

## X Congreso Internacional de Historia Ferroviaria Alcázar de San Juan, 24-25-26 de junio de 2026

### Sesión IX, General

Implantación de la corriente alterna monofásica en el ferrocarril español: un punto de inflexión en su transformación derivado de la puesta en servicio de la primera línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla

### Sessão IX, Geral

Implementação da corrente alternada monofásica na ferrovia espanhola: um ponto de viragem na sua transformação, resultante da entrada em funcionamento da primeira linha de alta velocidade entre Madrid e Sevilha

### Session IX, General

Implementation of single-phase alternating current in the Spanish railway: a turning point in its transformation resulting from the commissioning of the first high-speed line between Madrid and Seville

---

JOSÉ CONRADO MARTÍNEZ ACEVEDO  
Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Adif  
[jcmartinez@adif.es](mailto:jcmartinez@adif.es)

Comunicación de acceso abierto distribuido bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC-BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). / Comunicação de acesso aberto distribuída sob uma [Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional \(CC-BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). / Open

access paper under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC-BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**Resumen:** España apostó pronto por el uso de la electricidad en su red ferroviaria, empleando la corriente continua en ese nuevo proceso tecnológico. La puesta en servicio de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla modificó el planteamiento que venía adoptándose respecto al empleo de este tipo de corriente. Esta línea constituyó la primera experiencia operativa de adopción de la corriente alterna monofásica, orientando la estrategia de Renfe a los estándares de aquel momento. El nuevo escenario planteó mayores exigencias técnicas a los distintos elementos del sistema y produjo la dotación de nuevo personal especializado que asimilara, transmitiera y rentabilizara el nuevo contexto tecnológico al que se enfrentaba la empresa.

**Palabras clave:** electrificación; tecnología; infraestructura; material rodante; innovación.

**Resumo:** Espanha adoptou rapidamente a utilização da electricidade na sua rede ferroviária, empregando inicialmente corrente contínua neste novo processo tecnológico. A entrada em funcionamento da linha de alta velocidade Madrid-Sevilha alterou a abordagem anteriormente adoptada relativamente à utilização deste tipo de corrente. Esta linha constituiu a primeira experiência operacional com a adopção de corrente alternada monofásica, alinhando a estratégia da Renfe com os padrões da época. O novo cenário impôs maiores exigências técnicas aos diversos elementos do sistema e levou à contratação de novos profissionais especializados para assimilar, transmitir e capitalizar o novo contexto tecnológico que a empresa enfrentava.

**Palavras-chave:** eletrificação; tecnologia; infraestrutura; material rodante; inovação.

**Abstract:** Spain quickly embraced the use of electricity in its railway network, initially employing direct current in this new technological process. The commissioning of the Madrid-Seville High-Speed line altered the approach previously taken regarding the use of this type of current. This line constituted the first operational experience with the adoption of single-phase alternating current, aligning Renfe's strategy with the standards of the time. The new scenario placed greater technical demands on the various elements of the system and led to the recruitment of new specialized personnel to assimilate, transmit, and capitalize on the new technological context the company faced.

**Keywords:** electrification; technology; infrastructure; rolling stock; innovation.

---

## INTRODUCCIÓN

Puede afirmarse que entre los capítulos tecnológicos más importantes de la historia ferroviaria española se encuentra el relativo a la implantación progresiva de la electricidad en la infraestructura y en el material rodante. Esta implantación, desde sus comienzos y hasta bien entrado el siglo XXI, se ha caracterizado por un importante proceso de internacionalización y de innovación de las empresas ferroviarias.

España apostó de manera temprana por el uso de la electricidad en su red ferroviaria, empleando la corriente continua en ese nuevo proceso tecnológico. La facilidad de regular el motor de tracción con este tipo de

corriente y la influencia de algunas electrificaciones implantadas durante las primeras décadas del siglo XX en otros países<sup>1</sup>, contribuyeron a tomar esta decisión por parte de las diferentes compañías ferroviarias.<sup>2</sup>

La puesta en servicio en 1992 de la primera línea de alta velocidad española, entre Madrid y Sevilla, modificó el planteamiento que venía adoptándose en la red respecto al empleo de la corriente continua. Esta nueva línea ferroviaria constituyó la primera experiencia operativa de uso de la corriente alterna monofásica, orientando la estrategia de Renfe a los estándares europeos y mundiales de aquel momento.

