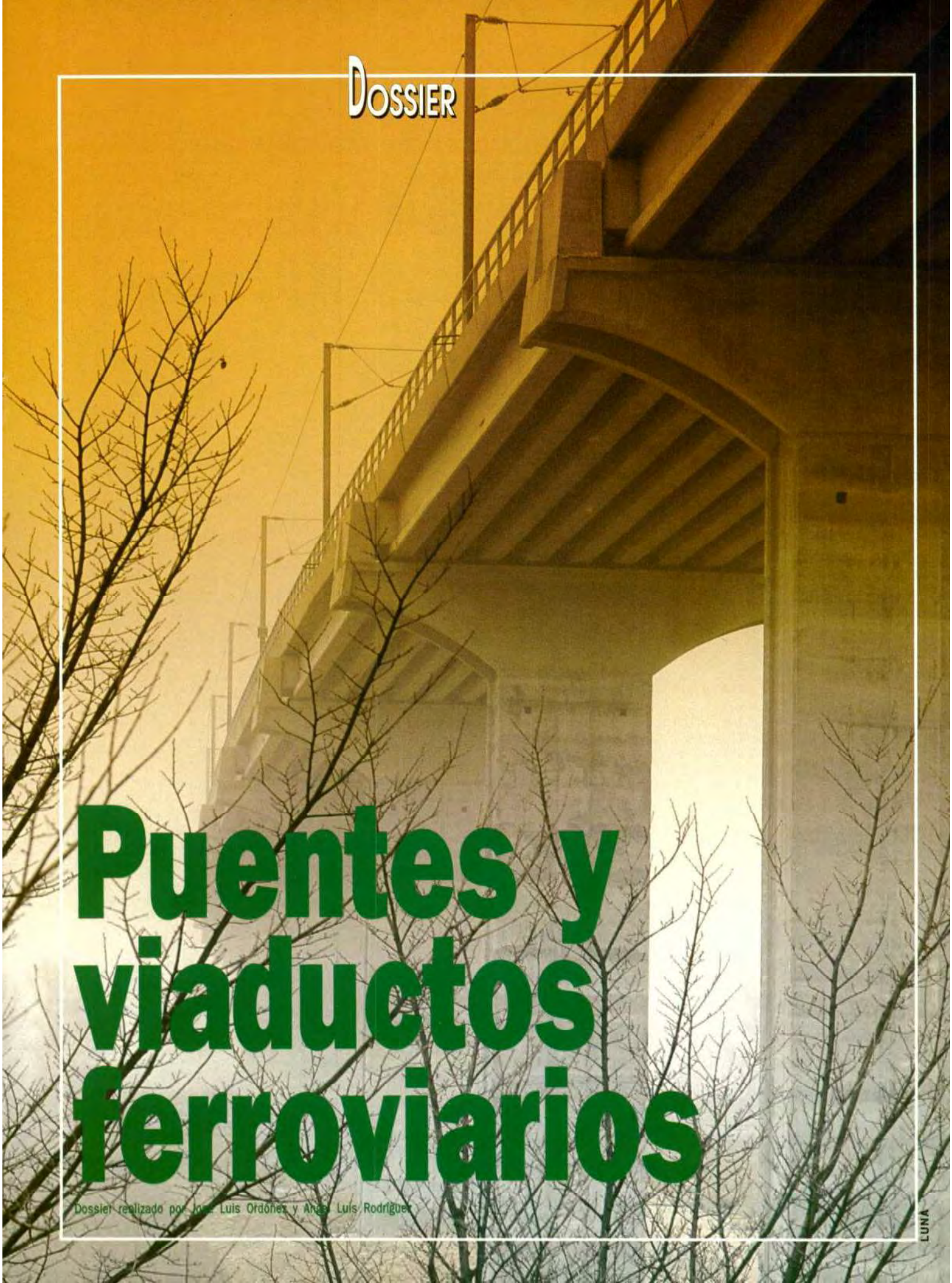
Puentes y viaductos ferroviarios

Dossier realizado por José Luis Ordóñez y Ángel Luis Rodríguez



LUNA

ANTONIO ALCAIDE, DIRECTOR GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

"Estamos construyendo un viaducto sobre el Ebro con un vano central de 92 metros"

Los puentes y viaductos ferroviarios no ponen a prueba la capacidad de los técnicos españoles, debido a la larga tradición existente en la ejecución de este tipo de estructuras, pero exigen una combinación especial de funcionalidad y estética, además de una adecuación paisajística y una adaptación tecnológica a los entornos fluviales donde el terreno suele estar empapado de agua.

LUNA

José Luis Ordóñez

Los proyectos ferroviarios contemplados en el futuro Plan Director de Infraestructuras, 1993-2007, recogerán la experiencia adquirida por los equipos humanos durante la ejecución de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, en todos los aspectos esenciales de este tipo de realizaciones, incluida la ejecución de aquellas estructuras que salvan los desniveles del terreno, y vuelan sobre los ríos, sin entorpecer las suaves pendientes exigidas por este modo de transporte.

¿Qué puentes y viaductos ha realizado la Dirección General de Infraestructuras del Transporte Ferroviario durante los últimos cinco años, de 1987 a 1992, tanto en la línea de alta velocidad como en el resto de la red ferroviaria?

La gran actuación de esta Dirección General ha sido la construcción de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, entre Getafe y Córdoba, con grades puentes y viaductos en la travesía de Sierra Morena, caracterizados por una gran altura de pilas. En el tramo Adamuz-Villanueva con ocho viaductos hiperestáticos construidos, tanto lo accidentado del terreno como las alturas de las pilas que alcanzan 78 metros llevaron a la elección del sistema de tablero empujado. En algunos casos, de viaductos con planta curva de radio variable, fue necesario modificar el trazado de manera que los puentes fueran rectos o circulares, por la necesidad consubstancial al sistema de mantener invariable la dirección de empuje del tablero.

En el sector norte del NAFA, nuevo acceso ferroviario a Andalucía, entre Getafe y Brazatortas, la topografía no exigió grandes estructuras, pero si se han cruzado los ríos Tajo y Guadiana con viaductos de gran longitud, en el primer caso 720 metros y en el segundo 292 m. A lo largo de este sector norte sólo en el viaducto sobre el Guadiana se ha recurrido a la solución hiperestática, porque la estructura se encuentra en la cola del embalse del Vicario y casi todas las pilas son afectadas por las aguas, lo que supuso una dificultad adicional durante el proceso de cimentación.

La construcción de viaductos es una tecnología muy arraigada entre los ingenieros españoles"

En el sector sur, Brazatortas-Córdoba, con 16 viaductos de más de 50 metros, se encuentra el de mayor longitud de toda la obra, sobre el río Guadalmez, que mide 798 m y es un viaducto isostático. A lo largo de toda la actuación, en los 308 kilómetros comprendidos entre Getafe y Córdoba, cada 1.100 metros existe un paso superior o inferior.

En 1992 hemos comenzado el viaducto sobre el río Ebro, de 995 m de longitud, en el tramo Alcanar-Camarles de la variante sobre el delta del Ebro que estamos construyendo en el corredor Mediterráneo entre Valencia y Tarragona, dentro de la duplicación de vía y mejora de la infraestructura de esta línea para permitir la circulación de trenes a 200-220 km/h. Empieza el puente con un tramo en curva de 594 m de longitud y 3.000 m de radio y continúa con un tramo recto de 401 m. El tramo curvo será una estructura isostática y el tramo recto una estructura hiperestática que vuela sobre el río en un vano central de 92 m de luz. Este vano central constituye un record de luz en España para un viaducto ferroviario de esta tipología. La cimentación es muy profunda, con pilotes, da-

das las características geológicas del delta del Ebro y la necesidad de que el asiento de las pilas del puente no supere los 20 milímetros. Los pilotes de cimentación debido a la influencia del agua salada marina se realizan con camisa perdida.

¿Qué métodos constructivos se emplean habitualmente en los viaductos, y por qué razón son elegidos?

Se realizan los viaductos de acuerdo con los criterios generales y especiales recogidos en el uso y la normativa española e internacional, así como en las normas específicas de la UIC, Unión Internacional de Ferrocarriles.

En las obras de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, los viaductos isostáticos están formados por vigas pretensadas apoyadas en pilas que forman vanos de 26,6 metros de luz, excepto en el caso del puente sobre el río Tajo donde se ha recurrido a luces de 38 m para reducir el número de cimentaciones en un terreno con presencia de agua.

Los viaductos hiperestáticos se han construido con dovelas o cajones de canto constante y vanos de 45 m en el centro y 30 m en los extremos. Sobre el Guadiana se hicieron vanos especiales de 52 metros de luz en la parte central y 42 m en los extremos, por las mismas razones que sobre el Tajo. Estos viaductos hiperestáticos se realizaron por fabricación de dovelas sucesivas, excepto algunos ejecutados por el procedimiento de lanzamiento o tablero empujado debido a lo accidentado del terreno, la gran altura de las pilas y la favorable repercusión en el proceso del peso del tablero.

¿Qué papel juega el control de calidad en el resultado final de este tipo de obras?

No es que juegue un papel esencial, es que el control de calidad es absolutamente indispensable. En el MOPT, tanto en la Dirección General de Carreteras como en esta Dirección General, existe conciencia clara de que el aseguramiento de la calidad es un aspecto clave en las inversiones, si se desea realizar una administración correcta de los recursos públicos. Ese aseguramiento comienza en el control de la calidad de los proyectos y continúa durante la ejecución de los trabajos. Se exige que las empresas consultoras proyectistas autocontrolen la calidad con independencia del control efectuado por la Administración Pública, y se exige también que las empresas contratistas de las obras tengan un equipo propio de autocontrol. En las ofertas se deben especificar los equipos destinados a esta labor y la metodología a seguir. Y además se ejerce por parte de la Administración un control externo respecto a la ejecución de la obra.

