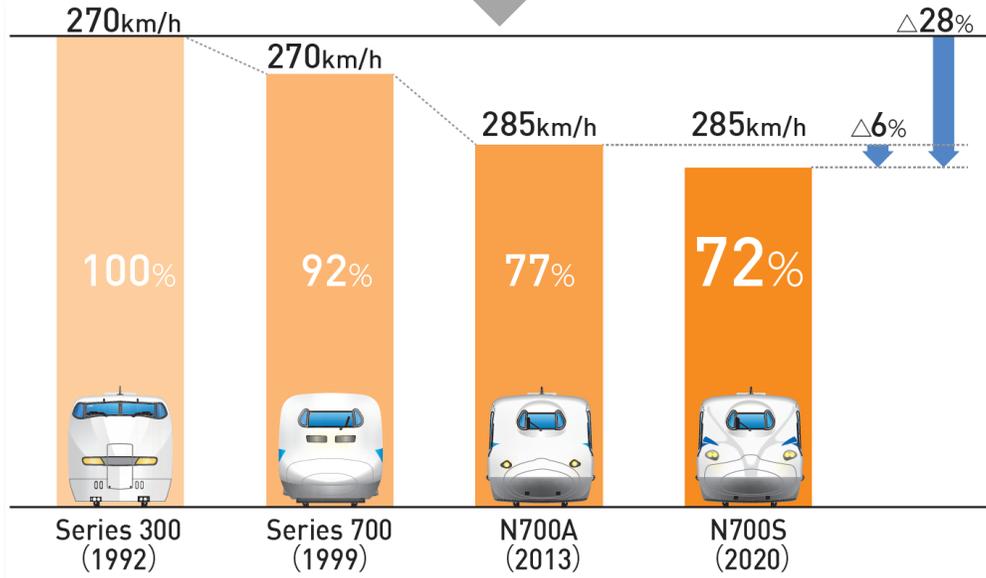
Aspectos introductorios (I)

Las agendas de visión 2030 y 2050 de la PTFE recogen las prioridades científico técnicas del sector, con las particularidades de la red nacional y sus redes urbanas, dando protagonismo a la energía como un activo que requiere optimizarse, gestionarse y dotar tecnológicamente de prestaciones a nivel de uso específico ferroviario, pero también a terceros y uso público. Las infraestructuras y el material rodante son co-partícipes de esta “aventura”

El documento de la PTFE de 2016 concluyó que **los principales ahorros futuros de energía en el FFCC vendrían de la mano de la aplicación de innovaciones en la infraestructura/superestructura** (el material rodante ha alcanzado una alta eficiencia y el margen es menor).



Ejemplo: Evolución del rendimiento del material rodante en el Tokaido Shinkansen



Fuente: Japan Railway Central



Existen también distintos ajustes en el mercado, como es el caso del servicio de interrumplibilidad, en el que los grandes consumidores son retribuidos por dejar de consumir en momentos donde la red eléctrica necesite más energía de la disponible. A través de la Orden IET/2013/2013 y sus siguientes modificaciones se indican las normativas para la participación en el mecanismo competitivo de asignación a este servicio a través de subastas.

IV. INFRAESTRUCTURA

La infraestructura ferroviaria tiene y tendrá un papel fundamental en la gestión energética sostenible e inteligente del sistema ferroviario en su conjunto. Algunos estudios han concluido que las principales mejoras y ahorros futuros en el ámbito energético provendrán de la aplicación de medidas por esta parte habida cuenta de la alta eficiencia que alcanza actualmente el material móvil de tracción eléctrica.

En el capítulo de Infraestructura se debe considerar, no sólo a los elementos que posibilitan el funcionamiento de un ferrocarril con tracción eléctrica³, sino también otras medidas relacionadas con el diseño inicial de la plataforma. En efecto, el cómputo total de la energía consumida por un vehículo en una línea ferroviaria está muy influenciado con las características geométricas de su trazado, por lo que el análisis y diseño de trazados energéticamente eficientes es una medida a tener muy en cuenta.

Las inversiones en la construcción de nuevas líneas ferroviarias y en la mejora de las existentes se justifican en muchas ocasiones por la reducción del consumo y de las emisiones del conjunto del sistema de transporte. Para que esta hipótesis sea cierta es necesario que el diseño de las infraestructuras ferroviarias se realice, además de con los criterios utilizados hasta el momento, desde una perspectiva y criterios energéticos.