Desde entonces, el empleo de la corriente alterna monofásica ha sido una constante siendo actualmente la opción principal para la electrificación, no sólo de nuevas líneas y/o trayectos de alta velocidad, sino también de las nuevas electrificaciones contempladas en la red convencional.<sup>3</sup>

## **1. 1. El sistema de electrificación con corriente alterna monofásica**

A diferencia de los sistemas con corriente continua empleado en España, que emplean tensiones nominales de 3.000 V y 1.500 V, el sistema de electrificación con corriente alterna monofásica emplea una tensión de 25.000 V y una frecuencia de 50 Hz.

Este sistema se desarrolló en Francia al terminar la Segunda Guerra Mundial, pudiéndose fijar la fecha de 1951 como la del nacimiento de este

---

<sup>1</sup> Al iniciarse el siglo XX, el único sistema de electrificación utilizado era prácticamente el de corriente continua a baja tensión, del orden de 600 V y 1.500 V. De especial relevancia fueron las electrificaciones implantadas en la ciudad de Nueva York con este sistema, siendo tomadas de referencia en otros países.

<sup>2</sup> En los inicios del siglo XX también se estaba ensayando el sistema con corriente alterna monofásica y trifásica. El éxito de la compañía “Brown Boveri & Co” en el Túnel del Simplon con el sistema trifásico, hizo que la compañía del Sur de España decidiera emplearlo en 1911 en el tramo Gérgal-Santa Fe (ampliado después hasta Nacimiento y Gádor, y finalmente hasta la ciudad de Almería). Se trataba de la primera electrificación española en ancho ibérico, y fue motivada por las dificultades existentes con la tracción vapor para remolcar los trenes de mineral de hierro procedentes de las Minas del Marquesado y Alfique hasta el puerto de Almería. Este sistema implicaba serios inconvenientes técnicos tanto en el material rodante como en la infraestructura por lo que su uso en España fue limitado exclusivamente a este tramo.

<sup>3</sup> Debe considerarse que la corriente alterna monofásica es más eficiente en términos técnicos que la corriente continua.

nuevo tipo de electrificación. En aquel año, en una conferencia internacional celebrada en Annecy, se establecieron las bases para las electrificaciones futuras en corriente alterna monofásica a frecuencia industrial. También en ese mismo año la compañía francesa SNCF anunció la electrificación de la línea Valenciennes-Thionville, siendo la primera línea en la que se instaló este nuevo sistema.<sup>4</sup>

La principal ventaja de este sistema es que al emplear valores de tensión eléctrica mayores, produce unas caídas de tensión menores. De esta manera las pérdidas eléctricas en el sistema son también menores.

El espectacular desarrollo de la electrificación a 25.000 V y 50 Hz se pone de manifiesto por el hecho de que en el año 1951 había en el mundo unos 50.000 km electrificados, de los que algo más de dos tercios lo estaban en corriente continua y un poco menos de un tercio en corriente alterna a frecuencia reducida<sup>5</sup>, siendo nula la parte correspondiente a 25.000 V y 50 Hz. Medio siglo después, de los más de 230.000 km electrificados en el mundo, cerca de la mitad corresponde a este sistema de electrificación.

## **2. LA ELECTRIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE MADRID Y SEVILLA**

El empleo de la tecnología de corriente alterna monofásica en la electrificación de la línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla, supuso un hito tecnológico para el entonces Ministerio de Obras Públicas y Transportes y la compañía Renfe, no sólo desde un punto de vista de la infraestructura sino también del material rodante.

