



Puente de dos kilómetros sobre el río Hollandsch Diep.

El proyecto ferroviario holandés más ambicioso de todos los tiempos, la línea de alta velocidad Sur, registra desde su apertura, en 2007, un éxito sin precedentes: una media de 24 millones de viajeros al año, de los cuales, 17 millones son nacionales y siete, extranjeros.

# Veinticuatro millones de viajeros en la conexión entre Francia, Bélgica y Holanda a 300 km/h

La línea de alta velocidad Sur, conocida en holandés como HSL Zuid, es un tramo de 100 km entre Ámsterdam y Bélgica, que enlaza desde el año 2007 con el corredor Bruselas-París, y que permite viajar desde Ámsterdam a la capital francesa en tres horas,

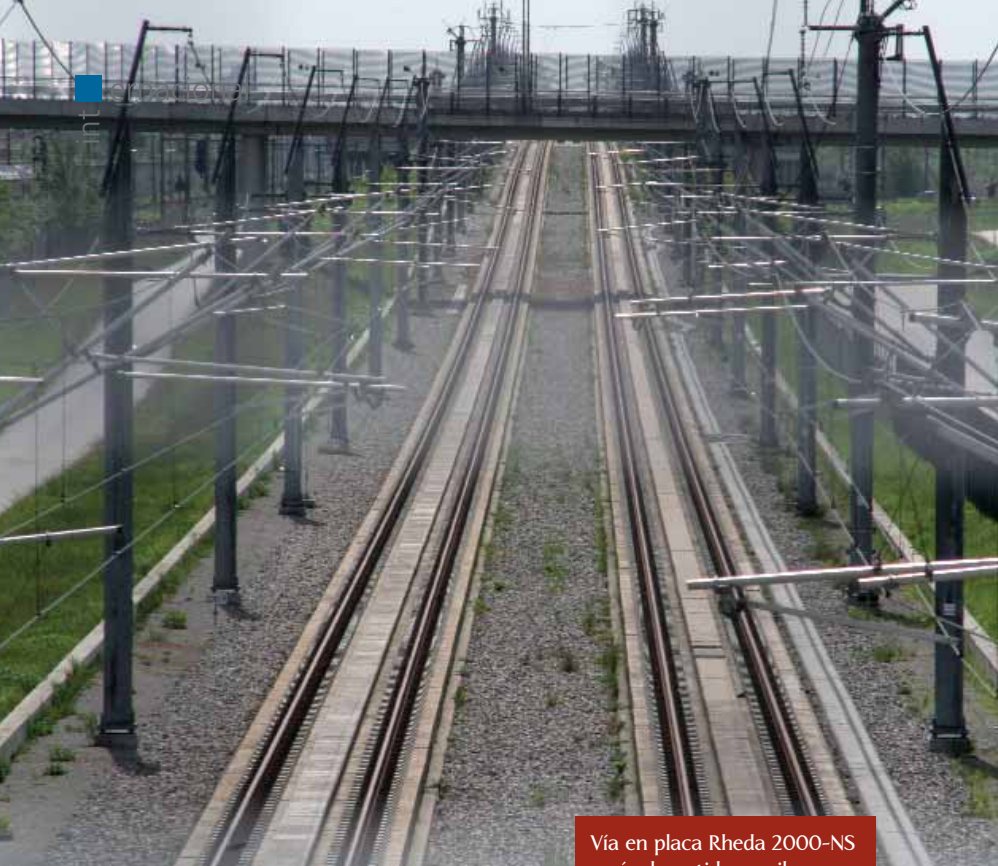
a una velocidad de 300km/h. Incorpora el sistema de señalización ERTMS Nivel 2.

Su trazado discurre desde el aeropuerto de Schipol, en Ámsterdam, hasta la frontera belga, pasando por Rotterdam.

El corredor transporta una media de 24 millones de viajeros al año, de los cuales 17 millones son

nacionales y siete, extranjeros.

Los antecedentes históricos del proyecto datan de 1973, cuando se realizaron los primeros estudios de viabilidad inspirados en el deseo de incorporar a Holanda en la red transeuropea de alta velocidad. La década de los ochenta estuvo marcada por el éxito comercial de la línea francesa de alta velocidad París-Lyon, que motivó la decisión de ejecutar los



Vía en placa Rheda 2000-NS y zócalo antidescarriolo.

proyectos del Canal de la Mancha y la conexión con los Países Bajos. En particular, permitió que se alcanzara un acuerdo con los gobiernos de Bélgica y Holanda en el año 1989, que derivaría años después en la licitación del proyecto de alta velocidad holandesa en 1998.