Para poder alcanzar este objetivo es necesario partir de una base sólida en cuanto a conocimientos del consumo energético, así como la utilización de herramientas de modelización robustas que faciliten la toma de decisiones durante el diseño y redacción de los proyectos, con el fin de obtener una mejor eficiencia energética para los diferentes tipos de trenes, líneas y servicios.

Así pues, una parte del consumo energético de un tren se debe a la energía necesaria para vencer las resistencias mecánicas al avance, donde el trazado juega un papel fundamental. Por ello, el diseño energéticamente eficiente de trazados ferroviarios debe considerar aspectos como la armonización de las pendientes con las velocidades, potenciando el uso de la conducción económica del tren, ya sea manual o automática.

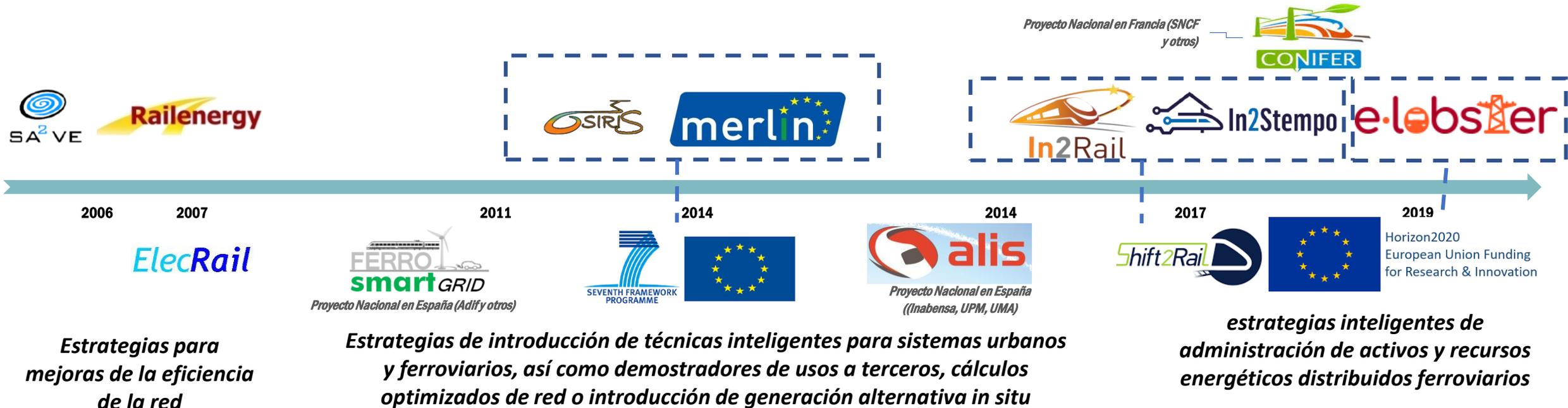
Para un trazado dado (sea o no energéticamente eficiente) el análisis y diseño de la infraestructura eléctrica para el aprovechamiento óptimo de la energía regenerada es otra medida que debe ser potenciada para una gestión energética sostenible e inteligente. Esta medida tendrá por lo general más importancia en líneas alimentadas en corriente continua.

³ Principalmente Subestación de Tracción Eléctrica, Línea Aérea de Contacto y conductores de alimentación.



Aspectos introductorios (II)

- La innovación sigue siendo un aspecto clave para este objetivo (iniciativas UIC, futura ERJU, etc.).
- Desde 2005 el avance ha sido significativo y los grupos de investigación siguen siendo numerosos en la materia...



- Las estrategias y necesidades asociadas para una mejor eficiencia energética se pueden dividir en dos grandes grupos: *Pasivas* y *Activas*



Infraestructura y superestructura: Medidas *pasivas* y *activas*

Complementarias y no sustitutivas

Medidas pasivas



Medidas que por sí solas aportan un mejor rendimiento energético de la infraestructura sin considerar estrategias de control asociadas.