En los viaductos, además del control de calidad de materiales y procesos constructivos, es normativo realizar un ensayo de carga antes de la puesta en servicio, incluso en los puentes pequeños, según las normas establecidas por el MOPT. En estos ensayos se mide el comportamiento del puente bajo carga, se miden las deformaciones, y se comprueba el cumplimiento de las hipótesis realizadas en el cálculo teórico efectuado al proyectar. En estos ensayos es posible detectar defectos del proyecto con toda claridad.

¿Qué podría decirse sobre los equipos humanos, proyectistas y ejecutores de obra, que realizan los puentes y viaductos ferroviarios en nuestro país?

Existe en España una gran tradición en la construcción de estas estructuras, puesta de relieve con Francisco de Ribera, Eduardo Torroja, Carlos Fernández Casado o Florencio del Pozo. Es una tecnología arraigada en la ingeniería civil española y por ello la construcción de puentes singulares, delicados, no crea un problema excesivo para nuestra capacidad. ❑

"Y" VASCA, VARIANTE NORTE Y MADRID - BARCELONA, ENTRE OTROS PROYECTOS

¿Qué nuevos proyectos de puentes y viaductos han sido asignados a esta Dirección General para ser ejecutados durante 1993 y años siguientes?

En el tramo Zaragoza-Lérida de la nueva línea de alta velocidad Madrid-Barcelona tendremos que construir un gran puente sobre el río Cinca, de 1.000 metros de longitud y una altura de pilas considerable por existir una gran diferencia de nivel topográfico entre las dos orillas a unir, además de realizar un nuevo puente sobre el Ebro. Este tramo realizado con parámetros de alta velocidad para 300-350 km/h, con radios de 6.000 m, se explotará en principio en ancho ibérico a velocidades de 200-220 km/h, hasta que se culmine la línea completa y comience la explotación con trenes AVE en ancho internacional, por ello está previsto instalar traviesas de hormigón polivalentes.

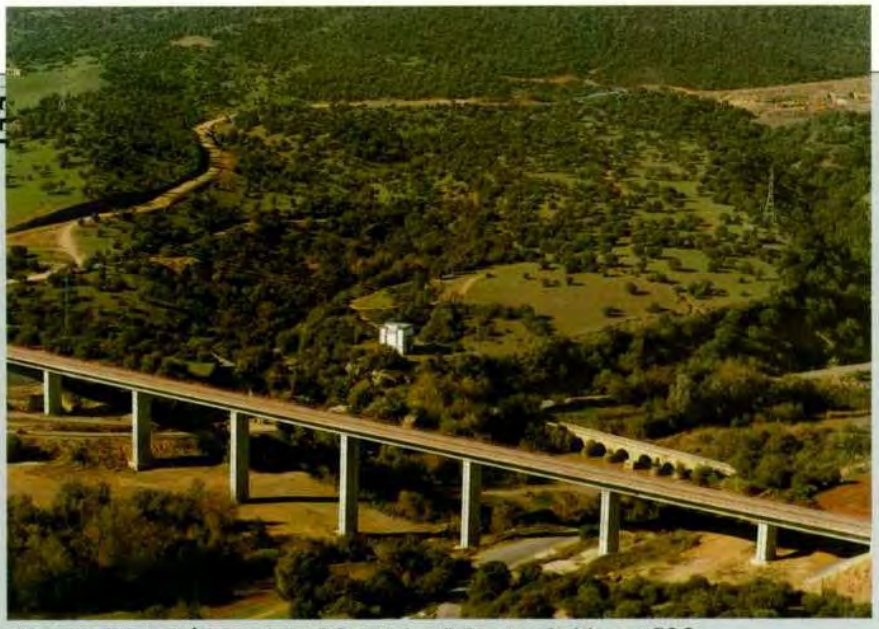
En la adecuación a la velocidad alta, de 200-220 km/h, de las líneas Madrid-Valencia y Valencia-Barcelona, que conseguirá un tiempo de viaje de 3 horas entre Madrid y Valencia, análogo al correspondiente en alta velocidad, en la variante La Encina-Játiva existen varias estructuras no singulares, y en el tramo entre Alcázar de San Juan y La Encina faltan por definir algunas variantes en La Roda, Chinchilla, El Villar y Alpera.

Otra actuación importante es la realización de la denominada variante norte, Madrid-Valladolid, con características ferroviarias de alta velocidad y una inversión de 230.000 millones, aunque al principio se explote en ancho ibérico con velocidades de 200-220 km/h. Esta nueva línea exigirá viaductos importantes en la travesía de la Sierra de Guadarrama, aunque aún no están totalmente definidos porque falta decidir el trazado entre las diversas variantes estudiadas.

Otras actuaciones previstas incluyen la mejora del tramo entre Manzanares y Ciudad Real, la mejora del trayecto León-Monforte de Lemos y la construcción de la "Y" vasca. La mejora entre Alcazar de San Juan y Ciudad Real, con una inversión de 45.000 millones, enlazará Andalucía Occidental con el corredor Mediterráneo a través de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla y la línea mejorada a 220 km/h Madrid-Valencia. En este caso será necesario construir un "salto de carnero" y una estación de cambio de ancho en Ciudad Real para enlazar la línea de ancho ibérico con la línea de ancho internacional, y que los trenes Talgo puedan reducir el tiempo de viaje entre Valencia y Sevilla.

Las importantes inversiones a realizar en las redes ferroviarias de las grandes ciudades no conllevarán estructuras de puentes y viaductos destacables, pero serán notables desde el punto de vista de la inversión requerida a partir de los Presupuesto Generales del Estado, Comunidades Autónomas y Ayuntamientos. ❑

Los puentes y viaductos construidos en línea de alta velocidad Madrid-Sevilla respondieron a dos tipologías de tablero esenciales, isostáticas e hiperestáticas, de acuerdo con la topografía, geología y accesibilidad del terreno. En los viaductos hiperestáticos se emplearon los métodos de dovelas sucesivas, cimbrado y tablero empujado desde un estribo.



Viaducto hiperestático sobre el Guadalmellato, construido por FCC.

METODOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE LOS VIADUCTOS FERROVIARIOS

La alta velocidad ha introducido nuevos diseños en las estructuras

En la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla se han realizado viaductos con dos tipos de tableros principales, isostáticos, con vigas pretensadas prefabricadas, e hiperestáticos, con viga-cajón continua. Entre los condicionantes tenidos en cuenta, en el estudio de alternativas para decidir que viaducto construir, destacan la amplitud de los valles, pendiente de las laderas, posible afección a cauces o zonas inundables, características geológicas del terreno y accesibilidad de la zona. Respecto a la tipología de cada viaducto se ha considerado la cimentación, modulación de los vanos, tipología del tablero, procedimiento de construcción y estabilidad de las laderas.

El diseño estructural contempla un ancho de tablero de 11,60 metros, que incluye dos aceras de 1,15 m donde se alojan los conductos de los tendidos de ca-

TABLEROS EMPUJADOS

En el tramo Adamuz-Villanueva donde se han realizado ocho viaductos hiperestáticos lo accidentado del terreno y la gran altura de las pilas hacían poco adecuado cualquier tipo de cimbrado, incluso con soluciones autoportantes, por ello se eligió el método del tablero empujado para la construcción. Con este método el tablero se construye por fases en uno de los estribos, desplazándose progresivamente sobre las pilas hasta alcanzar el otro extremo. Esta circunstancia da lugar a que cada sección del tablero, a lo largo de la ejecución de la obra, esté sometido a flexiones variables e incluso de distinto signo, según sea su posición respecto de los apoyos. Por otra parte el deslizamiento del tablero hace preciso tener en cuenta en el cálculo de las pilas los esfuerzos horizontales producidos por el rozamiento en los apoyos de teflón empleados, aunque en la mayor parte de los casos estos esfuerzos son menores que los que se obtienen en las hipótesis de cálculo que incluyen las acciones sísmicas y las de frenado de los trenes. No obstante es necesario aplicar un control especial durante el deslizado sobre las pilas de manera que se asegure que no pueden producirse esfuerzos horizontales en las cabezas de las pilas mayores de los previstos, como consecuencia de la aparición de procesos anormales en dicho deslizamiento. El parque de fabricación necesario para la construcción de cada fase de 22,5 metros, correspondiente a medio vano, ocupaba una longitud de 80 a 90 metros, donde el elemento del parque más próximo al viaducto estaba constituido por el estribo de empuje capaz de proporcionar la reacción necesaria para hacer avanzar el tablero sobre las pilas. Este estribo de empuje durante la construcción se transformó en el estribo fijo del tablero al estar terminado cada puente.

El empuje del tablero se realizaba con dos gatos hidráulicos, uno de elevación y otro de desplazamiento, actuando bajo cada alma del cajón. El deslizamiento sobre cada pila precisó varias técnicas especiales para resolver los distintos problemas en la llegada y paso del tablero, donde se emplearon una almohadillas de neopreno zunchado con la cara inferior acabada en teflón. ❑

bles para las telecomunicaciones. Los viaductos isostáticos más importantes están constituidos por vanos iguales de 26,60 m, a excepción de los puentes sobre grandes ríos donde se ha recurrido a luces de 38 m para reducir cimentaciones en zonas con gran presencia de agua. Los cantos de las vigas pretensadas varían entre 2,05 m y 2,10 m, colocando en las luces grandes un mayor número de vigas. Los viaductos hiperestáticos tienen vanos de 45 metros excepto en los extremos que son de 30 m, aunque en el caso, por ejemplo del Guadiana se ha realizado con mayores vanos para reducir la afección por el agua, alcanzando los 52 m de luz en los vanos centrales y 42 m en los extremos. Todos los cajones hiperestáticos son monocelulares y de canto constante de 3, 3,30 ó 4 m, según los casos.

