

ELEMENTOS SINGULARES

Madrid-Barcelona

• **Viaducto del Ebro.** Diseñado por Javier Manterola, este es uno de los elementos más singulares de la línea, situado en el municipio zaragozano de Osera, en el trayecto Zaragoza-Lleida. Tiene una longitud de 546 metros y se estructura en dos secciones: una en forma de "U", de 162 metros, y otra en cajón, de 384 metros.

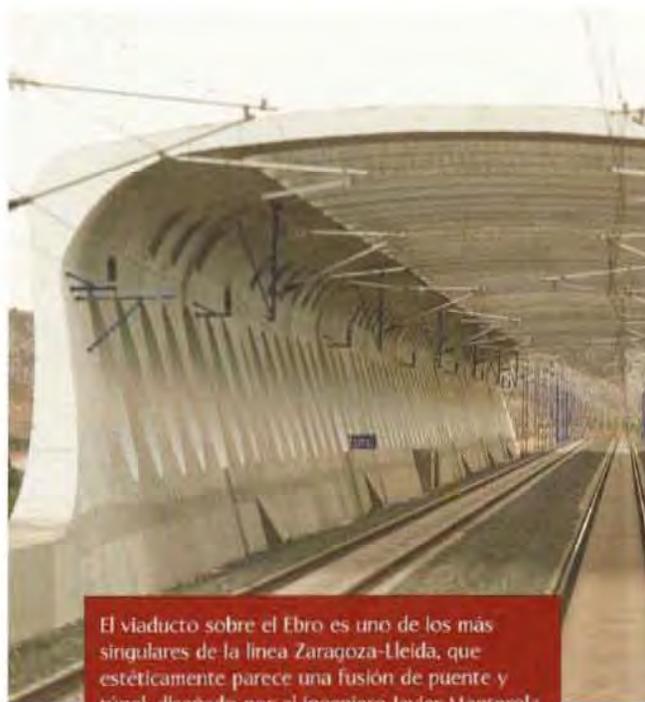
El dintel, con una longitud central de 120 metros, está integrado por una viga de cajón hueca. Los laterales incorporan ventanas circulares de 3,8 metros de diámetro y en la parte superior hay vigas riostras de 0'60 metros, separadas 6 metros entre sí. Estéticamente, el viaducto es como una fusión de puente y túnel sobre el río Ebro.

• **Viaducto de Vinaixa.** De 1044 metros de longitud y veintidós vanos es uno de los puentes más espectaculares del tramo Lleida-Barcelona. Bajo esta infraestructura, que arranca en el kilómetro 477,8 de la línea, pasa la autopista de Barcelona y su principal singularidad reside en la construcción de dos pilas-arco intermedias de 4x24 metros, que permiten el paso de la línea ferroviaria de ancho ibérico, y que constituyen un doble arco azul muy llamativo.

El tablero, hiperestático, está constituido por una sección cajón con almas verticales y dos voladizos de 4 metros de anchura, y está sujeto por pilas de fuste hueco de sección rectangular y paredes de 0,35 metros de espesor. **Belén Guerrero**