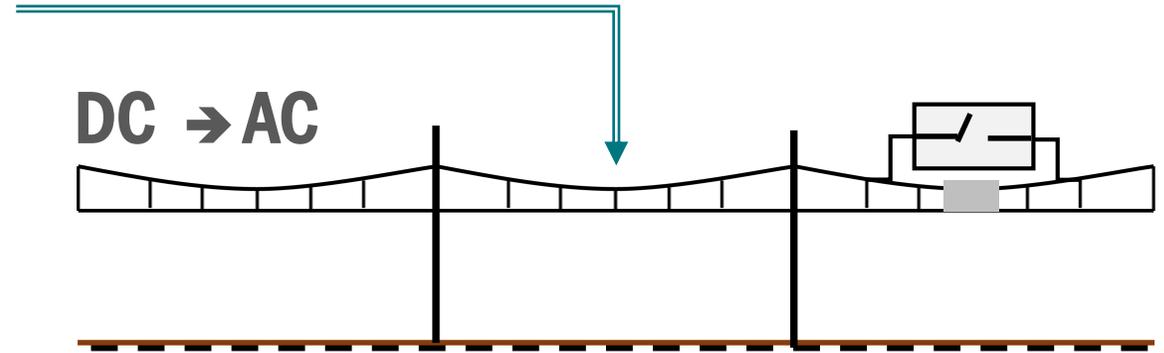
- Electrificación de líneas.
- Migración a corriente alterna monofásica.
- Diseño adecuado (trazado, topología del circuito, etc.).
- Otros: mayores niveles de tensión, etc.

Medidas activas



Medidas que regulan de manera activa el funcionamiento de la red eléctrica ferroviaria en función de estrategias de control predeterminadas (flujos bidireccionales). Se precisa la instalación de nuevo equipamiento de control en la red.

- Redes eléctricas ferroviarias de nueva generación, Smart Grid, SG (gran importancia del frenado eléctrico de recuperación y de las fuentes de energía renovables).



Infraestructura y superestructura: Medidas *pasivas* y *activas*

Complementarias y no sustitutivas

Medidas pasivas



Medidas que por sí solas aportan un mejor rendimiento energético de la infraestructura sin considerar estrategias de control asociadas.

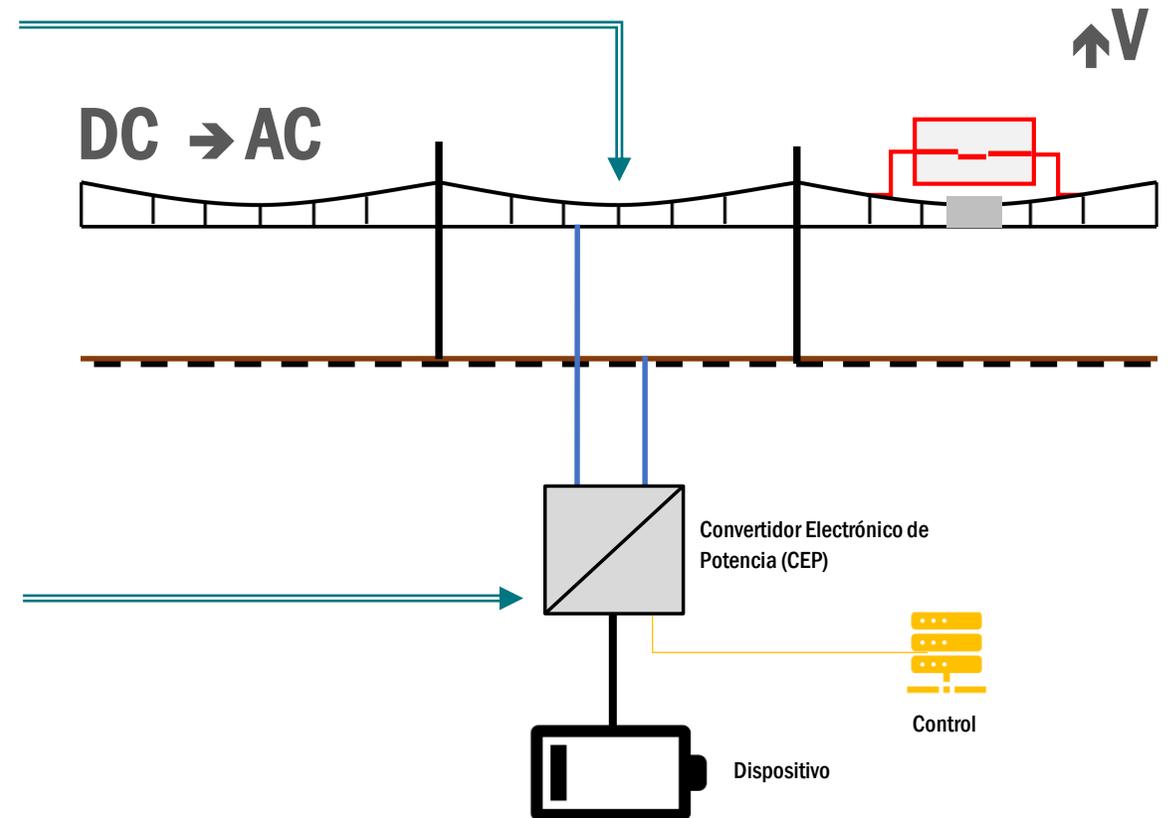
- Electrificación de líneas.
- Migración a corriente alterna monofásica.
- Diseño adecuado (trazado, topología del circuito, etc.).
- Otros: mayores niveles de tensión, etc.