El consorcio adjudicatario del proyecto, que incluía el diseño, construcción y mantenimiento durante 25 años, estaba formado por las empresas Fluor (responsable de la gestión del consorcio y de la planificación y logística del proyecto en su conjunto), Siemens (socio tecnológico del consorcio), Royal BAM (responsable de la obra civil y vía), y los grupos financieros de inversión internacionales Innis-

free y HSBC, ambos con dilatada experiencia en proyectos CPP (Colaboración Público-Privada) en todo el planeta. Dicho consorcio adoptó el nombre de Infrasppeed.

### ■ Vía en placa

La vía en placa es uno de los aspectos únicos de esta línea de alta velocidad. Aparte de algunos tramos piloto en puntos de Deurne y Best, puede decirse que la línea de alta velocidad Sur es la primera que ha utilizado este sistema en gran escala. La razón fundamental para la elección de la vía en placa ha sido su bajo coste de mantenimiento, sumado al hecho de que la vía tradicional sobre balasto, en terrenos de tan baja

calidad como el holandés, habrían exigido una plataforma de hormigón sobre pilares, viaductos o puentes, con un coste final probablemente equivalente.

Infrasppeed ha construido un total de 163 km de vía en placa del tipo Rheda 2000-NL (similar al utilizado por Adif en España en el túnel de Guadarrama, en la línea de alta velocidad Madrid-Valladolid), y otros 40 km de vía sobre balasto, incluyendo vía general y desvíos. El montaje de la vía ha sido realizado por uno de los tres socios industriales del consorcio Infrasppeed, el Royal BAM Group, siguiendo un moderno y sofisticado proceso de fabricación e instalación especialmente diseñado para este proyecto, y con el fin de resolver una de las carencias más características del método de vía en placa: su ineficiencia por la falta de mecanización en los procesos constructivos. Rendimientos de 300 metros diarios -con un máximo de 500 metros al día- e independientemente del tipo de tramo -puente, viaducto o túnel-, avalan las bondades de dicho proceso constructivo, que duplica los ratios habituales alcanzados en montaje de vía en placa.

### ■ Reducción acústica

Por su estrecha relación con la calidad de la ejecución de la vía, Royal BAM ha sido también responsable de las medidas de reducción acústica, con el fin de minimizar el mayor

#### ORIGEN DE LOS FONDOS DEL PROYECTO

Préstamos comerciales	605 millones euros
Préstamo del Banco Europeo de Inversión	400 millones euros
Activo circulante	15 millones euros
Participación de los socios y préstamo subordinado	120 millones euros
Cash flow durante la fase de construcción	87 millones euros
<b>TOTAL</b>	<b>1.227 millones euros</b>



# Caballo Ganador

*Por reducir la distancia entre Madrid y Valencia en AVE a sólo una hora y treinta y cinco minutos.*

**renfe**  
AVE

[www.renfe.com](http://www.renfe.com) 902 320 320



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

ACORTAMOS DISTANCIAS. ACERCAMOS PERSONAS.

[www.fomento.es](http://www.fomento.es)



La línea está equipada con los sistemas de telecomunicaciones más modernos que existen en la actualidad.

efecto sonoro que caracteriza a la vía en placa, al carecer del efecto aislante del balasto. Las medidas han ido desde el novedoso “acoustic grinding” (pulido acústico) de los carriles, hasta las convencionales vallas y barreras sonoras.

En cuanto a la vía, existe un último detalle novedoso que merece la pena destacar. Se trata de la protección antidescarrilo, que confiere a la vía en placa holandesa una fisonomía singular gracias al zócalo de hormigón armado entre los carriles, ideado para minimizar los daños en caso de un hipotético descarrilo. Su forma de funcionamiento es tan simple como ingeniosa, puesto que impide el riesgo de rotura de carril y abandono del camino guiado en tramos cerca de puentes o edificios, sin más que garantizar que las ruedas descarriladas se mantengan entre el carril y el zócalo protector.

El suministro de energía eléctrica de tracción y su distribución ha sido llevado a cabo por la División Mobility de la empresa Siemens, y se ha dividido en tres partes: las subestaciones eléctri-

cas de tracción, la línea aérea de contacto y el sistema de telemando de energía.

La red de 25kV de corriente alterna está dividida en dos secciones: la parte norte, entre el aeropuerto de Schiphol y Rotterdam, y la parte sur, entre Rotterdam y la frontera belga. Tanto en la zona central de Rotterdam como en la conexión del aeropuerto con Amsterdam, los trenes de alta velocidad discurren por la red convencional electrificada a 1500 V de corriente continua, y a una velocidad máxima de 140km/h. Asimismo, se han construido dos conexiones con la estación de Breda, alimentada también a 1500V DC, para trenes de alta velocidad lanzadera.