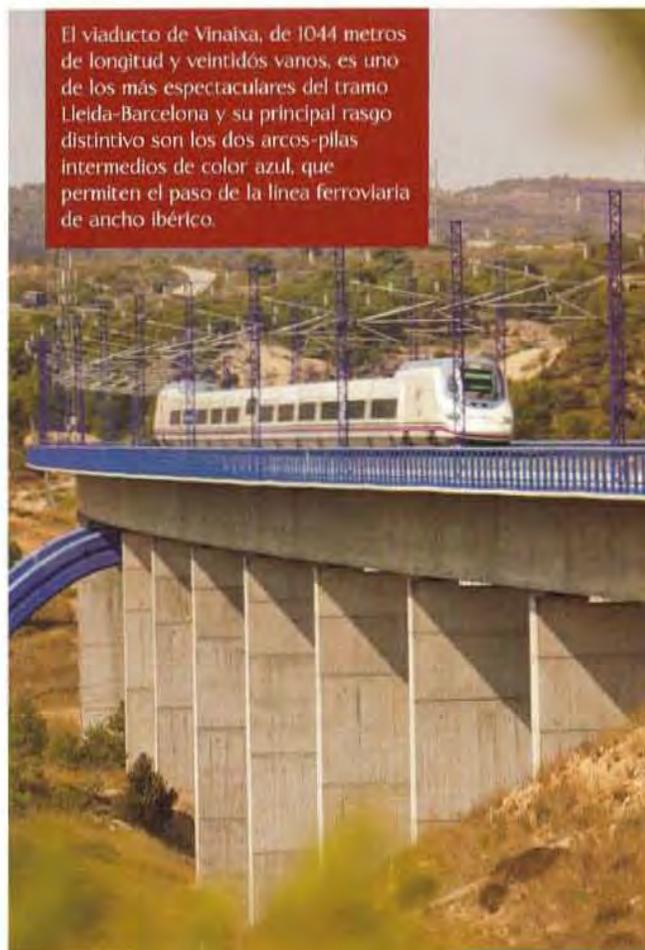
Zaragoza-Huesca

La línea de Zaragoza a Huesca (79,4 km) es, igual que la de Toledo, un ramal de un eje de alta velocidad que, a diferencia del manchego, se abrió casi simultáneamente con su línea matriz, la de Madrid a Lleida. En este caso la línea presenta varias particularidades que la hacen muy original. Parte de la estación de Miraflores, ya fuera de la maraña de vías subterránea zaragozana. La línea arranca como un trazado en vía única, de ancho estándar UIC y tensión 25.000 VCA. Cruza el Ebro por un nuevo puente y asciende hacia Tardienta en paralelo a la vía convencional a



El viaducto sobre el Ebro es uno de los más singulares de la línea Zaragoza-Lleida, que estéticamente parece una fusión de puente y túnel, diseñado por el ingeniero Javier Manterola.

Lleida. En Tardienta ha completado 52 kilómetros de recorrido, y desde allí la vía se funde con la vía de ancho ibérico hacia Huesca y Canfranc, siendo el primer tramo en explotación comercial con tercer rail para compatibilizar los dos anchos, con una longitud



El viaducto de Vinaixa, de 1044 metros de longitud y veintidós vanos, es uno de los más espectaculares del tramo Lleida-Barcelona y su principal rasgo distintivo son los dos arcos-pilas intermedios de color azul, que permiten el paso de la línea ferroviaria de ancho ibérico.

El ramal de Toledo

Abierto en noviembre de 2005 se trató de un eje en vía doble de 20,5 kilómetros que arranca con un amplio salto de carrero de las inmediaciones del complejo técnico del AVE de La Sagra. Si bien se pensó ejecutar en vía única, finalmente el GIF optó por la doble debido a los riesgos de condicionar el encaje de las circulaciones en la congestionada línea de Andalucía. Las vías del AVE pasan realmente cerca de la capital castellanomanchega: a la altura de Algodor apenas distan 12 kilómetros. En todo caso, en esta zona las vías del ave andaluz vuelan sobre un alto viaducto las aguas del Tajo, por lo cual el ramal debía buscar un punto de arranque más alejado pero técnicamente factible.

Toledo siempre fue un ramal en fondo de saco, con las carencias que ello implica, pero siempre había tenido una demanda alta, tanto de viajeros locales como de turistas. La suma de estas circunstancias hacía atractiva la idea de conectar la ciudad a la vecina línea del AVE. En este caso, como rasgo diferencial, la llegada del AVE supuso la supresión de la red convencional, que quedó cortada casi en la misma zona de solape con la nueva línea del AVE, suprimiéndose todo el servicio de viajeros desde Castillejo-Añoover, el punto de arranque del antiguo ramal. A pesar de su corta longitud, cuenta con la importante pérgola de bifurcación de La Sagra y el no menos espectacular viaducto sobre el Tajo, de 1.615 metros. La línea, sin paradas intermedias, termina

en la neomudéjar terminal toledana, junto a Atocha la terminal más histórica de la nueva red de alta velocidad.