Medidas activas



Medidas que regulan de manera activa el funcionamiento de la red eléctrica ferroviaria en función de estrategias de control predeterminadas (flujos bidireccionales). Se precisa la instalación de nuevo equipamiento de control en la red.

- Redes eléctricas ferroviarias de nueva generación, Smart Grid, SG (gran importancia del frenado eléctrico de recuperación y de las fuentes de energía renovables).



Medidas *pasivas*

Algunos ejemplos...

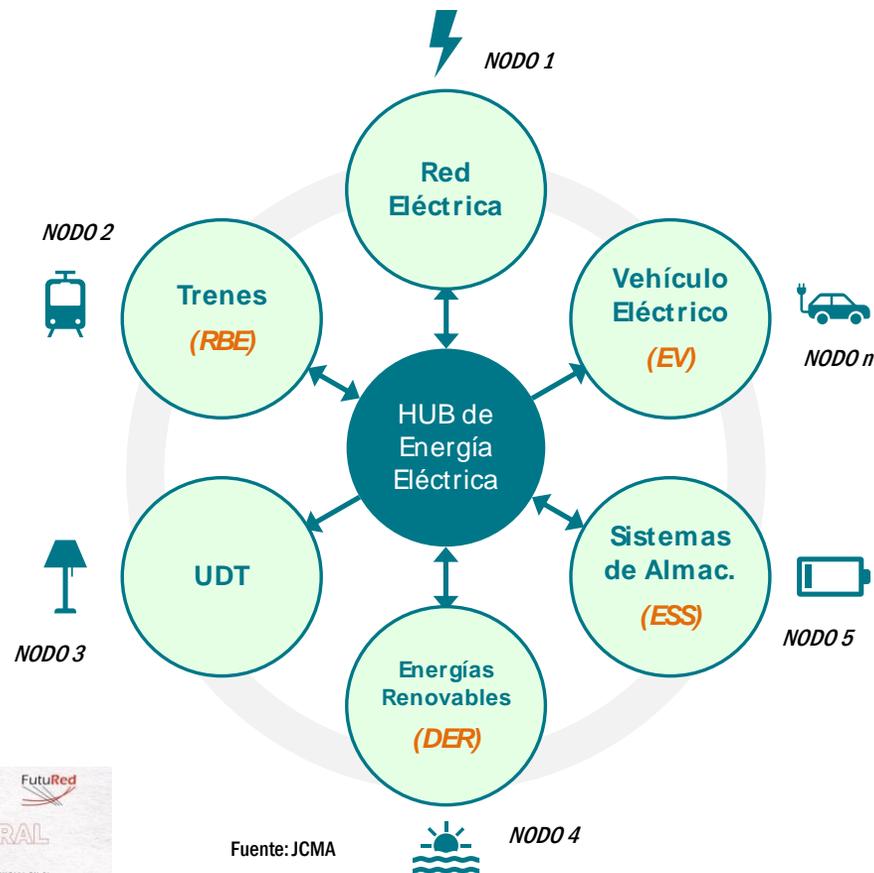
- Incremento del número de kilómetros electrificados:
 - Adif (España): **1.100 km** hasta 2030.
- Empleo de **sistemas “dobles”** de alimentación a catenaria:
 - AC (SNCF -Francia-, Adif -España-, RFI -Italia-, Japan Railways -Japón-, Indian Railways -India-, Russian Railways -Rusia-, etc.): empleo del sistema **2 x 25 kV 50/60 Hz**.
 - AC (Jernbaneverket -Noruega-): migración del sistema **1 x 15 kV 16,7 Hz** a **2 x 15 kV 16,7 Hz**.
 - DC (SNCF -Francia-): análisis del sistema **2 x 1,5 kV**.
- Incremento de voltaje:
 - DC (ProRail -Países Bajos-): migración a un voltaje de **3 kV DC** desde **1,5 kV DC**.
- Otras medidas:
 - AC (Adif -España-): Explotación con un solo transformador de tracción.
 - AC/DC (Adif -España-): Reducción de energía reactiva en las subestaciones.
 - DC (Japan Railways -Japón-): Empleo de cables superconductores.