Al igual que ocurrió con otras áreas técnicas, la de electrificación llevó asociado un intenso proceso de intercambio de conocimiento entre Renfe y diferentes administraciones y compañías ferroviarias que ya tenían experiencia en la operación de esta tecnología.

---

<sup>4</sup> En 1955 se celebró en Lille (Francia) un nuevo congreso para exponer los buenos resultados conseguidos con la primera electrificación Valenciennes-Thionville. Como consecuencia, Francia adoptó este nuevo sistema para todas sus futuras electrificaciones en el Norte y en el Este, en lugar de los 1.500 V en corriente continua inicialmente previstos. Numerosos países se decidieron rápidamente por los 25.000 V y 50 Hz como Gran Bretaña, URSS, Japón, Portugal, China e India.

<sup>5</sup> La frecuencia reducida se refiere a la frecuencia empleada en el sistema eléctrico ferroviario de algunos países europeos, principalmente Alemania. En ellos se emplea un sistema con corriente alterna monofásica a una tensión de 15.000 V y 16,7 Hz.

De esta manera en los diferentes procesos de licitación pública que tanto el Ministerio como Renfe promovieron para la construcción de la nueva línea, fue común que los grupos empresariales que optaron a las distintas adjudicaciones estuvieran representados por empresas con experiencia previa en proyectos similares.<sup>6</sup>

En el caso específico del contrato asociado a la electrificación, fueron varios los consorcios empresariales que optaron a él, destacando las propuestas tecnológicas de origen francés y alemán, que en aquel momento se consideraban las más representativas desde un punto de vista técnico.<sup>7</sup> Este contrato, que también incorporaba en su alcance la instalación de los sistemas de control de tráfico y de telecomunicaciones, se adjudicó finalmente a un consorcio de empresas alemanas y españolas bajo la denominación de ↔Consortio Hispano Alemán (CHA)≈.

Esta alianza empresarial contó con el liderazgo de la empresa alemana Siemens Aktiengesellschaft (Siemens AG), empresa puntera a nivel mundial en diferentes tecnologías del ámbito ferroviario, incluyendo la de electrificación.<sup>8</sup>

Adicionalmente el consorcio estuvo formado por los siguientes miembros industriales: Siemens S.A.; AEG Aktiengesellschaft; AEG Ibérica de Electricidad, S.A.; Asea Brown Boveri (ABB); Asea Brown Boveri, S.A.; Electrificaciones y Montajes Guinovart, S.A.; Radiotrónica, S.A.; Standard Elektrik Lorenz AG (SEL); Alcatel SEL Señalización S.A.; Técnicas de Montaje y Electrotecnia S.A. (TEMELSA).

Un aspecto clave del ↔CHA≈ estuvo referido a la posibilidad de que las empresas españolas participantes absorbieran el *know-how* de las empresas extranjeras, generando un importante germen de conocimiento para los proyectos nacionales futuros que pudieran desarrollarse.

---

<sup>6</sup> Esta circunstancia fue especialmente mediática en el caso de los contratos asociados a la compra del material rodante que iba a ser empleado.

<sup>7</sup> Existieron ofertas de naturaleza exclusivamente española, representadas por empresas que finalmente se integraron en el consorcio ganador o actuando como subcontratistas clave para la ejecución de los diferentes trabajos.

<sup>8</sup> Siemens AG ya contaba con gran experiencia en los proyectos de alta velocidad en Alemania junto a la empresa ferroviaria estatal Deutsche Bahn (DB). De esta manera ofertó la tecnología ya empleada en las líneas de alta velocidad de ese país.

## 2. 1. Un nuevo planteamiento tecnológico

La tecnología de electrificación ha sido fundamental para el desarrollo de la alta velocidad en el ferrocarril. Debe considerarse que este tipo de explotación no puede plantearse con otras tecnologías teniendo en cuenta las altas potencias demandadas por los trenes. Por otra parte, a medida que la velocidad de circulación aumenta, la potencia también lo hace.<sup>9</sup>

Considerando la ecuación general de la potencia eléctrica (producto de la tensión y la intensidad), puede deducirse que para transportar una potencia determinada al tren podría actuarse sobre la tensión o la intensidad de manera que se obtenga el valor de potencia requerido. Así, si se empleara la máxima tensión posible en corriente continua (3.000 V), la corriente necesaria para suministrar una alta potencia sería de varios miles de amperios; por el contrario, si se empleara la tensión alterna monofásica (25.000 V), su valor sería de unos cientos de amperios.