ELEMENTOS SINGULARES

Madrid-Toledo

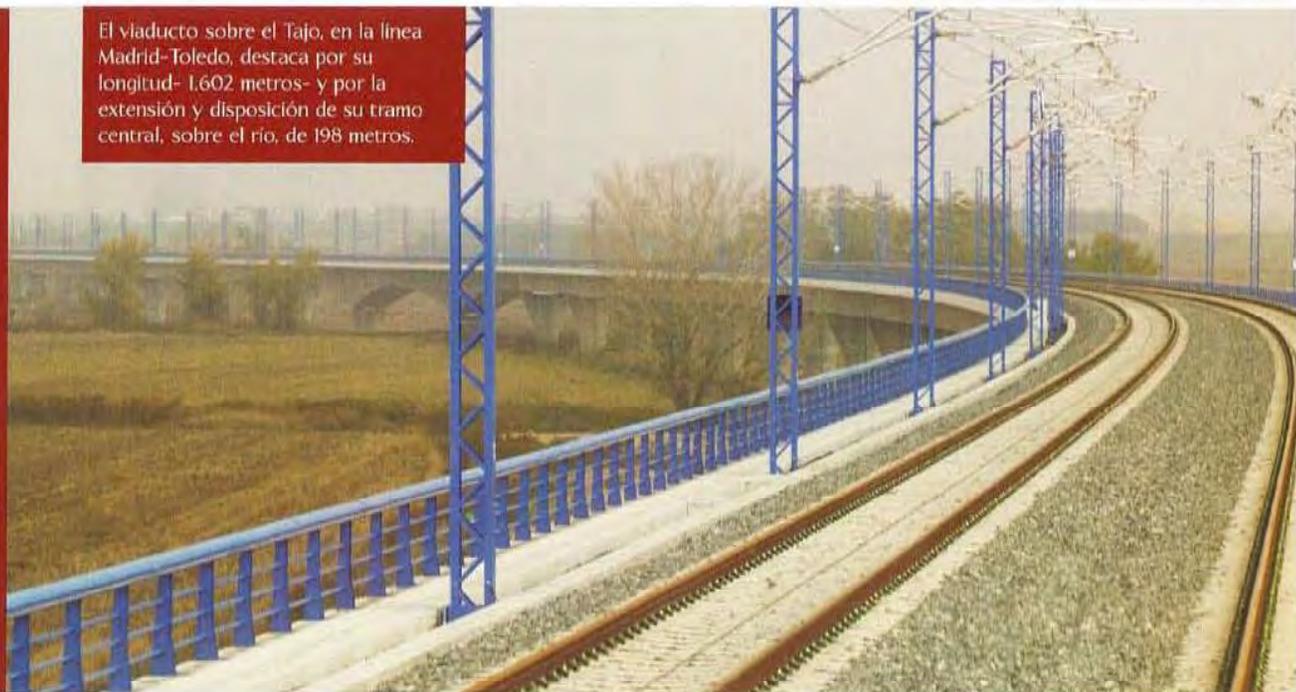
Viaducto sobre el río Tajo y el arroyo Valdecaba. Esta estructura, de 1.602 metros de longitud, atraviesa ambos cauces, y en ella destaca la extensión y disposición de su tramo central, sobre el río Tajo, de 198 metros.

Este viaducto se compone de de 39 vanos isostáticos de 36 metros de longitud, realizados mediante vigas artesas prefabricadas. El tramo central está formado por tres vanos hiperestáticos: dos en los extremos, de 58 metros, y uno central, de 82.

Los dos vanos laterales están constituidos por una viga artesa única y cimbrada desde el suelo, mientras que el central se ejecutó por dovelas sucesivas desde ambos lados hasta cerrarse en el punto central.

La cimentación es básicamente por pilotes de 5,107 metros. El tablero central tiene una anchura de 14 metros y las pilas que lo sustentan alcanzan una altura máxima de 11 metros. **B.G.**

El viaducto sobre el Tajo, en la línea Madrid-Toledo, destaca por su longitud- 1.602 metros- y por la extensión y disposición de su tramo central, sobre el río, de 198 metros.



ELEMENTOS SINGULARES

Túnel de El Regajal

Este túnel discurre entre los términos municipales de Aranjuez (Madrid) y Ontígola (Toledo) y es uno de los elementos más importantes de la línea de alta velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, tanto por su complicada ejecución desde el punto de vista geológico y geotécnico, como por el valor medioambiental de la zona, en las cercanías del conocido como Mar de Ontígola, un humedal situado en la reserva natural de El Regajal (Toledo) que cuenta con una importante colonia de mariposas.

De planta curva y apto para vía doble, el túnel cuenta con 2.437 metros de longitud. El método constructivo empleado es el denominado nuevo método austríaco, que contempla la ejecución de la excavación en dos fases: en la primera, o de avance, se excava la zona superior de la sección, y en la segunda etapa, o de destroza, se excava la inferior. En una fase posterior se procede al revestimiento del túnel a sección completa. Este método se basa en la adopción de un sistema de sostenimiento de colocación inmediata (hormigón proyectado) graduable en resistencia y rigidez.

Viaducto de Contreras

El paso de la línea de alta velocidad por un singular paraje, especialmente protegido, como es el de las Hoces del Cabriel, situado entre los términos municipales de Minglanilla (Cuenca) y Villargordo del Cabriel (Valencia), da lugar a uno de los tramos estéticamente más bellos y técnicamente más complejos del trazado. Salvar el embalse de Contreras con un trazado ferroviario diseñado para 350 km/h, con radios de curva del orden de los 4.000 metros y pendientes en torno a las 30 milésimas, ajustado a las exigencias de la Declaración de Impacto Ambiental, suponía uno de los mayores retos técnicos de toda la línea.