Medidas activas

Redes eléctricas de nueva generación (SG). Concepto general y tecnología asociada

- Buenas capacidades y oportunidades para reducir las emisiones, el consumo de energía y los costes asociados. Promueve la evolución hacia tecnologías más sostenibles que comprenden la incorporación en la red (mediante NODOS) de recursos de generación distribuidos (DER), la utilización eficiente de la energía de frenado regenerativo (RBE) de los trenes, los sistemas de almacenamiento de energía en tierra (ESS) y las infraestructuras de carga para vehículos eléctricos (EV).
- A pesar de los crecientes desarrollos y el progreso de SG en la red eléctrica de servicios públicos y otros sectores de la industria, se identifica una ralentización de SG en los sistemas eléctricos ferroviarios. En lugar de un reemplazo sustancial de la infraestructura ferroviaria, se desarrollan proyectos independientes a nivel de nodo. En paralelo se continúa investigando sobre los puntos y métodos de integración más adecuados.



Fuente: JCMA

- **Electrónica de potencia en tierra:** Convertidores de diferentes tipologías: DC/AC, DC/DC, etc.
- **Tecnologías de almacenamiento en tierra:** Nuevas baterías, nuevos volantes de inercia, pilas de combustibles, etc.
- **Medida inteligente**
- **Control y Comunicaciones**
- **4.0:** Big Data, Machine Learning, Cloud, etc.