## ■ Tensión

Para poder efectuar la transición entre ambas tensiones de alimentación, Siemens ha diseñado y construido cinco cambiadores de tensión en cada sentido. Estos dispositivos consisten en un tramo de 400 metros de catenaria sin tensión, que permite al tren conmutar de una tensión a la otra sin

más que cambiar el pantógrafo activo.

Esta problemática es frecuente en todos los países europeos donde existen distintas tensiones a la de 25 kV que exige la normativa europea de interoperabilidad para los corredores transeuropeos. En España, por ejemplo, la red convencional se alimenta a 3.000V de corriente continua. El problema adicional existente es la diferencia de anchos entre ambas redes, lo que dificulta aún más este tipo de interconexiones entre ambas, y que ha obligado a desarrollar las técnicas de cambiadores de ancho.

Para alimentar cada una de las dos secciones de la línea de alta velocidad Sur, se han instalado dos subestaciones eléctricas: la de la sección sur ubicada en Zevenbergschen, cerca de Breda, y la de la sección norte, en Bleiswijk. Existe una solución de by-pass en la zona central, para abas-

## ■ La colaboración público-privada, clave en el proyecto de alta velocidad holandés

El proyecto se ha concebido mediante una Colaboración Público Privada (CPP), traducción directa del término anglosajón PPP (“Public Private Partnership”).

Un CPP es un modelo de contrato de compra que combina al sector público y privado en una asociación a largo plazo con un propósito común y beneficio mutuo. Una de las razones del éxito del modelo CPP en grandes proyectos de infraestructuras en todo el mundo es la captación de fondos privados, lo cual reduce la presión sobre la financiación pública, al mismo tiempo que provee a los países de servicios públicos esenciales como son las carreteras o redes ferroviarias. La implicación en la capitalización del capital privado, compromete aun más, el cumplimiento del plazo y presupuesto marcado.

El Ministerio Holandés de Transportes, Obras Públicas y Gestión del Agua eligió la opción del modelo CPP para la construcción de la línea de alta velocidad holandesa buscando garantizar el máximo retorno y durabilidad de la inversión. Al mismo tiempo necesitaban un suministrador de servicio con la combinación adecuada de experiencia en la gestión de proyectos, integración de sistemas, ingeniería ferroviaria, capacidad de ejecución de obra civil y experiencia en el mantenimiento de todos estos sistemas a largo plazo. Estos perfiles eran imprescindibles para asegurar la consecución del proyecto a tiempo y con los niveles de calidad y disponibilidad adecuados, no sólo en el momento de la puesta en servicio, sino también y sobre todo a lo largo del siguiente cuarto de siglo.

Uno de los mayores beneficios de los contratos CPP es que los riesgos se comparten entre el sector público y privado, resultando en ahorros obvios de costes, al alinear los intereses de ambas partes, pues suponen también un incentivo contractual para el contratista. Este fue un factor clave para el gobierno holandés. En este proyecto se dio una transferencia transparente y genuina de riesgo al sector privado a cambio de un VAN (Valor Actual Neto) competitivo a través de pagos vinculados al cumplimiento de hitos contractuales.

En la actualidad, los ingresos medios anuales para Infrasppeed ascienden a 100 millones de euros desde el momento de la entrega del sistema y dependen de indicadores de calidad preestablecidos, entre los que destaca una disponibilidad mínima exigida del 99 por ciento.

El hecho de incorporar a un contrato CPP la responsabilidad del mantenimiento a largo plazo, asegura que el sector privado está no sólo interesado en el éxito del proyecto de ejecución a corto plazo, sino también en la calidad y durabilidad del mismo. Infrasppeed concibió y diseñó los sistemas pensando en su facilidad de operación y mantenimiento, para garantizar el rendimiento óptimo del sistema a largo plazo, e incluyó las estimaciones de renovaciones necesarias una vez analizado el ciclo de vida de cada subsistema a partir de rigurosos estudios.

La financiación de los 1.227 millones de euros necesarios para sufragar el conjunto de gastos de ingeniería, acopios, construcción y coste financiero se cerró a finales de 2001, cinco meses después de firmar el acuerdo de colaboración alcanzado, tras la entrega de la última mejor oferta por parte de Infrasppeed. El acuerdo fue alcanzado gracias al respaldo del BEI (Banco Europeo de Inversión), y, por supuesto, gracias al grado de compromiso e implicación de todos los socios del consorcio Infrasppeed, que permitieron dibujar un perfil de riesgo particularmente atractivo.