El valor de la corriente necesaria en el caso de la tensión continua sería inadmisibile pues se necesitarían unas secciones conductoras de cable muy elevadas en la línea de transmisión o catenaria. En este escenario las pérdidas que se originarían, proporcionales al cuadrado del valor de la corriente, serían excesivas. Por otra parte las altas secciones conductoras plantearían una catenaria muy pesada que empeoraría la captación de la electricidad por el pantógrafo del tren.

De esta manera se debe aumentar el valor de la tensión eléctrica y disminuir todo lo posible el de la corriente, debiendo emplear para ello un sistema eléctrico con tensión alterna monofásica. Con este sistema bastaría utilizar un único cable conductor, con una sección geométrica adecuada que en todos los casos permitirá aligerar el peso de la catenaria.

## 2. 2. Particularidades de las nuevas subestaciones eléctricas

La corriente alterna monofásica era obtenida en doce subestaciones eléctricas conectadas a dos redes externas de corriente alterna trifásica con suficiente potencia eléctrica para alimentar el tráfico previsto. En el caso del trayecto entre Madrid y Córdoba, las nueve subestaciones eléctricas existentes se conectaban a una línea eléctrica de transporte de 220 kV. Las subestaciones restantes del trayecto, entre Córdoba y Sevilla, lo hacían

---

<sup>9</sup> En la ecuación de la resistencia al avance del tren, el término que representa la resistencia aerodinámica es proporcional al cuadrado de la velocidad.

desde una línea eléctrica de 132 kV.<sup>10</sup> Esta conexión directa planteó necesariamente que la frecuencia de funcionamiento empleada por Renfe en la nueva línea de alta velocidad fuera la propia de la red eléctrica, es decir, la frecuencia industrial del sistema eléctrico general (50 Hz).

Las nuevas subestaciones realizaban un proceso de transformación mediante transformadores reductores de la tensión de la red (220 o 132 kV) a la de alimentación del tren (25.000 V). En términos generales cada nueva subestación disponía de dos transformadores de 20 MVA de potencia.

A diferencia de las subestaciones de corriente continua empleadas hasta ese momento por Renfe, el uso de la corriente alterna monofásica no precisaba de un proceso adicional de rectificación de la tensión, tratándose por tanto de un proceso técnico más sencillo. Por contra estas nuevas subestaciones precisaban de mayores recintos técnicos que las de corriente continua debido a las mayores tensiones eléctricas de funcionamiento.

Pero si existió una particularidad destacable al emplear esta nueva tecnología, esta se refirió al empleo, por primera vez, de las denominadas zonas neutras de separación de fases eléctricas. Ello se debió a que las nuevas subestaciones debían alimentarse de fases eléctricas diferentes de la red de transporte de manera que no se produjera un desequilibrio en ella. Las zonas neutras introducirían nuevas funcionalidades en la circulación de los trenes, a los cuales debía comunicarse con antelación el paso por ellas, tanto de manera manual como a través del nuevo sistema de control automático que se implantaría en la línea.<sup>11</sup>

### 2. 3. Particularidades de la nueva catenaria

La catenaria empleada en la nueva línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla fue la primera de su generación en la red ferroviaria española. Desarrollada por Siemens AG, esta catenaria, denominada

---

<sup>10</sup> Desde un punto de vista operativo, este esquema de conexión directa de las subestaciones ferroviarias a la red eléctrica de transporte (gestionada por la entonces Red Eléctrica de España, que actuaba como Operador Técnico del Sistema de Transporte) supuso una singularidad en sí misma, introduciendo nuevos procesos de operación y requerimientos en el sistema ferroviario (por ejemplo, nuevos requerimientos para no afectar a la propia red de transporte).