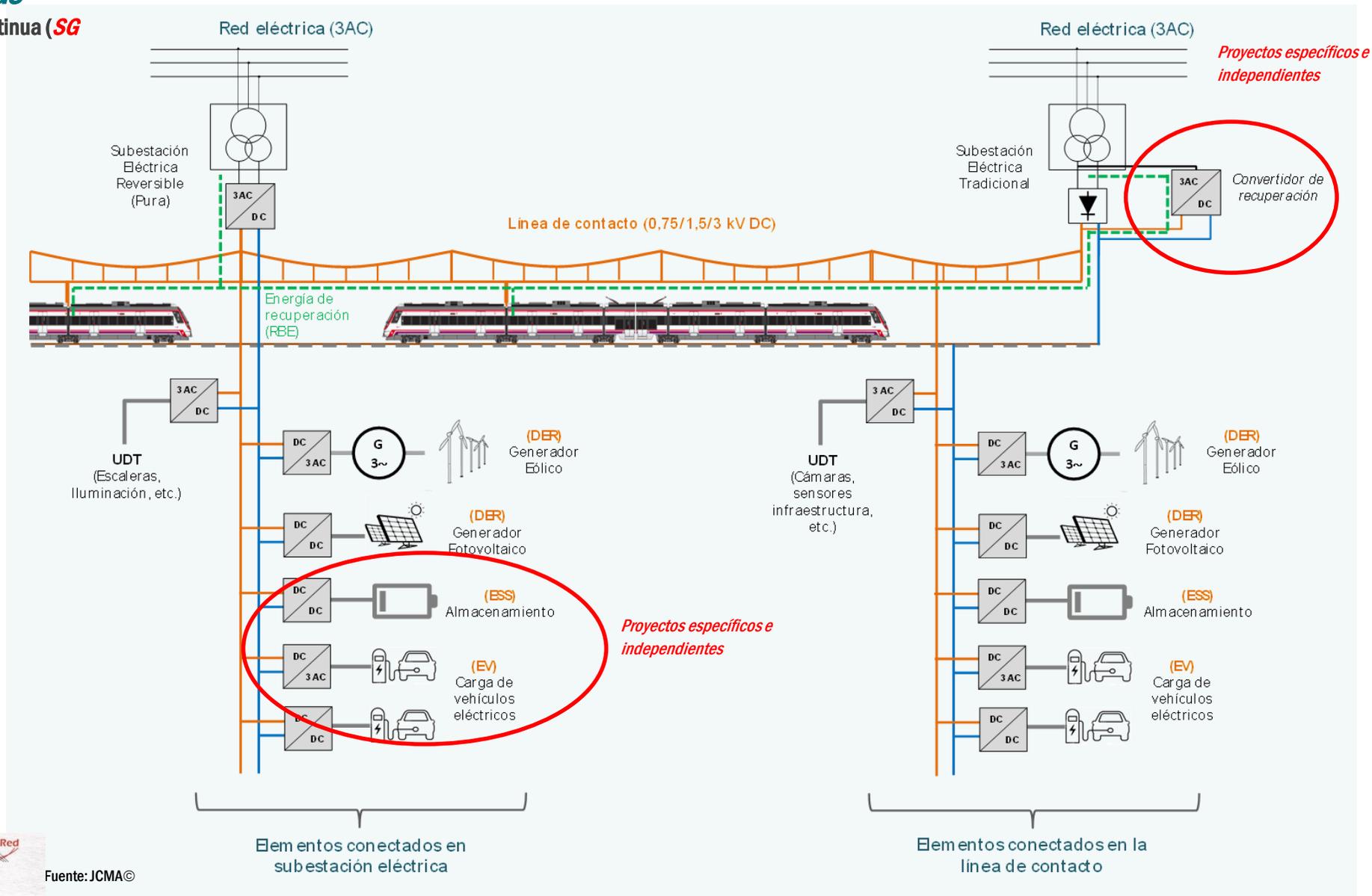
ASAMBLEA GENERAL
29.09.21

FORMATO SEMIPRESENCIAL EN EL
SALÓN DE ACTOS DEL CIEMAT, MADRID

09:00 - 14:00

Medidas activas

Caso de corriente continua (**SG**
DC)



Proyectos específicos e independientes

Proyectos específicos e independientes

Convertidor de recuperación

Elementos conectados en subestación eléctrica

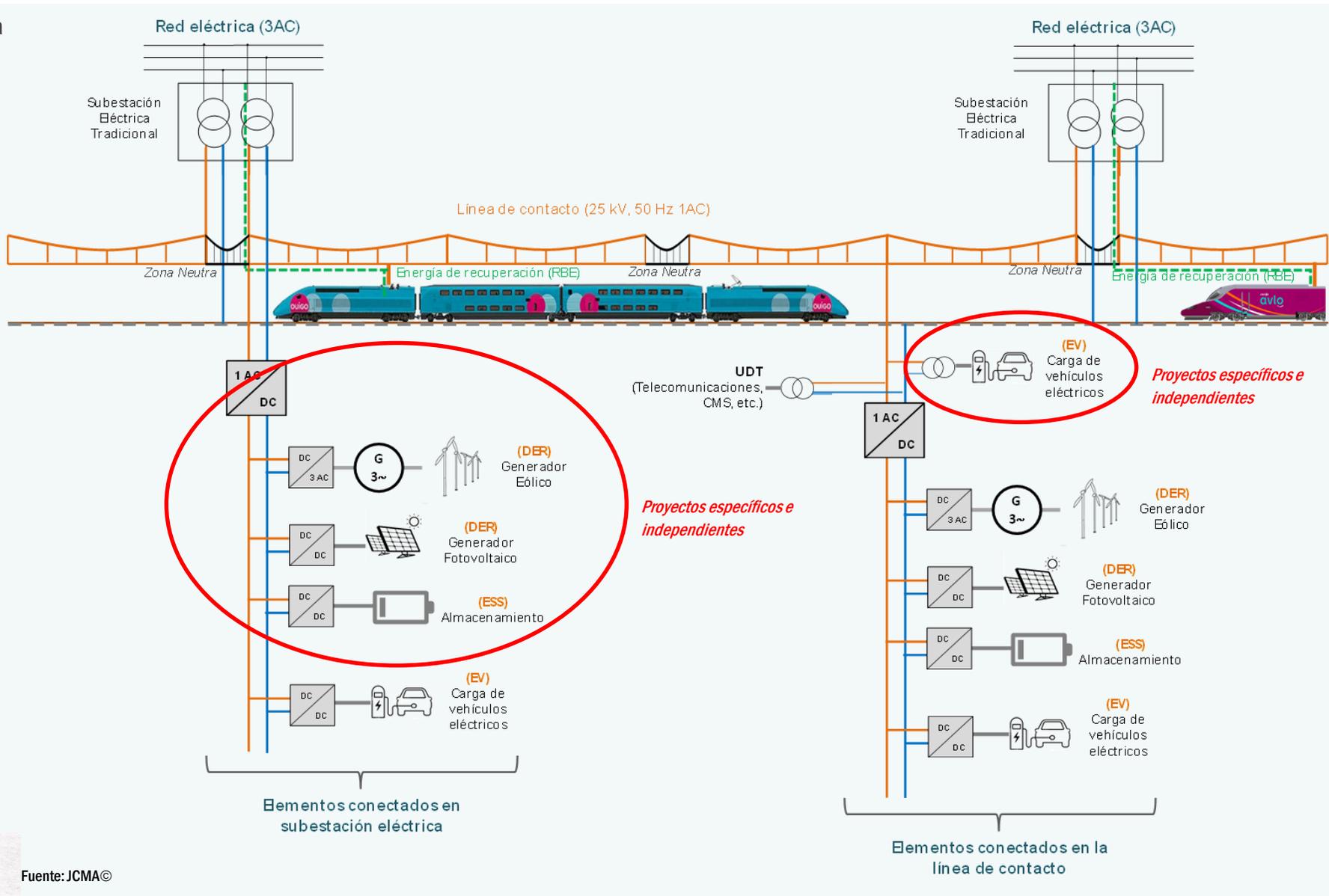
Elementos conectados en la línea de contacto