En los próximos años un creciente número de proyectos serán ejecutados siguiendo el modelo CPP en toda Europa. En España, en particular, el gobierno ha anunciado recientemente su disposición a abordar las nuevas extensiones de la red española de alta Velocidad de Adif utilizando un complejo modelo de colaboración público privada.

tecer toda la línea desde una de las dos subestaciones de forma provisional en caso de fallo de la otra subestación.

En cada subestación se transforman los 150kV de tensión de compañía eléctrica en los 25kV de catenaria, y, para garantizar la uniformidad de la

tensión a lo largo de la línea, se han instalado adicionalmente siete estaciones autotransformadoras.

Tanto las subestaciones como los autotransformadores son absolutamente redundados y constan de dos transformadores de potencia, y los dispositivos de corte y maniobra necesarios. Los seccionadores e interruptores están alojados en celdas SF6 de

gas encapsuladas de Siemens.

La línea aérea de contacto instalada ha sido la SICAT H de Siemens en configuración 2x25kV, que consta de un total de 2.500 postes con un diseño específico para este proyecto.

El sistema de energía es monitorizado y telemandado desde el sistema VICOS RSC de Siemens, instalado en el puesto de



Catenaria  
Siemens Sicat H.

control central en Rotterdam, existiendo además centros de control de respaldo en otros dos emplazamientos, Amsterdam y Eindhoven.

## ■ Telecomunicaciones

La línea está equipada con los sistemas de telecomunicaciones más modernos que existen en la actualidad. El proveedor de todos ellos (red de transmisión de fibra, telefonía, teléfonos de emergencia, sistema de radio en túnel e incluso la tecnología GSM-R) ha sido Siemens.

Todos los edificios y casetas de señalización, energía, salas técnicas en túnel, bases de radio GSM-R, teléfonos de emergencia, etc., están interconectados mediante red de transmisión de fibra de 600Mbit.

Con un total de 17 torres de transmisión y antenas en túnel, el sistema GSM-R soporta todas las comunicaciones operativas de personal ferroviario, tales como radio tren, radio de operadores, radio de personal de mantenimiento, radio de vehículos de maniobras y, por supuesto, el sistema de control ERTMS Nivel 2.

El sistema de comunicaciones de radio en túnel es una

extensión del sistema nacional de emergencias C2000 y permite conectar por radio a las autoridades locales con los servicios de emergencia en el interior del túnel, a través de un sistema completamente redundado que garantiza cobertura total aún en caso de pérdida de una base radio.

El sistema de señalización utilizado en esta línea es el ERTMS Nivel 2, con Nivel 1 como sistema de respaldo. Lo más destacable del proyecto, es que ha permitido demostrar sus virtudes como sistema interoperable, y que permite la circulación de trenes de alta velocidad sin problemas a lo largo del corredor atlántico que enlaza ya a tres países distintos: Francia, Bélgica y Holanda, además de la ya mencionada interconexión con el sistema nacional holandés convencional.

## ■ Enclavamientos

El corazón del sistema son los dos enclavamientos SIMIS W de Siemens, el sistema GSM-R mencionado antes y los dos RBC suministrados para este proyecto.

Por último, existe todo un conjunto de equipos auxiliares adicionales incluidos en el alcance

del proveedor tecnológico del proyecto, Siemens, diseñados e instalados para garantizar la operación segura de la línea y la mitigación de los efectos de un incidente. El hecho de que una parte significativa de la línea discurra enterrada bajo el nivel del mar, como consecuencia de la especial geografía de los Países Bajos, ha exigido medidas especiales para prevenir y detectar inundaciones de agua. Estas funciones adicionales de seguridad se han ejecutado mediante barreras de agua, sistemas de drenaje pasivo y activo, y sensores de inundación de alta fiabilidad conectados al enclavamiento para evitar la circulación de trenes en caso de incidente. Junto a estos, existen también los sistemas de emergencia diseñados y construidos para permitir la evacuación segura de los pasajeros y facilitar la actuación de los servicios de emergencia y protección civil.

Como complemento a todo lo anterior, pueden encontrarse un sinfín de sistemas como los jetfans de ventilación en túnel, las puertas de seguridad, salas estancas, columnas de ventilación por sobrepresión, sistemas de detección y extinción de incendios, iluminación de emergencia, y un largo etcétera de equipos instalados conforme a la más exigente normativa de seguridad en túneles. Fotos: Cortesía Thomas Schwanse ■

GONZALO MARTÍNEZ DELGADO (RESPONSABLE DE OFERTAS PPP DE SIEMENS)