<sup>11</sup> *Linienzugbeeinflussung* o LZB.

comercialmente Re-250, era un modelo que ya se estaba empleando en la red ferroviaria alemana.

Entre sus principales novedades y características se encontraba el uso de nuevos materiales en los conductores eléctricos, habida cuenta de la necesidad de aplicar una mayor tensión mecánica considerando la operación en alta velocidad.<sup>12</sup> De esta manera, en lugar de emplear cobre como venía sucediendo hasta ese momento, la catenaria Re-250 adoptaba un hilo de contacto de magnesio aleado con plata. Del mismo modo el cable sustentador era de bronce y no de cobre como también se venía empleando hasta ese momento. El tense mecánico de la nueva catenaria se especificó en 15.000 N de fuerza frente a los valores empleados hasta ese momento en las catenarias convencionales, sustancialmente menores.

Un aspecto distintivo, en materia operativa, que introdujo la catenaria Re-250, estribó en la necesidad de realizar su control dinámico y no sólo geométrico como se venía realizando hasta entonces en el resto de las instalaciones. Por su parte, la velocidad máxima de circulación a alcanzar por los trenes en la nueva línea (270 km/h), requirió de márgenes y tolerancias de funcionamiento más estrictas que las que se empleaban hasta ese momento.

Si bien el criterio geométrico era relativamente sencillo de analizar, no ocurría lo mismo con el criterio dinámico pues, entre otros motivos, precisaba de un gran número de ensayos reales con vehículos de inspección especiales que debían circular a la máxima velocidad de la línea más un margen adicional. Es aquí donde comenzó a cobrar una gran importancia el estudio de la interacción del pantógrafo con la catenaria, debiéndolo considerar como una nueva especialidad laboral de los equipos técnicos de Renfe.

## **2. 4. Las perturbaciones eléctricas en el nuevo escenario operativo**

Una importante particularidad del nuevo sistema eléctrico empleado es que era altamente perturbador como consecuencia de sus características de funcionamiento. Se entiende por perturbación la interacción mutua

---

<sup>12</sup> Los cables de la catenaria son tensados mecánicamente de forma que el pantógrafo circule de la manera más uniforme posible, hecho que se consigue restringiendo la formación de una flecha en el hilo de contacto, siendo menor cuanto mayor es la tensión mecánica utilizada. Puede comprobarse que para una mayor velocidad de circulación es necesario aplicar una mayor tensión mecánica en el hilo de contacto.

entre diferentes sistemas eléctricos que se encuentran bajo tensión y por los cuales circulan corrientes.

Si bien la corriente alterna monofásica tiene la ventaja de ser fácilmente transformada, como inconveniente está su propiedad de inducir tensiones en conductores paralelos.

Estas perturbaciones podían producirse sobre la línea eléctrica de transporte (como consecuencia de encontrarse conectada a ella) y sobre las instalaciones existentes en el entorno de la línea ferroviaria, ya que la catenaria se encontraba muy próxima a los cables y equipos de estas instalaciones, produciendo interferencias electromagnéticas.

Este tipo de perturbaciones de la corriente alterna monofásica es el que produjo que, durante los primeros años de explotación de la línea, la entrada a las estaciones de Madrid-Puerta de Atocha y Sevilla-Santa Justa se hiciera con una tensión continua de 3.000 V de manera que no se produjeran perturbaciones sobre los sistemas de señalización de las líneas convencionales cercanas (concretamente sobre sus circuitos de vía que funcionaban en aquel momento a 50 Hz). De esta manera en los extremos de la línea de alta velocidad se tuvieron que proyectar sendas zonas eléctricas en las que los trenes pasaban de emplear corriente alterna a corriente continua (zonas de separación de sistemas).