Fuente: JCMA©



Medidas activas

Caso de corriente alterna monofásica (SGAC)



Fuente: JCMA©



ASAMBLEA GENERAL
29.09.21

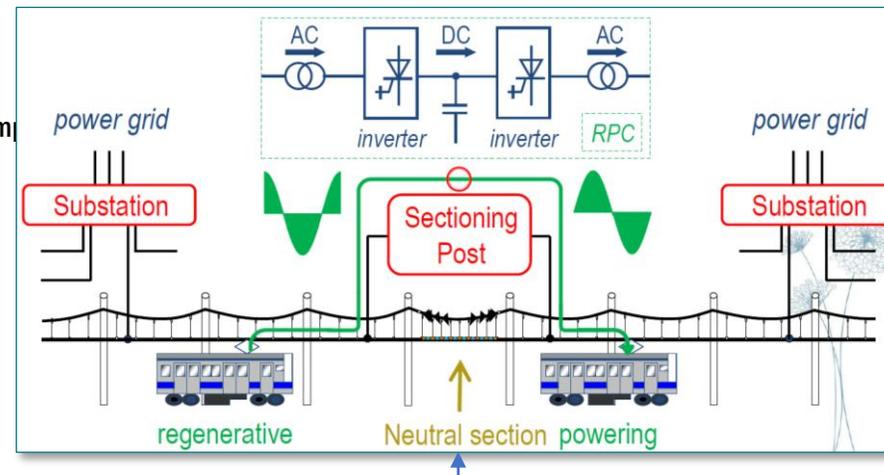
FORMATO SEMIPRESENCIAL EN EL SALÓN DE ACTOS DEL CIEMAT, MADRID

09:00 - 14:00

Medidas activas

Algunos ejemplos...