Para ello, se eligió una solución al norte de las carreteras en servicio, lo que supuso la perforación de tres túneles (Hoya de la Roda, de 1997 metros, Rabo de

la Sartén, de 392 metros, y Umbría de los Molinos, con 1.502 metros de longitud) y la construcción de tres viaductos (Cuesta Negra, Embalse de Contreras y el del Istmo, de 220, 587 y 830 metros de longitud, respectivamente), dos de los cuales cruzan el Embalse y son récord en España y Europa.

El viaducto de Contreras se encuentra situado en el subtramo Embalse de Contreras-Villargordo del Cabriel, entre los límites de las provincias de Cuenca y Valencia. Se trata de un tramo emblemático, de enorme dificultad técnica y máxima exigencia debido a la orografía del terreno y la proximidad de la autovía A-3 Madrid-Valencia, lo que ha obligado a la construcción de tres viaductos (Cuesta Negra, de 220 metros, Embalse de Contreras, de 587 metros y el del Istmo, con 930 metros de longitud) y tres túneles (Hoya de la Roda, de 1997 metros, Rabo de la Sartén, de 375 metros, y Umbría de los Molinos, con 1.522 metros de longitud).

En el embalse de Contreras se encuentra el viaducto más espectacular de toda la línea y uno de los elementos más complejos del proyecto, diseñado por el ingeniero Javier Manterola. Con sus 587 metros de longitud y 14 metros de anchura, la infraestructura, que salva el embalse del mismo nombre, está compuesta por doce vanos de longitud variable: 32,6 metros en los extremos y 43,5 metros en los centrales.

La mayor complejidad de la obra de este viaducto consistía en la ejecución del arco, sobre el que descansan seis pilas, cuya altura máxima alcanza los 37 metros. Se trata del mayor arco de hormigón de un puente ferroviario de toda la red, con 261 metros de luz y una altura máxima de 37 metros.

La construcción del arco y el tablero superior, sobre el que se sitúa el tendido férreo, se hicieron simultáneamente, de modo que la colocación del tablero permitía el propio avance del arco. Las dos primeras dovelas laterales que constituyen la base del arco se realizaron mediante un sistema de encofrado y relleno de hormigón. El resto de dovelas de hormigón se construyó mediante un sistema basado en el avance de un carro de encofrado, fijado con un atirantado provisional formado por

cables de acero anclados a la parte superior de la estructura mediante unos pilonos metálicos.

El viaducto de arco atirantado sobre el Embalse de Contreras fue distinguido en 2010 con el Premio Puente de Alcántara a la mejor obra de arquitectura civil. B.G.

■ Olmedo-Galicia

Esta línea, de casi 500 kilómetros, discurrirá desde Olmedo, donde entronca con la línea Madrid-Valladolid, hasta A Coruña, pasando por Zamora, Ourense y Santiago. Será toda una revolución para las comunicaciones entre el centro peninsular y Galicia, incluso para la comunicación interna gallega, que adolece de unas severas limitaciones horarias debido a lo complejo de la infraestructura.

Actualmente sólo hay en servicio dos tramos. Uno de ellos es el que va de Olmedo a Medina del Campo. Este tramo fue adecuado por el GIF en 2001 para probar diversas catenarias y la explotación con tercer carril. Más adelante, en 2008, se terminaron las obras de construcción del salto de camero de Olmedo para permitir el desvío de los trenes y, por el extremo contrario, en Medina, se instaló un cambiador de ancho para permitir el paso de los talgos gallegos de ancho variable.

Desde Medina las obras continúan a buen

ritmo hacia Zamora, estando actualmente en fase de montaje de vías. El tramo hasta Ourense está en una fase más retrasada de obras

Lo que sí está en explotación, desde este pasado diciembre, es el tramo Ourense-Santiago. Es sin duda un sector de gran eficiencia en distancia: con 87 kilómetros reduce en 39 kilómetros la anterior distancia ferroviaria, eso sí, a costa de un gran despliegue de infraestructuras: 38 viaductos, con un total de 20,4 kilómetros y 31 túneles que suman 29,3 kilómetros. Casi el 60 por ciento de la ruta es fuera de plataforma normal. Como una particularidad de esta línea, que está previsto se explote en el ancho estándar de la alta velocidad, se ha montado la vía provisionalmente en ancho ibérico, para no dejarla aislada del resto de la red. Cuando lleguen ella los raíles desde Zamora se procederá al cambio de ancho.