## **2. 5. El aprovechamiento de energía eléctrica: otra novedad del nuevo sistema**

Es sabido que los trenes de tracción eléctrica producen energía eléctrica al frenar. Esta energía puede ser disipada en unas resistencias situadas en el propio tren (freno reostático) o es devuelta a la catenaria (freno regenerativo o de recuperación). En esta última situación la energía devuelta podría ser aprovechada por otro tren que la demanda o retornada a la red eléctrica a través de las subestaciones eléctricas.

Para que se devuelva esta energía a la red eléctrica pública, de una manera directa, hace falta, al menos, que se presenten dos condiciones: que la línea esté electrificada en corriente alterna y que el tren que frena disponga de freno regenerativo. Habida cuenta que la electrificación de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla cumplía la primera condición, fue técnicamente posible aplicar este escenario de operación para algunos

tipos de trenes. Dicho escenario representó un avance sustancial en materia de eficiencia energética de todo el sistema.

#### **4. CASO ESPECÍFICO DEL MATERIAL RODANTE**

Desde principios de los años 80 la tecnología de tracción eléctrica experimentó un importante avance derivado, en gran medida, de la evolución de los semiconductores de potencia, permitiendo desarrollar nuevas cadenas de tracción. En esos años se inicia la sustitución del motor de corriente continua por el de corriente alterna trifásico, tanto síncrono como sobre todo asíncrono, ambos más eficientes que los primeros. Concretamente el desarrollo del tiristor GTO y del microprocesador permitió la introducción definitiva de la tracción trifásica, pudiendo fabricar convertidores que regulaban la frecuencia y la tensión de alimentación al motor, logrando que su funcionamiento fuera totalmente flexible y similar al del motor de corriente continua.

El material rodante empleado en la línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla introdujo todas estas novedades tecnológicas en Renfe que, hasta ese momento, no contaba con material rodante dotado de cadenas de tracción trifásicas. De esta manera también se adoptaron nuevas técnicas hasta ese momento no empleadas como el uso de motores trifásicos (tanto asíncronos como síncronos), convertidores eléctricos de potencia de última generación y arquitecturas duales que permitieran a los trenes operar en la zona de corriente continua y en la de corriente alterna.

##### **4. 1. Las unidades eléctricas de la serie 100**

Estos trenes, que pasaron a constituir la serie 100 de Renfe, representaron, en gran medida, la nueva imagen tecnológica de aquella era de la alta velocidad que comenzaba en España. Fueron adquiridos expresamente para la explotación comercial de la línea.

El contrato de adquisición se firmó en marzo de 1989 entre Renfe y la entonces GEC Alstom, empresa francesa de referencia que asumió la responsabilidad del proyecto. Se construyeron 16 trenes, siendo recepcionados entre febrero de 1992 y marzo de 1993. Los cuatro primeros trenes fueron construidos completamente en Francia, mientras que la fabricación de los cuatro siguientes se repartió entre Francia (los vehículos motrices) y España (los coches remolques). El noveno tren y siguientes se

construyeron íntegramente en España por MTM y Ateinsa, que pertenecían al grupo GEC Alsthom, y también por CAF.

Los trenes de la serie 100 derivaban de los  $\leftrightarrow$ TGV Atlántico $\approx$  de la SNCF, introduciendo las modificaciones necesarias para adaptarlos a las condiciones de explotación españolas. El tren se componía de ocho remolques encuadrados por dos motrices. La potencia nominal del tren era de 8.800 kW (a 25.000 V), y de 5.400 kW (a 3.000 V). Su velocidad máxima era 300 km/h, siendo su masa en vacío 393 t y cargado, 421 t.

Cada composición equipaba ocho motores de tracción síncronos y autopilotados. Todos estos equipos eléctricos de potencia se encontraban alojados en los vehículos motrices extremos lo que caracterizaba al tren como una unidad de tracción concentrada y no distribuida. Cada motriz contaba con dos bloques motores idénticos, uno para cada bogie, un bloque auxiliar, un bloque común, y un transformador.