VIGAS-CAJON. Las vigas-cajón de los viaductos hiperestáticos permiten el acceso a su interior desde los estribos del puente, incluso con pequeños vehículos, y tienen ventanas sobre las pilas para facilitar el mantenimiento de los aparatos de apoyo.

Las pilas de la mayor parte de los viaductos isostáticos son octogonales, huecas, con dimensiones exteriores de 7 x 3 m, y paredes con un espesor de 30 centímetros. Los viaductos hiperestáticos tienen pilas rectangulares, huecas, cuyas dimensiones exteriores son de 6,20 m en sentido transversal y de longitud variable en el sentido del viaducto, tanto en la parte baja o arranque, en función de la altura de la pila, como por el estrechamiento diseñado para alcanzar siempre en cota de apoyos un valor fijo de 2,5 m. En todos los casos el hueco de las pilas se ha rellenado de hormigón hasta una altura de un metro por encima de la altura original del terreno en ese punto.

Según comunica José Antonio Rein, Ingeniero Jefe de la Cuarta Jefatura de Construcción de la Dirección General de Infraestructuras del Transporte Ferroviario del MOPT y bajo cuya dirección se han ejecutado las obras entre Getafe y Córdoba, "un aspecto técnico interesante en cuanto a las particularidades introducidas por la alta velocidad ferroviaria en el diseño de estas estructuras lo constituye la transición entre tablero y plataforma general ferroviaria a causa de la distinta rigidez de las mismas lo que, usualmente, provoca un golpeteo, acentuado con la velocidad, que, aparte las molestias a los usuarios, es perjudicial para la conservación del material rodante e, incluso, para la seguridad del tráfico. Esto se ha resuelto a total satisfacción mediante la intercalación, en esos puntos, de unas zonas especialmente diseñadas en su geometría y constituida por una superposición de materiales seleccionados y tratados, de diferentes módulos de rigidez, de forma a conseguir una transición gradual y uniforme que ha suprimido totalmente los citados golpeteos y sus posibles efectos".

VIADUCTOS ENTRE BRAZATORTAS Y CORDOBA

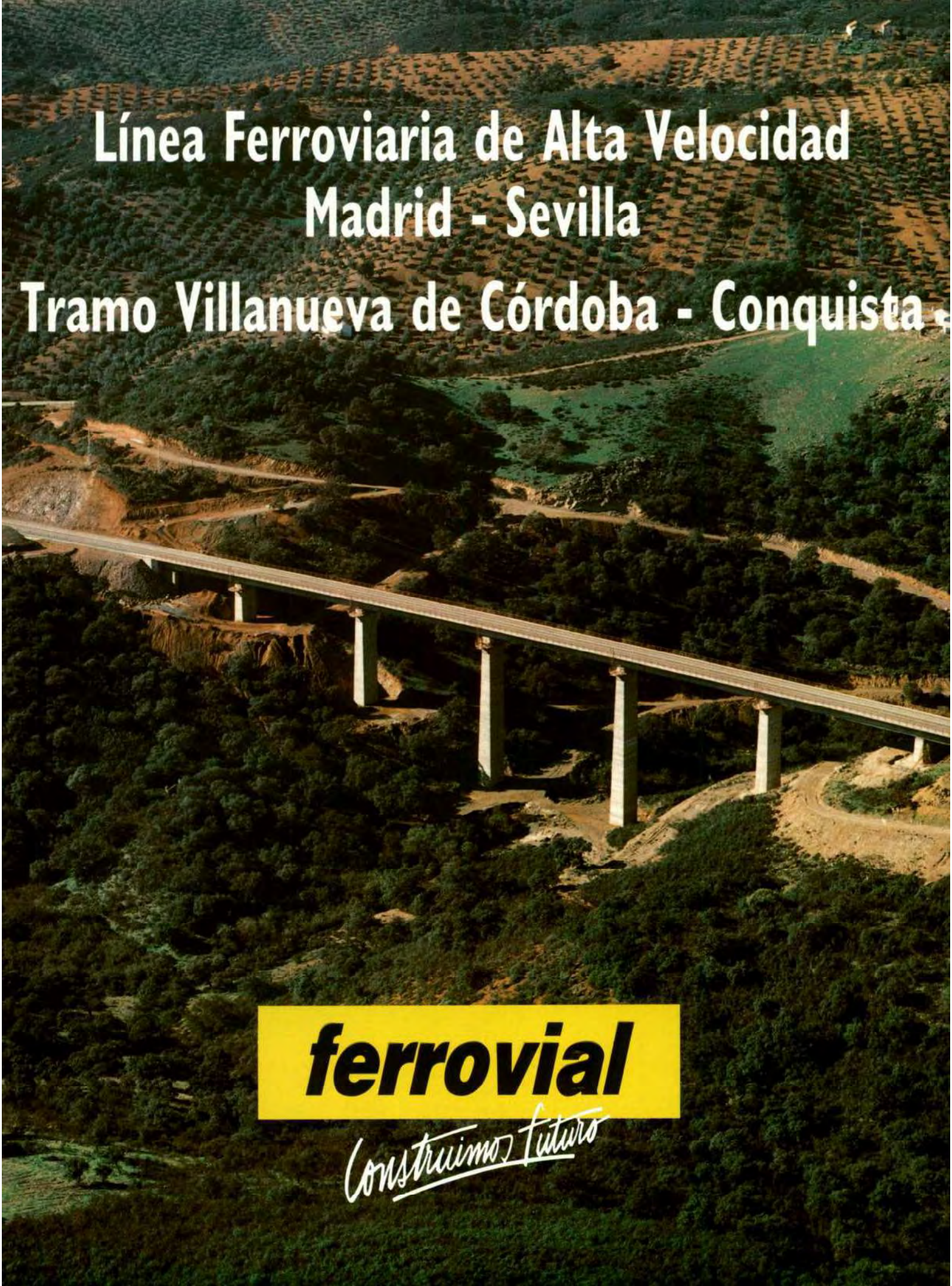
Nombre	*Tipo*	*Longitud en metros*	*Coste en millones*
Ribera	Isostático	345	204
Garganta	Isostático	266	153
Guadalmez	Isostático	798	457
V. Lobos	Isostático	79	40
Matapu I	Isostático	79	40
Matapu II	Isostático	26	14
Valle	Hiperestático	510	665
Martíndientes	Hiperestático	330	635
Corteceros II	Isostático	53	68
Corteceros I	Hiperestático	240	346
Churreteles	Hiperestático	465	506
Viñuela	Hiperestático	195	272
Boyeros	Hiperestático	510	698
Parrilla	Hiperestático	285	375
Concejo	Hiperestático	285	480
Guadalmellato	Hiperestático	330	575
	Isostáticos	1.646	976
	Hiperestáticos	3.150	4.552
	Total	4.796 m	5.528 m

Costes por metro lineal de viaducto

Isostático	0,59 millones
Hiperestático	1,45 millones
Total	1,15 millones
Longitud del tramo Brazatortas-Córdoba	112 kilómetros
Repercusión de viaductos por km	49,36 millones
Porcentaje sobre coste total de lainfraestructura del tramo	8,19 %

CIMBRADO. Los viaductos hiperestáticos se han construido según tres métodos diferentes de ejecución, cimbrado vano a vano con cimbra autoportante, colocación de dovelas prefabricadas en voladizo con auxilio de una viga de lanzamiento y empuje de tablero. La solución de la cimbra autoportante, con un apoyo intermedio, fue adoptada, por ejemplo, para el cruce del río Guadalmellato, donde la bondad del terreno de cimentación no encarecía la necesidad de dichos apoyos intermedios con cimentaciones auxiliares. En este caso, en cada fase se construía un vano y los 9 primeros metros del siguiente.

En el caso del viaducto sobre el río Guadiana las características geológicas del terreno con presencia de agua aconsejaron emplear pilotes de gran tamaño para la cimentación de todos los apoyos, y construir el tablero, por voladizos sucesivos, con el método de dovelas prefabricadas a pie de obra y colocación con un lanzador formado por una viga metálica en celosía. ❑


Línea Ferroviaria de Alta Velocidad
Madrid - Sevilla
Tramo Villanueva de Córdoba - Conquista
ferrovial
Construimos futuro

EL DE CIUDAD REAL EN LONGITUD Y MARTINDIENTES EN ALTURA, RECORDS DE LA LINEA

Los 31 viaductos construidos para el AVE acapararon las nuevas construcciones

Con una longitud total de 9.845 metros, son 31 los viaductos construido en la línea AVE, que como en multitud de otras cuestiones han acaparado las inversiones dedicadas al ferrocarril en los últimos años. Son dos los tipos de viaductos construidos en la línea, los isostáticos de vigas prefabricadas pretensadas y los hiperestáticos de cajón postensado con luces de hasta 45 metros.