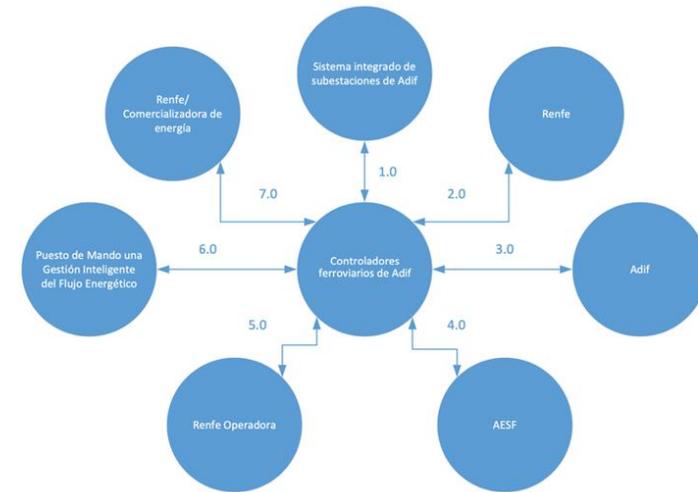
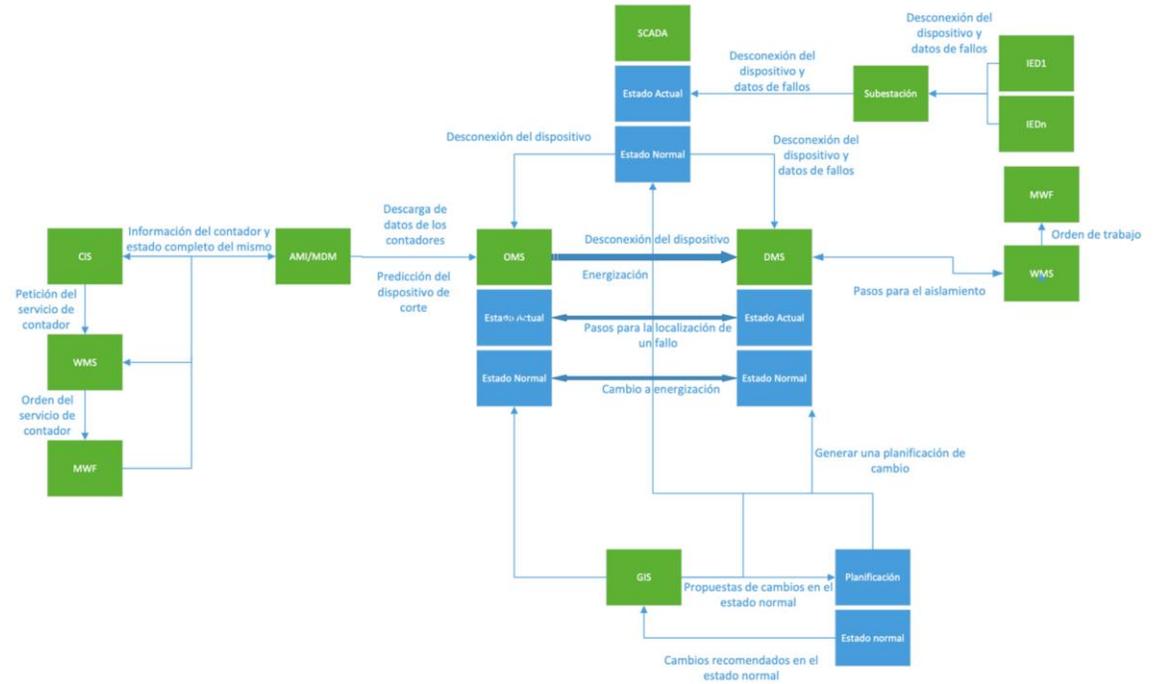
- Subestación reversible:
 - DC (SNCF -Francia-, Adif/FFCC regionales/Metro de Bilbao/Metro de Madrid/etc. -España-, Infrabel -Bélgica-, etc.).
- Micro-red (generadores descentralizados, con Energías Renovables):
 - AC/DC (DB -Alemania-, Indian Railways -India-, Japan Railways -Japón-, SNCF -Francia-, etc.).
- Micro-red (almacenamiento):
 - DC (Adif -España-, SNCF -Francia-, Infrabel -Bélgica-, Japan Railways -Japón-, etc.).
- SG (completa):
 - AC/DC (SNCF -Francia-).
 - AC (Adif -España-).
- Otros:
 - AC (Japan Railways -Japón-): Mejor aprovechamiento de energía de frenado mediante empuje de RPC).

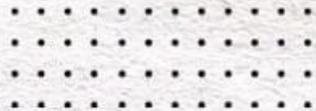


Fuente: JR

Conclusiones

- La gestión de red inteligente hoy está en proceso de elaboración en el ferrocarril
- Mayores resultados al entender el sistema ferroviario como una micro-red: permite trabajar sobre los conceptos de los nodos
- Los resultados de propios de red serán fruto de la colaboración con la I+D+i la industrialización y la amplia aceptación del mercado.
- Las soluciones que se desarrollarán deben ser altamente interoperables y proporcionar el nivel requerido de estandarización para una operación y mantenimiento a largo plazo, fácil y rentable del sistema ferroviario.
- Objetivo: cerrar la brecha entre la investigación y la estandarización en un enfoque integrado





ASAMBLEA GENERAL

29.09.21

**PANEL: CLAVES DE LAS REDES INTELIGENTES
PARA LA COMPETITIVIDAD DE LOS USUARIOS**

FORMATO SEMIPRESENCIAL EN EL
SALÓN DE ACTOS DEL CIEMAT, MADRID

09:00 - 14:00

VISIÓN Y EXPERIENCIA EN EL FERROCARRIL



Juan de Dios Sanz Bobi



José Conrado Martínez Acevedo