La regulación de tensión de los motores de tracción de cada bogie se efectuaba, en 25.000 V, mediante dos puentes rectificadores mixtos con tiristores y diodos, mientras que a 3.000 V se realizaba mediante un *chopper* con tiristores GTO.

Para la captación de corriente de la catenaria, cada motriz disponía de dos pantógrafos, uno de 25.000 V y otro de 3.000 V, que se situaba encima del bogie motor más próximo al primer coche remolque. Al paso por las zonas de separación de sistemas, el tren realizaba la maniobra de subida y bajada del pantógrafo correspondiente en cada momento.

Una característica destacable de estos nuevos trenes es que no disponían de frenado regenerativo, no pudiendo por tanto devolver energía eléctrica a la catenaria regenerada en el frenado.

#### **4. 2. Las locomotoras eléctricas de la serie 252**

También en marzo de 1989, Renfe firmó un contrato para la adquisición de 75 locomotoras eléctricas pertenecientes a la nueva serie 252. El contrato se realizó con un consorcio empresarial liderado por la empresa alemana Siemens AG, las suizas Krauss-Maffei, Thyssen-Henschel, ABB y la española Macosa.

De esas 75 locomotoras, 15 unidades (desde la 252-001 hasta la 252-015) fueron concebidas para prestar servicio en la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla. Su recepción se efectuó entre mayo de 1992 y

septiembre de 1993, pasando a prestar servicio en la nueva línea remolcando trenes Talgo Pendular a la velocidad máxima de 200 km/h.

Estas locomotoras eran de gran potencia, capaces de desarrollar 5.600 kW. Derivaban de las locomotoras alemanas E-120 de la DB, si bien presentaban importantes diferencias debido a la necesidad de adaptarlas a las condiciones de explotación españolas y a la rápida evolución de la tecnología electrónica.

Cada locomotora equipaba cuatro motores de tracción trifásicos asíncronos, alimentados por un convertidor de tensión. El equipo electrónico de potencia estaba constituido a base de tiristores GTO y el sistema de control de la locomotora se realizaba con microprocesadores.

A diferencia de los trenes de la serie 100, las nuevas locomotoras 252 sí disponían de frenado regenerativo pudiendo, por tanto, devolver energía generada en el frenado a la catenaria y a la red eléctrica de transporte.

## **5. LA DIRECCIÓN DE ASIMILACIÓN TECNOLÓGICA**

La complejidad técnica y funcional y la innovación tecnológica que comportó para Renfe el desarrollo de un primer sistema de alta velocidad planteó la dotación de un personal que asimilara, transmitiera y rentabilizara el nuevo contexto tecnológico en el que se iniciaba la empresa.

El objetivo fue articular un grupo humano altamente cualificado, especialmente en las áreas de electrónica, electrotecnia, dinámica ferroviaria (tanto a nivel de vía como de catenaria), nuevos materiales y seguridad, que respondiera acertadamente y con celeridad, e incluso se anticipara, al desarrollo del sistema de alta velocidad mediante la aportación de todos aquellos elementos que pudieran constituir avances significativos en los procesos de innovación tecnológica.

Para ello Renfe creó una Dirección de Asimilación Tecnológica de manera que se propiciara un conocimiento profundo de las diversas opciones tecnológicas ofrecidas por el mercado y proveer el apoyo técnico necesario a cuantos departamentos de las distintas unidades de negocio de la empresa, así lo requirieran.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Debe considerarse que la tecnología empleada en aquel momento en la nueva línea de alta velocidad tendría aplicación a determinados modos de ↔ferrocarril convencional≈, ampliando el campo de acción, y, en consecuencia, el interés de su divulgación entre la industria española.

El programa encomendado a la Dirección de Asimilación Tecnológica contempló dos líneas básicas de actuación: por un lado, la creación de la infraestructura necesaria para la adquisición de la tecnología que prestara un soporte adecuado a todos los estamentos de la nueva línea de alta velocidad Madrid-Sevilla; y, por otro, el fomento de participación de la industria española en los futuros proyectos de alta velocidad. Solo con una mayor presencia de la industria española en estos proyectos, se podría abordar con criterios de mayor independencia y rentabilidad el reto tecnológico que impondría la alta velocidad en el trascurso de esa década.