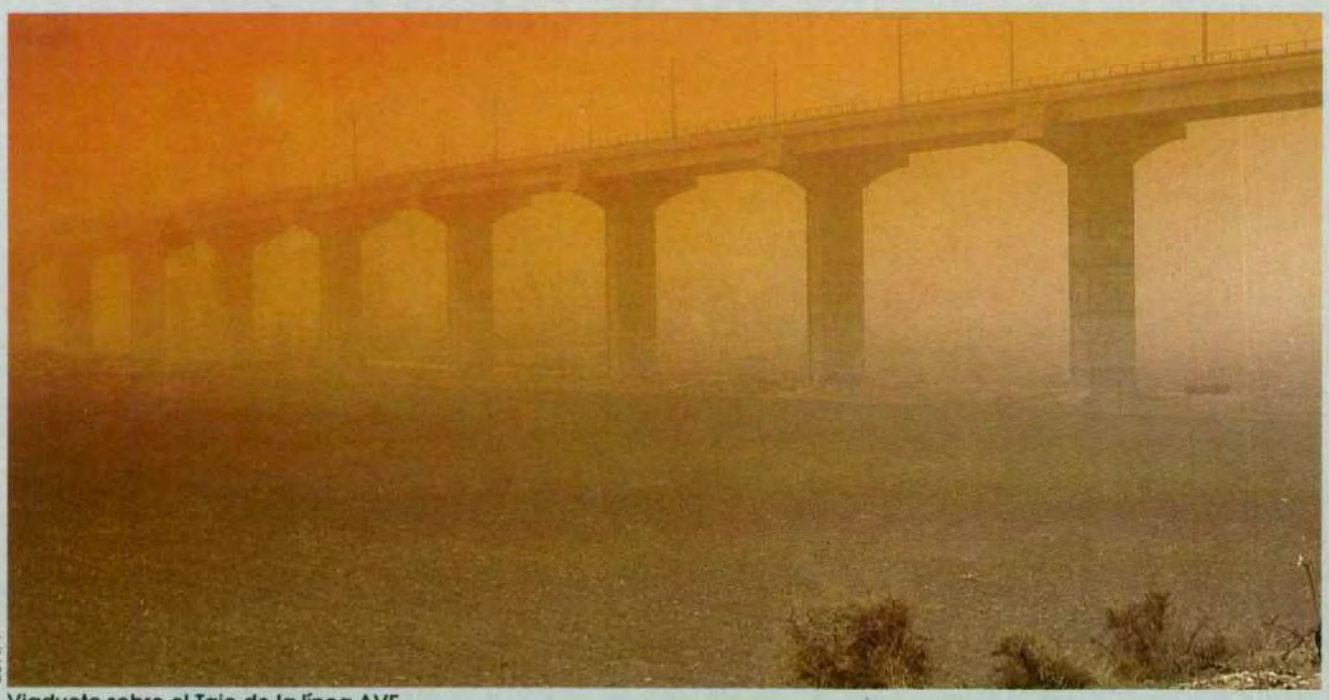
Los récords de la línea están situados en Ciudad Real, en cuya variante está el viaducto de mayor longitud, 930 metros, construido por Renfe, y en el tramo Villanueva de Córdoba-Adamuz, donde se encuentra el de mayor altura, el viaducto de Martindientes con 78 metros y construido por la Dirección General de Infraestructura del Transporte Ferroviario del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

La obra de construcción de la línea de alta velocidad y ancho internacional fue realizada en un corto espacio de tiempo lo que en el caso de los viaductos resalta aún más la magnitud de los trabajos realizados. En ellos se han puesto, además, en práctica procedimientos constructivos nuevos.

La primera parte de la línea se caracteriza por tener una primera parte. Madrid-Brazatortas casi horizontal donde se encuentran siete viaductos. Tres de ellos están a la salida de Madrid, uno de los cuales salva sobre el Manzanares, otro salva el río Tajo en las proximidades de Villaseca de la Sagra, otro más poco antes de llegar a Ciudad Real, sobre el Guadiana, otro es el ya citado de la variante de la ciudad manchega y el último se sitúa a la salida de la estación de Puertollano.

La segunda parte incluye la accidentada travesía de Sierra Morena y el descenso por el valle del Guadalquivir donde se sitúan los 25 viaductos restantes. Tres están en el tramo Brazatortas-Conquista, dos de ellos sobre los arroyos de la Ribera y de la Garganta, ocho más están en el tramo Villanueva de Córdoba-Adamuz, entre ellos el ya citado de Martindientes.

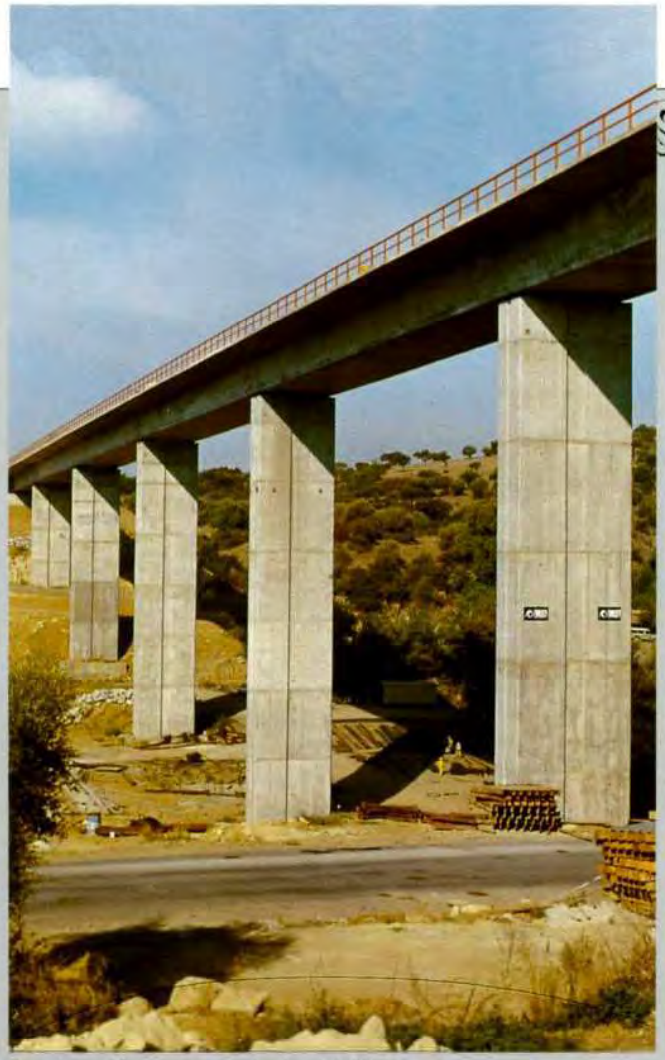
En las proximidades de Alcolea está el viaducto que salva el río Guadalmellato, en el Córdoba uno más y en el tramo Córdoba-Posadas otros dos, uno de los cuales está construido sobre el río Guadiato junto a Almodóvar del Río. Los nueve restantes se encuentran entre Posadas y Brenes. Algunos de ellos salvan ríos como el Retortillo, o el propio Guadalquivir, y arroyos como el Guadalora o el Guadalbarcar.

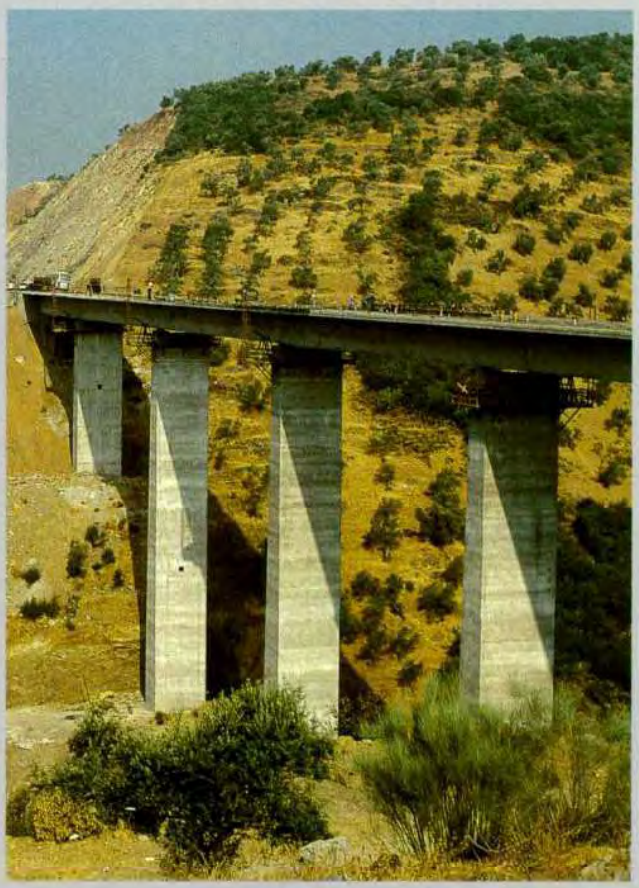


LUNA

Viaducto sobre el Tajo de la línea AVE.

s y Viaductos





Construcción de un viaducto del AVE.

En el tramo Adamuz-Villanueva de Córdoba se construyeron ocho viaductos hiperestáticos, con longitudes entre 195 y 510 metros y una altura máxima de pilares de 78 metros. Debido a las exigencias ya señaladas del breve plazo disponible para su ejecución se eligió el sistema constructivo de tablero empujado.

Este procedimiento consiste en la previa fabricación del cajón del tablero en un estribo del puente y su posterior desplazamiento progresivo hasta colocar el extremo libre sobre el otro extremo.

La utilización de este método permitió el aprovechamiento de todas las ventajas de la fabricación en un lugar fijo, en condiciones de casi industrialización del proceso, logrando una gran rapidez y un nivel muy alto de calidad en la ejecución.

Las circunstancias desfavorables, que sin embargo y a pesar de las múltiples ventajas existen, son el esfuerzo al que se ve sometido el propio viaducto durante la construcción al tener que sostener en voladizo el extremo lanzado hasta alcanzar el apoyo de cada pila, lo que produce importantes trabajos, en los dos primeros vanos sobre todo. Además el tablero sufre tanto flexiones positivas como negativas como consecuencia de las diferentes posiciones que adopta a lo largo de su lanzamiento desde un estribo del viaducto hasta el otro.

Otro aspecto significativo de este sistema en relación con otros tradicionales es la necesidad de la comprobación estructural de las pilas frente a las solicitaciones horizontales que el efecto deslizamiento del tablero produce, aunque en la mayoría de los casos resulten menores que las acciones sísmicas o las debidas a la circulación y frenado de los trenes previstas en el proyecto original.

Para reducir al mínimo posible las tensiones del trabajo en voladizo de la punta de avance se construyó una "nariz de lanzamiento" formada por una estructura metálica provisional de 26,4 metros de longitud cuya misión no era otra que la de aligerar el vano de punta, sustituyendo esta estructura de resistencia metálica, de características similares a las del tablero pero de un peso diez veces menor, al propio tablero.

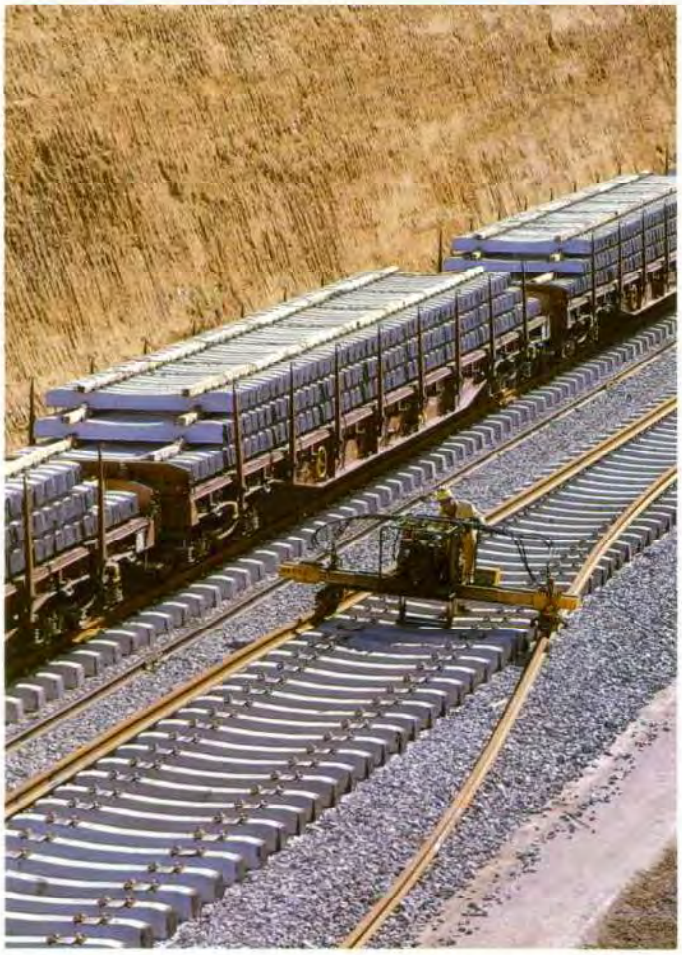
El empuje del tablero se consigue por medio de dos gatos hidráulicos, uno para la elevación y el segundo para el desplazamiento. Este último produce la traslación del tablero mientras que el de elevación sustenta el peso del conjunto de la estructura. El recorrido de cada empuje es de 20 centímetros.

El deslizamiento sobre cada pila necesita varias técnicas especiales para resolver los distintos problemas que se presentan por la llegada del tablero y el paso del mismo sobre la propia pila.

Las longitudes de vanos en los viaductos isostáticos construidos con vigas prefabricadas transportadas desde las factorías hasta el tajo es muy variable en los casos de puentes cortos, mientras que en lo de mayor importancia si se hizo especial hincapié en adaptar las luces a las disponibilidades económicas, evitando los costes suplementarios que hubiera producido la planificación de luces inadecuadas.

Sistemáticamente se han empleado vanos de 26,6 metros, excepto en el viaducto sobre el río Tajo para el que se han preferido distancias entre pilas de 38 metros. Los cantos de las vigas varían poco , entre los 2,10 y los 2,05 metros, prefiriéndose en su momento para el viaducto del Tajo un número más elevado de vigas en lugar de aumentar su canto, con lo que se conseguía mejorar la estética del conjunto construido.

En todos los casos las vigas fueron colocadas con grúas y la losa del tablero se hormigonó sobre elementos prefabricados de hormigón que se emplearon a modo de encofrado perdido. ❑



Construcción Ferroviaria

Construyendo Ideas

COMSA
Empresa Constructora

BARCELONA 08014
Calle Viriato, 47
Tel. (93) 430 15 15
Fax. (93) 405 13 30

MADRID 28046
Pº Castellana, 184
Tel. (91) 259 53 07
Fax. (91) 250 49 54

VALENCIA 46003
Dr. Beltrán Bigorra, 15
Tel. (96) 331 98 00
Fax. (96) 331 79 72

SEVILLA 41005
Av. S. Francisco Javier, 9
Edificio Sevilla 2
Tel. (95) 465 19 11

INGENIERIA GEOLOGICA Y TECNICAS DE CIMENTACION EN LOS VIADUCTOS

La socavación por aguas torrenciales en las avenidas, principal peligro

Una de las causas más frecuentes de la ruina de puentes y viaductos es la socavación del terreno bajo las zapatas, producida por las avenidas de aguas torrenciales cargadas de materiales en suspensión, originadas tras las grandes tormentas. La ingeniería geológica y las técnicas de cimentación tratan de prevenir esos desastres y al tiempo que aseguran la funcionalidad de los puentes.

Elevación de las pilas de un viaducto.

Las cimentaciones son proyectadas y realizadas ajustándose a la realidad geológica del terreno en los aspectos de la litología, estructura estratigráfica, características geomecánicas y presencia de agua. Se realizan cimentaciones con pilotes, de diversos tipos según los condicionantes presentes pero de alta capacidad, más de 150 toneladas de resistencia por pilote, en los macizos rocosos de menor resistencia y mayor presencia de agua, y cimentación directa o de zapatas en los terrenos más resistentes.

"Dentro de los estudios previos, a la redacción del proyecto, de geología regional y geotecnia", afirma Luis Casero Mejías jefe de la División de Geotecnia de Intecsa, "en aquellos puntos donde se situarán las obras de fábrica importantes, puentes y viaductos, se realiza un estudio geotécnico de detalle". Tras un reconocimiento geológico a escala 1:1.000, y en función de la información obtenida, se realizan sondeos mecánicos de rotación con extracción continua de testigo y obtención de muestras inalteradas en el emplazamiento de las futuras pilas y estribos. En aquellas estructuras donde la distancia entre pilas sea inferior a los 40 metros, el número de sondeos se reducirá a la mitad de las pilas, y si las condiciones del terreno lo exigen se completarán con ensayos de penetrtación estáticos y dinámicos. Si el recubrimiento del macizo rocoso fuera escaso se pueden sustituir parte de los sondeos por calicatas.

En las muestras inalteradas extraidas de los diferentes estratos rocosos atravesados se realizan ensayos de penetración, ensayos de laboratorio de identificación, compresión simple, hinchamiento por absorción de agua, contenido en sulfatos, carbonatos o materia orgánica, y ensayos edométricos y triaxiales.

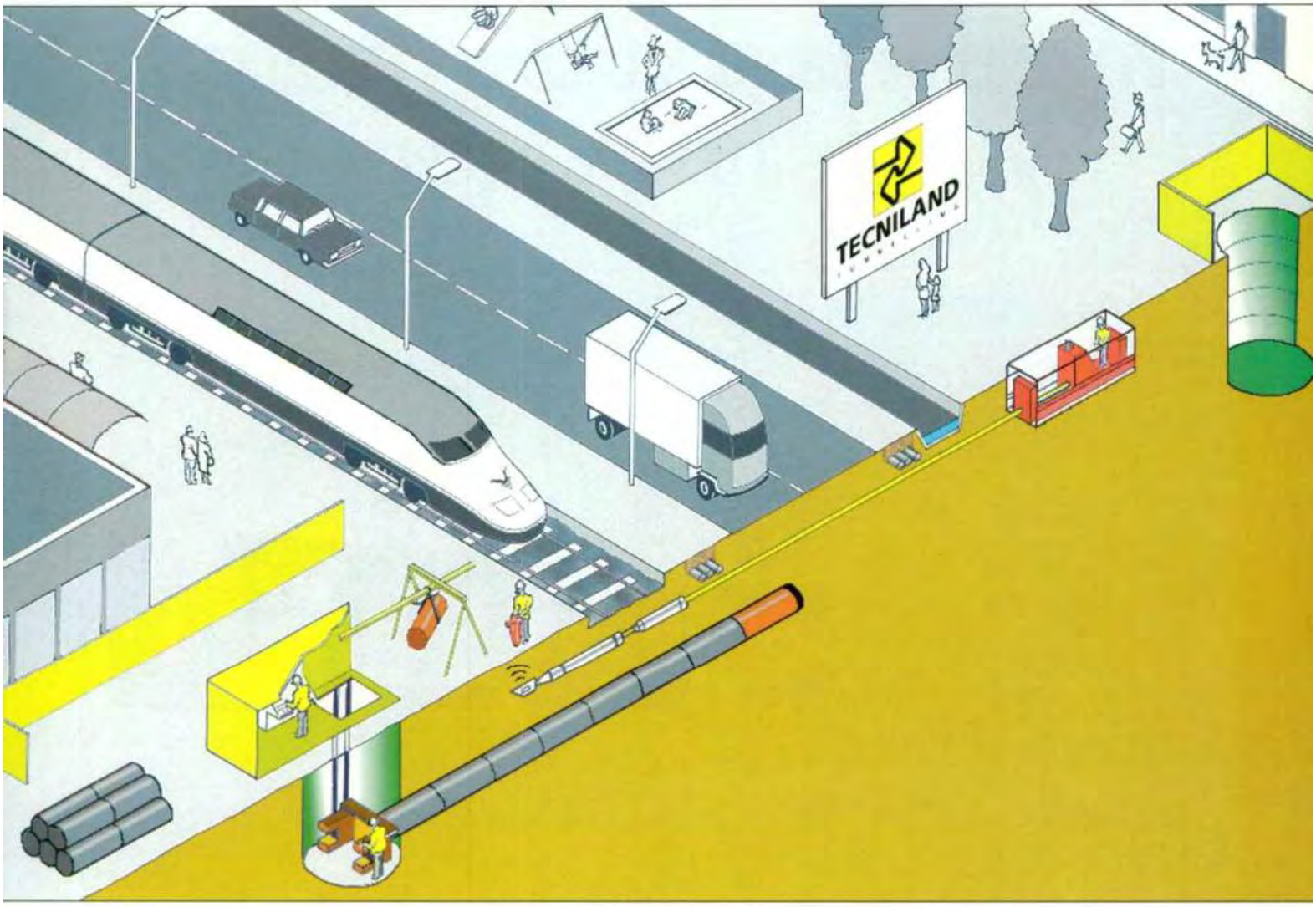
Al menos uno de los sondeos correspondiente a cada estructura se deja con tubería piezométrica ranurada, para después de quince días medir el nivel freático y tomar muestras del agua para conocer la posible agresividad frente al hormigón de las cimentaciones futuras. En función de los resultados de estos ensayos se indican las precauciones a adoptar respecto a la presencia de agua, y el tipo de cemento a emplear en el hormigonado de la cimentación para resistir la eventual agresividad de las aguas o del terreno.