## CONCLUSIONES

La puesta en servicio en 1992 de la línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla planteó un punto de inflexión tecnológico en la red ferroviaria española.

En el caso de la técnica de electrificación esta nueva línea impuso mayores exigencias técnicas a la catenaria y a la captación de corriente desde el tren, así como a las subestaciones eléctricas de tracción y al suministro de energía desde las redes eléctricas externas.

La adopción de la corriente alterna monofásica en esta nueva infraestructura planteó nuevos escenarios operativos en la explotación del servicio y planteó la necesidad de formar a nuevos especialistas ferroviarios en Renfe que pudiera hacer frente a los nuevos desafíos tecnológicos.

Más allá de sus ventajas asociadas a la facilidad de transformación y a la posibilidad de aprovechar la energía eléctrica regenerada en el proceso de frenado de los trenes, este tipo de corriente se erigió como fuente directa de perturbaciones sobre el entorno ferroviario, debiendo resolver nuevos problemas técnicos, no solo sobre la nueva línea, sino también sobre las infraestructuras convencionales cercanas que se pudieran ver afectadas.

Así, la operación de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla introdujo nuevos controles de los desequilibrios de fases en las redes de alimentación teniendo en cuenta que los trenes debían ser alimentados de forma cíclica desde una sola fase. Este planteamiento introdujo la instalación de las zonas neutras de separación de fases eléctricas en la catenaria, pudiéndose considerar en aquel momento una de las principales

afecciones operativas a la circulación de los trenes, que debían ser previamente informados del paso por ellas.

El uso de esta tecnología introdujo también un nuevo concepto de catenaria ferroviaria diseñada especialmente para la operación a alta velocidad. Innovó en diferentes aspectos constructivos como el uso de nuevos materiales. Además las nuevas velocidades de circulación que debían alcanzarse conllevó nuevos conceptos de supervisión y control, principalmente con relación a la supervisión de los criterios dinámicos, no controlados hasta ese momento en el resto de las catenarias de la red.

A nivel empresarial, la construcción y la operación posterior de la nueva línea, supuso un incentivo para las empresas españolas dedicadas al diseño, suministro y montaje de instalaciones ferroviarias, que vieron en el nuevo proyecto una oportunidad de aprender y posicionarse en los proyectos futuros. De manera concreta, las empresas nacionales que participaron en la electrificación de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, englobadas en el CHA, pudieron absorber el *know-how* de las empresas extranjeras, generando un importante germen de conocimiento para los proyectos nacionales futuros que pudieran desarrollarse. Todo ello conllevó, necesariamente, la existencia de nuevos equipos humanos especializados, no solo en aquellas empresas sino también en la propia Renfe.

## BIBLIOGRAFÍA

*The Men Who Pioneered Electric Transportation* (2014), ed. James Clifford Greller, New Jersey, Xplorer Press.

Bouneau, Christophe (2012), “Capítulo I. La evolución de la electrificación ferroviaria en Francia desde el final del siglo XIX hasta la era del TGV”, en *Catenaria. La electrificación ferroviaria en perspectiva histórica. Colección de Historia Ferroviaria*, Madrid, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, pp. 13-36.

Cuéllar, Domingo (2012), “Capítulo III. “Los inicios de la electrificación en los ferrocarriles españoles (1907-1941)”, en *Catenaria. La electrificación ferroviaria en perspectiva histórica. Colección de Historia Ferroviaria*, Madrid, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, pp. 57-98.

Implantación de la corriente alterna monofásica en el ferrocarril español: un punto de inflexión en su transformación derivado de la puesta en servicio de la primera línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla 15

*Construyendo futuro* (1991), ed. Alta Velocidad Española (AVE), Gabinete de Información y Relaciones Externas (GIRE), Madrid, Renfe.