En los cauces de ríos de cierta entidad se realiza un estudio sobre el posible riesgo geológico de socavación con objeto de proyectar una cimentación más segura respecto a este fenómeno natural. La socavación es considerada muy importante, pues es una de las causas más frecuentes del derrumbamiento de puentes y viaductos. Para este caso concreto, se realiza primero una investigación de campo con el objeto de determinar las características erosivas del cauce, granulometría de los materiales del lecho fluvial, estado de las estructuras próximas a la proyectada, existencia de canteras de extracción de áridos en las inmediaciones y presencia de embalses. También se calcula la avenida máxima para el periodo de retorno fijado como más conveniente, la velocidad del agua en la sección del puente, y el efecto perturbador de las pilas y estribos sobre la corriente, para determinar la profundidad previsible de socavación.

"En el caso de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla", asegura Eusebio Nestares, geólogo consultor, "durante el proceso constructivo hubo necesidad de acomodar los diseños de las cimentaciones a la realidad geológica de los terrenos", porque el paleozoico de Sierra Morena, con alternancias de cuarcitas y pizarras y la presencia del batolito granítico de los Pedroches, presentaba una gran heterogeneidad litológica en los macizos afectados, muchas fracturas y estructuras geológicas muy complejas, además de las fuertes inclinaciones en las laderas con terrenos de coluvión inestables. ❑

TECNILAND

TUNNELLING



... y en la superficie la vida sigue

ENTRE EN EL MUNDO NO-DIG

TECNILAND, Tunnelling le ofrece la más completa gama de Tecnologías NO-DIG para la instalación de cableado, tuberías y galerías visitables:

- **Sin excavación**
- **Sin interferencias en el tráfico**
- **Sin molestias para los vecinos**
- **Con el menor coste social**
- **Con el menor impacto ambiental**
- **Con la mayor productividad**

MIEMBRO DE ISTT INTERNATIONAL SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY

TECNILAND, Tunnelling es una División de:
TECNILAND, S.A. Edificio Numància 1 - calle Viriato, 47 - 2ª planta. 08014 BARCELONA Tel. (93) 430 09 33 Fax. (93) 430 65 42
DELEGACIONES: MADRID - LA CORUÑA - MÁLAGA - SANTANDER - SEVILLA - VALENCIA

CADA VANO EXIGE UN TREN DE CARGAS ESPECIFICO

Pruebas de carga estáticas y dinámicas antes de la puesta en servicio

Las pruebas de carga que se realizan en los puentes están diseñadas específicamente para cada uno de ellos, dependiendo de su tipología y, fundamentalmente, de las características y longitud de sus vanos. En función de ellas se elige el tipo de tren de carga cuya utilización pueda ofrecer los datos más fiables acerca del comportamiento del puente.

En cada puente se hacen cuatro tipos de pruebas de carga. La primera es la estática, que consiste en la colocación del tren carga parado sobre el tramo del puente a analizar en la posición más desfavorable para el tramo y se mantiene hasta que la estructura se estabiliza.

La segunda de las pruebas es la cuasiestática que se realiza con el tren de cargas circulando a 5 kms/h., lo cual sirve de referencia para las pruebas dinámicas y para medir el coeficiente de impacto. Las pruebas dinámicas se realizan a diferentes velocidades, llegando hasta los 300 kilómetros por hora en el caso de los viaductos de la línea Ave, si bien los datos obtenidos en las pruebas realizadas a 200 kms/h. son extrapolables a velocidades superiores. Por último se realiza una prueba de frenado a velocidad máxima.

De todas ellas se obtienen datos para cotejarlos con los calculados previamente mediante modelos matemáticos y con los previstos en la instrucción. En el caso de los modelos los valores obtenidos en las pruebas deben ser similares, lo que demuestra la validez del modelo, y en el caso de los valores previstos en la instrucción estos quedan siempre muy por encima de los valores reales, lo que asegura condiciones de confort y seguridad elevadas.

Los datos de las pruebas de carga se recogen mediante una instrumentación que, como la propia prueba se ajusta específicamente al tipo de puente, al tablero, a los apoyos y a cada uno de los vanos. Para la medición de los movimientos verticales se utiliza un flexómetro, y bandas extensométricas para medir las deformaciones y obtener la tensión en cada punto. Por último unos sismómetros miden las vibraciones producidas por los trenes de carga.

Prueba de carga sobre un viaducto de la línea Ave.

Los puentes y viaductos, antes de su entrada en servicio, se someten a una prueba de carga que ofrece información sobre movimientos verticales, tensiones, vibraciones y elasticidad. Los puentes metálicos, además de está "prueba inaugural", deben someterse a otras sistemáticas cada quince años.

Los datos obtenidos se recogen en un conversor analógico-digital y de él pasan a un ordenador que ofrece un registro de las mediciones. Existen otros sistemas de instrumentación de fibra óptica para la obtención de los datos de las pruebas de carga, si bien no se han utilizado todavía en España.

El proceso de los datos registrados sirve para evaluar el comportamiento del viaducto ante las circunstancias de la circulación en diferentes aspectos. Así se analizan los movimientos verticales, llamados flechas y su relación con la luz del vano. Se suelen obtener valores de uno por diez mil, lo que supone una desviación o flecha de un milímetro por cada diez mil. Ferrocarriles como los italianos admiten valores de movimientos verticales de hasta 1/4.000 como máximo, que aseguran un alto nivel de confort.

Otros de los parámetros analizados son las tensiones, respecto de las calculadas y las máximas admisibles, y las vibraciones después de la salida de la carga, obteniéndose la frecuencia de vibración propia de cada tablero. Por último se analiza la recuperación de la estructura, es decir la elasticidad de la misma, de modo que se obtienen datos acerca del tiempo que tarda el viaducto en recuperar su geometría tras la desaparición de la acción que la deforma.

En el caso de los viaductos metálicos, aparte de la primera prueba de carga previa a su puesta en servicio, se realizan otras sistemáticas cada quince años, mientras que el resto de los puentes y viaductos no vuelven a someterse a ellas salvo circunstancias especiales como reparaciones importantes. ❑

PUNTOS DE VENTA DE VIA LIBRE

- **LIBRERIA INTERNACIONAL**
  Altamira, 6
  03003 ALICANTE
- **MABAR**
  Rambla Volart, 4
  08026 BARCELONA
- **ENRIC SALA ANDRES**
  Kiosko Paseo de Gracia - Rente
  08007 BARCELONA
- **KINDER**
  Córcega, 416
  08037 BARCELONA
- **LLIBRERIA CATALONIA**
  Ronda Sant Pere, 3
  08010 BARCELONA
- **LLIBRERIA HORMIGA DE ORO, S.A.**
  Av. Portal d'Angel, 5
  08002 BARCELONA
- **QUIOSC PLA DE PALAU**
  Plá de Palau
  08002 BARCELONA
- **MINI MON-JOAN VAZQUEZ DIAZ**
  Floridablanca, 98
  08015 BARCELONA
- **LIBRERIA TECNICA Y DOCUMENTACION**
  Rosellón, 454-456
  08025 BARCELONA
- **EUROFER**
  Avda. Virgen de Monserrat, 146
  08032 BARCELONA
- **EXPRES MODELISMO**
  Sant Andreu, 12
  08030 BARCELONA
- **LIBRERIA CAMARA, S.L.**
  Euskalduna, 6
  48008 BILBAO
- **MAGATZEMS VALL S.A.**
  Ctra. Sant Feliu, 8
  7853 CASTELL-PLATJA D'ARO (GERONA)
- **BOUTIQUE DEL TREN**
  La Rambla, 6
  43700 EL VENDRELL (TARRAGONA)
- **LIBRERIA LECTOR CENTRO**
  Ramón y Cajal, s/n
  15006 LA CORUÑA
- **LIBRERIA GAUDI**
  Argensola, 13
  28004 MADRID
- **CHAUVE**
  Jorge Juan, 21
  28001 MADRID
- **MUSEO NACIONAL FERROVIARIO**
  Estación Madrid-Delicias. Paseo de Las Delicias, 61. 28045 MADRID
- **LIBRERIA JAUME**
  Marti Julia, 24
  08240 MANRESA (BARCELONA)
- **LIBRERIA GEMA-BENEDET**
  Milicias Nacionales, 3
  33003 OVIEDO
- **TAPIDE**
  Plaça Major, 12
  08002 SABADELL (BARCELONA)
- **LIBRERIA ESTUDIO**
  Av. Calvo Sotelo, 21
  39002 SANTANDER
- **VIUDA DE FRANCISCO CUEVAS**
  Paseo San Francisco, 16
  41004 SEVILLA
- **EDIMA**
  Gaudi, 4
  08221 TERRASSA (BARCELONA)
- **C.R.E.A.**
  Pascual y Genis, 24
  46002 VALENCIA
- **ALMER PUBLICACIONES**
  Paseo Independencia, 19
  50001 ZARAGOZA

También se encuentra a la venta en los quioscos de las principales estaciones ferroviarias.

BOLETIN DE SUSCRIPCION 1993

APELLIDOS..... NOMBRE.....
DOMICILIO ..... Nº..... Piso..... Letra.....
BLOQUE ..... BARRIADA..... C.P. .....
POBLACION..... PROVINCIA ..... TELEFONO.....

A COMPLETAR POR AGENTES DE ❑RENFE ❑FEVE ❑FGV
NUMERO DE MATRICULA ..... DEPENDENCIA.....

FORMA DE PAGO

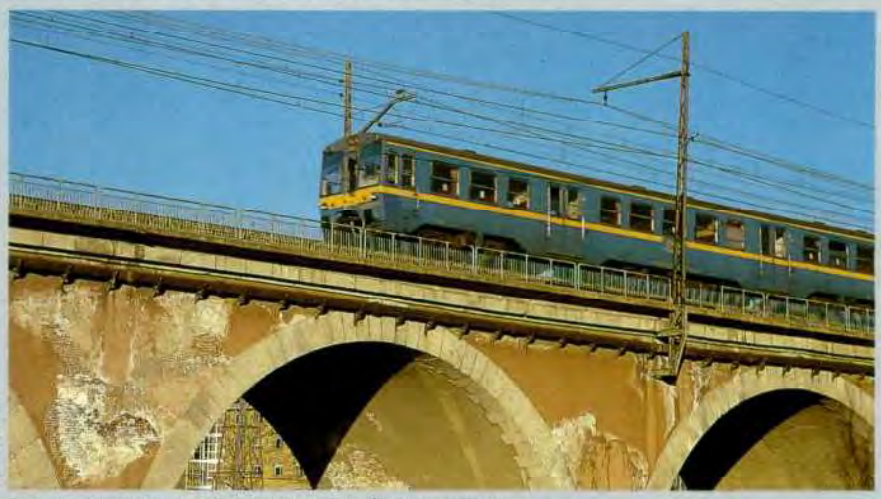
❑ DESCUENTO EN NOMINA (Agentes)
❑ CHEQUE BANCARIO
❑ GIRO POSTAL
❑ GIRO INTERNACIONAL
❑ DOMICILIACION BANCARIA (sólo jubilados)

TARIFAS

MENSUAL PARA FERROVIARIOS	203 PESETAS	EXTRANJEROS:	
ANUAL JUBILADOS	1.930 PESETAS	EUROPA	5.500 PESETAS
PARTICULARES	3.650 PESETAS	ASIA	8.500 PESETAS
ASOCIACIONES AMIGOS DEL FERROCARRIL	3.000 PESETAS	IBEROAMERICA	7.300 PESETAS

ENVIAR A VIA LIBRE. SANTA ISABEL, 44. 28012 MADRID

La fatiga de los puentes y viaductos ferroviarios ha sido originada por el paso de los trenes durante muchos años de la vida útil de estas estructuras. Y esta fatiga se ha visto acrecentada por el constante aumento de las cargas por eje de los vehículos. Por ello, existen campañas de auscultación sistemática, línea a línea, con objeto de detectar defectos y programar reparaciones.



DIEGO F.F.

Las grietas son uno de los daños más frecuentes.

SE REALIZAN CAMPAÑAS LINEA A LINEA PARA PROGRAMAR LAS REPARACIONES

Operaciones de auscultación e inspección de puentes para el mantenimiento

La auscultación realizada en los puentes y viaductos en servicio persigue la identificación y puesta de manifiesto de los desperfectos que afectan a las diferentes partes de estas obras de fábrica tanto si son éstas de tipo arco, tipo tablero o puente metálico. Las anomalías pueden aparecer en cualquiera de los elementos, estructura metálica, arco, tablero, estribos, pilas, muros de acompañamiento, aparatos de apoyo, barandillas, paseos o muretes guardabalasto.

"Los daños más frecuentes en los puentes son", afirma Carlos López Carreras, geólogo de Eurogeotécnica, empresa del grupo Europroject, "grietas, tanto longitudinales como transversales en el arco o tablero, pilas y estribos; armaduras vistas, en el caso de los puentes construidos con hormigón; golpes y desconchados; humedades y socavaciones en las pilas; y corrosiones por oxidación".

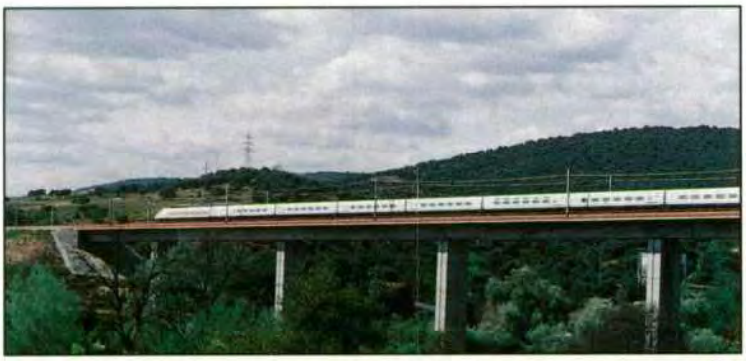
DIEGO F.F.

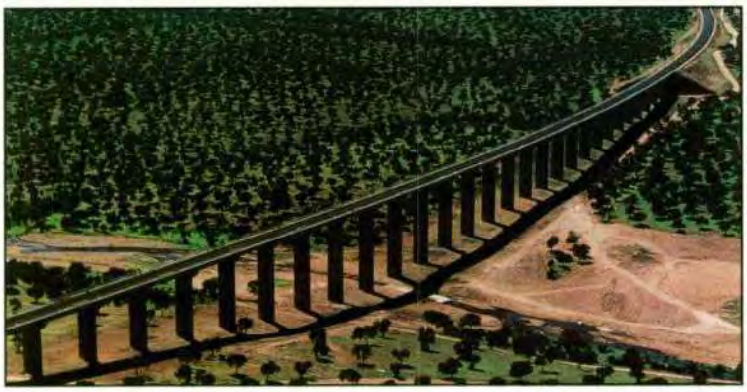
CARACTERISTICAS. En las fichas normalizadas por Renfe para la realización de las auscultaciones de puentes y viaductos tipo tablero, se señalan las características básicas identificadoras de la obra; la realización del tablero por vigas o por losa; el tipo de superestructura de vía, con indicación del carril, sujeciones, traviesas y banqueta de balasto; y la constitución de los estribos y pilas por hormigón, sillería, mampostería o ladrillo, con o sin refuerzos. Además de resaltar los aspectos geológicos y geotécnicos del lugar donde el puente está construido, con indicación sobretodo de la litología, hidrogeología y propiedades geotécnicas del macizo rocoso.

En los puentes metálicos se señala si el tablero es superior, intermedio o inferior, si las vigas son de celosía o de alma llena, si existen encarriladoras y contracarriles, y una descripción de los tipos de estribos y pilares. En cuanto a los desperfectos se buscan los elementos deformados, fisuras y grietas, roturas, estado de los roblones o de la soldadura y estado de la pintura, con presencia o no de oxidaciones.

Con los datos obtenidos en los reconocimientos y auscultaciones, donde quedan señaladas las patologías y las recomendaciones para las reparaciones, se programan las realizaciones de los proyectos de mejora y sustitución de puentes. De acuerdo con las reparaciones habitualmente proyectadas, en los puentes de arco se suelen realizar obras en el trasdós de los arcos para no reducir la sección hidráulica de los valles a su paso bajo el puente.

"Son operaciones frecuentes", asegura Fernando Muzás, director del Area de Geotecnia y Obras Especiales de Eyser, "la limpieza y restauración de la obra de fábrica, de sillería, mampostería o ladrillo, el cosido transversal de las bóvedas por medio de pernos, pieza metálica larga y cilíndrica, el refuerzo o recalce de las pilas y estribos con inyecciones de cemento denominadas micropilotes, y la excavación del trasdós de las bóvedas para la construcción de refuerzos de hormigón armado". En puentes de hormigón, a veces se sustituye el tablero por una losa prefabricada. También es normal formar una estructura metálica provisional por donde desviar el tráfico mientras se trabaja en el trasdós de las obras de fábrica. ❑





Sólo una rigurosa metodología SISTEMAS + CONTROL + AUDITORIA asegura la calidad de una obra.

Construimos soluciones

El grupo FCC responde al compromiso de calidad en todos los sectores en los que está presente. Con cerca de un siglo de experiencia.

FCC FOMENTO DE CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S.A.

EL CORREDOR MEDITERRANEO ABSORBERA LAS PROXIMAS INVERSIONES FERROVIARIAS

Las mejoras exigen la ejecución de importantes viaductos

En la modernización de estos trayectos, Barcelona-Valencia-Madrid, para su adecuación a velocidades de 220 kms/h. con material convencional, se invertirá una cantidad superior a los 200.000 millones de pesetas en los próximos cuatro años, de modo que pueda estar lista en 1997.

Esta actuación ya iniciada, comenzó con la duplicación de vía en los tramos La Encina-Játiva de 50 kms., en nuevo trazado y Castellón-Tarragona de 189 kms. con un 55% de trazado en variante.

Una vez finalizada la obra del AVE, y ante la reducción de las inversiones, la modernización del arco mediterráneo será la obra de mayor importancia que afrontará el ferrocarril español. Considerada prioritaria, su construcción requiere la ejecución de una longitud importante de explanación de vía en viaducto.

En el tramo la Encina-Játiva las obras afectan a la conexión ferroviaria de la meseta central con la plataforma costera mediterránea, lo que implica salvar una diferencia de cotas de 650 metros que exige la construcción de viaductos con una longitud de 2.250 metros.

LUNA

Tramo preparado para 220 km/h en el Corredor Mediterráneo.

Entre ellos son de destacar los 1.040 del viaducto sobre la rambla de Fosinos que resuelve el paso de la doble vía sobre la Rambla de Fosinos. La estructura tiene 25 vanos de 40 metros de luz y una altura de pilas máxima de, también, 40 metros. Los vanos son isostáticos y están constituidos por tableros de ocho vigas prefabricadas pretensadas y losa de compresión hormigonada in situ.

Las pilas son de fuste con marco de sección en cajón de 5,5 por 2,80, y 0,35 de espesor, cimentadas en un encepado rectangular que descansa sobre seis pilotes excavados de un metro y 80 centímetros de diámetro. Los estribos, de 18 metros de altura, están constituidos por un muro de hormigón armado con aletas vueltas formando treinta grados con los bordes de la plataforma. A su vez este muro va cimentado sobre un encepado con ocho pilotes excavados de hormigón armado y 1,25 metros de diámetro.

El proceso constructivo consiste en ejecutar primeramente las pilas y estribos y una vez terminadas se procede al lanzamiento de las vigas y hormigonado de la losa de compresión sobre ellas. En este proceso de construcción es fundamental la estabilización de los terraplenes de acceso, de manera que los asientos de consolidación se produzcan antes de la puesta en servicio.

Por otro lado, la transición de una plataforma de tierras a otra de hormigón más rígida, requiere la ejecución de cuñas invertidas de material seleccionado y estabilizado con cemento. De tipología muy similar a esta descrita, es el viaducto que con 930 metros salva el cauce del río Cañoles. en el mismo tramo La Encina-Játiva.

En el tramo Castellón-Tarragona, cuya traza discurre próxima la litoral, se están realizando variantes de trazado para ampliar radios lo que exige salvar los cauces existentes. En 1992 ya se pusieron en servicio 63 kms. de doble vía, las correspondientes al tramo Oropesa-Alcanar donde destaca el viaducto sobre el río Cervol de cuatro vanos de 22 metros de luz cada uno de ellos y con pilas de 4 metros. La estructura es isostática con tableros formados por vigas pretensadas.

En el tramo que continúa el Oropesa-Alcanar, el Alcanar-Camarles ya se han inciado las obras, que incluyen una variante de 19,5 kilómetros que requiere la construcción de un viaducto sobre el río Ebro. Su longitud total será de 995 metros en dos tramos.

El primero, curvo de 594 metros, consiste en una estructura isostática de 17 vanos de 41 metros de luz en la zona de la vega del río. El segundo de los tramos, recto de 401 metros, consiste en una estructura hiperestática simétrica constituida por dos vanos laterales de 45 y 58 metros, y un vano central de 92 metros de luz que constituye un récord de luz en España para un puente de ferrocarril de esta tipología.

La cimentación del puente es de tipo profundo mediante pilotes.

En lo que se refiere al tablero, el tramo isostático está constituido por cinco vigas prefabricadas y tablero de compresión. El tramo hiperestático está constituido por dovelas de sección en artesa con aceras voladas y ejecutadas mediante el sistema de voladizos sucesivos. ❑

MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA CONTROLA MAS DE 7.000 PUENTES EN LA RED

Reparaciones y refuerzos, actuaciones más habituales

Los Puentes de la Red Renfe están continuamente bajo vigilancia. Periódicas revisiones, auscultaciones y en caso de necesidad pruebas de carga aseguran sus condiciones de seguridad y determinan las exigencias de su conservación o, en casos extremos, su sustitución.

LUNA

Puente de hormigón sobre el río Manzanares en la línea de Madrid a La Coruña.

Los dos grandes grupos de puentes, metálicos y de fábrica u hormigón, tienen necesidades de conservación diferentes y en función de ellas se programa la revisión de los mismos. Los puentes metálicos, exigen pruebas de carga cada quince años, mientras que los puentes de sillería, mampostería u hormigón necesitan de inspecciones visuales y controles diferentes.

Dependiendo de su capacidad portante y sus estado de conservación de programa su conservación y reparaciones

La dirección de Mantenimiento de Infraestructuras dispone para el control de los más de siete mil puentes inventariados en la red de diversas fuentes de información. Una de ellas es el estudio de riesgos de líneas, que se viene realizando desde hace unos cinco años y que, al margen de estudios geológicos de terraplenes y desagües, incluye una revisión de los puentes. Basada en esta inspección se confecciona una ficha de puentes con datos acerca de ellos y de los daños existentes que sirve de pauta para la realización de inspecciones más a fondo.

El proceso, que se completa con las inspecciones de las gerencias y con otras ocasionales, determina las prioridades y los criterios de elección de las actuaciones, con la matización que implican las disponibilidades económicas.

En la actualidad son 850 los puentes metálicos de la red, de los cuales algo más de 600 son operativos y por lo tanto con necesidades de mantenimiento. En cuanto a los no metálicos -mampostería, sillería, ladrillo y hormigón- la nómina asciende a más de 6.300, algunos de ellos, también en líneas cerradas. Cada año se revisa una cifra que oscila entre los 200 y los 300 puentes, de modo que son necesarios unos 20 años para "dar la Vuelta" a todos los de la red.

Según Torcuato Vega, el 80 por ciento de los puentes de la red están a buen nivel y el resto necesitan reparaciones, si bien no está comprometida la seguridad aunque si los niveles de velocidad y confort. Especificando más los puentes de la red preferente están a un nivel bueno, y los de la complementaria y los restantes a un nivel aceptable.

Las actuaciones más habituales en los puentes de la red son las reparaciones y los refuerzos y sólo si el estado de los mismos es muy malo se produce su sustitución o en casos concretos y escasos se construye una variante.

Entre los refuerzos de puentes más característicos realizados en los últimos años está el del puente de hormigón sobre el río Manzanares situado en la línea

BENITO FIGUEROA

Puente internacional de Tuy en Galicia.

LUNA

Puente sobre el río Manzanares en el punto PK. 6 de la línea de Madrid a Alicante.

BENITO FIGUEROA

Puente de hormigón en Redondela.

Madrid Chamartín-La Coruña, en las proximidades de El Pardo. En este caso se realizó, en 1989 y por Austral, un reforzamiento, mediante chapas de acero anticorrosión encoladas y atornilladas, de pendolones y tableros. Este tipo de refuerzo impide la deformación y sirve para repartir mejor los esfuerzos.

Otro refuerzo significativo ha sido el del puente metálico de Carballo en el casco urbano de Redondela, a cuya dificultad hubo que añadir la que determina el valor emblemático del puente, cuya representación aparece incluso en el escudo de la ciudad pontevedresa. El refuerzo que incluyó las vigas principales, las viguetas, los largueros, los arriostramientos, las pilas metálicas y la reparación de la sillería exigió mantener completamente el aspecto del puente y la construcción, en la zona de trabajo de un estructura de toldos para evitar la caída de objetos sobre el casco urbano de la ciudad sobre el que pasa el puente.

Este tipo de obras en puentes protegidos o catalogados como obras históricas o artísticas o simplemente con categoría de símbolos no es raro y ello conlleva ciertas complicaciones a la hora de plantearse su conservación y reparaciones.

UCTOS

En cuanto a reparaciones, muy significativa ha sido la realizada en 1990 en el puente de sillería de Celada en Cantabria, también realizado por Austral en la línea Venta de Baños-Santander, que incluyó el anclaje y cosido de sillares, el cosido transversal del puente a la altura de los tímpanos y tableros y la inyección de mortero, además del rejuntado de sillares. Todo ellos exigió la colocación de un andamiaje especial.

Entre las sustituciones de puentes realizadas recientemente está las de Cataluña, los siete puentes Lácara de la línea Madrid-Badajoz, o los de Despeñaperros, a cuyas dificultades hubo que sumar las producidas por las condiciones meteorológicas y el intenso tráfico de la línea, habida cuenta de que todos los trabajos de mantenimiento de puentes se realizan con circulación, excepto las sustituciones para las cuales se dan entre 5 y 8 horas de corte de circulación.

Sustituciones importantes son las de los 3 puentes sobre el río Oria en las proximidades de Tolosa, en el pk. 593 de la línea Madrid-Hendaya, actualmente en fase de realización por parte de Entrecanales, o la ya finalizada por Cubiertas en el pk. 6 de la línea Madrid-Alicante en un puente sobre el río Manzanares.

También en curso está la de 18 puentes metálicos de la línea Murcia-Aguilas a cargo de Austral. Estos puentes, construidos hace más de 100 años con luces entre 11 y 80 metros se sustituyen por otros con balasto, que dan mayor seguridad y confort, por su mejor reparto de cargas y permiten, además una mejor conservación y mayor velocidad en las circulaciones. Los puentes con balasto permiten velocidades de hasta 200 kms./h., frente a los 140-160 de los puentes sin él, y al facilitar el trabajo de bateadoras y máquinas de mantenimiento de vía aseguran un perfil sin saltos y por lo tanto una mayor comodidad para el viajero.

Todas estas sustituciones se hacen con vigas de alma llena excepto el de Lorca hecho con una estructura en celosía y, por supuesto, todos ellos con acero resistente a la corrosión.

Una de las sustituciones aún en curso es la de los 5 puentes metálicos del tramo Guillarey-Tuy, que enlaza con la frontera portuguesa en el puente internacional de uso mixto, ferroviario y carretera, sobre el Miño. Estos cinco puentes metálicos se están sustituyendo por otros de hormigón y falta la reparación de otro y la solución para el puente internacional en la que están muy interesadas tanto las autoridades portuguesas como las española y que depende de un informe actualmente en fase de realización. ❑