No se han modificado aún las estaciones y la continuación a A Coruña está terminada y en servicio hace unos años, ya que se ha desarrollado sobre variantes puntuales a partir del ferrocarril tradicional, que se ha desdoblado y electrificado, aunque ha estado varios años operando con trenes diesel sin catenaria. ■

MIGUEL JIMÉNEZ

FICHA

Ourense-Santiago-La Coruña

148,6 kilómetros de longitud

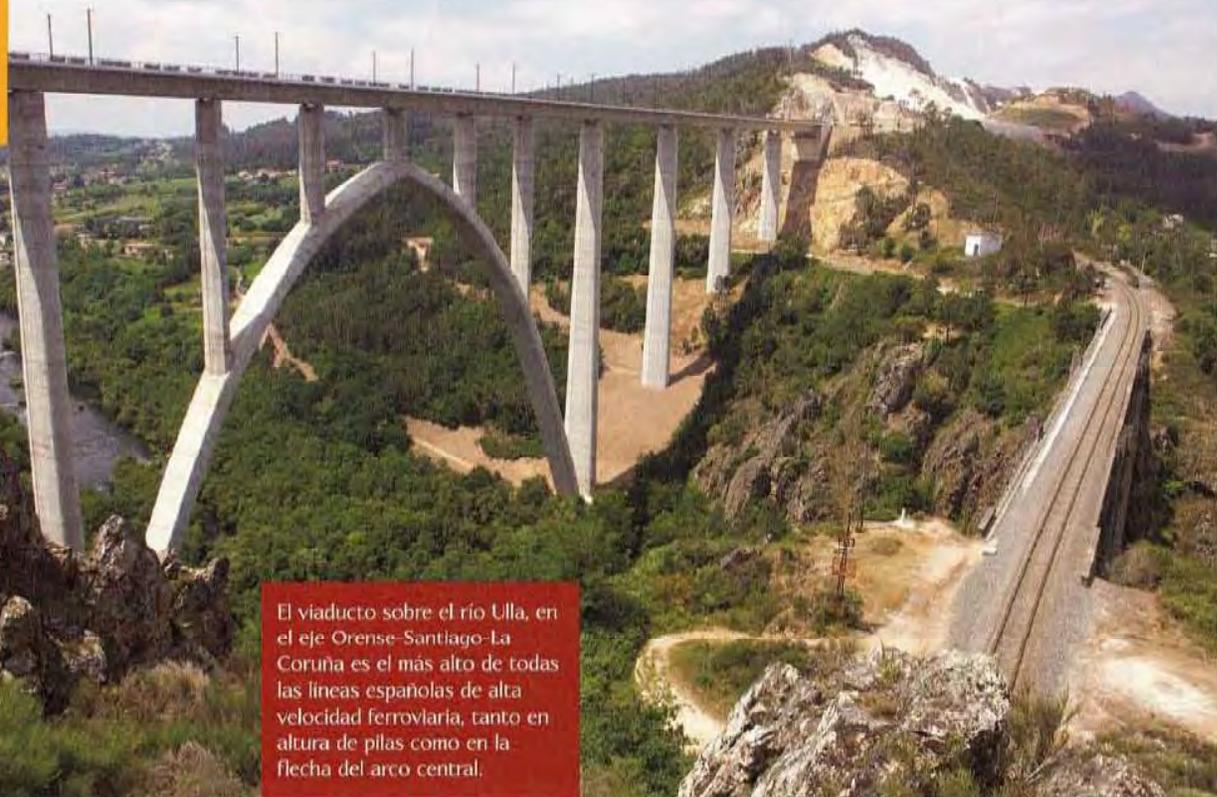
Tramo Ourense-Santiago
87,1 kilómetros de longitud.

- Túneles: 30
Hasta 500 metros: 5
De 501 a 1.000 metros: 16
De 1.001 a 2.000 metros: 6
Más de 2000 metros: 3
Longitud total: 28.900 metros.
Porcentaje de longitud en túneles: 33 %

- Viaductos: 35
Hasta 500 metros: 18
De 501 a 1.000 metros: 11
De 1.001 a 2.000 metros: 6
Longitud total: 19.000 metros.
Porcentaje de longitud en viaductos: 23 %

*Si incluimos el acceso a las ciudades el número se eleva a 38 viaductos, con una longitud total de 19.600 metros.

El trazado del eje Ourense-Santiago-La Coruña de gran complejidad constructiva se caracteriza por un elevado número de elementos singulares: 35 viaductos y 30 túneles.



El viaducto sobre el río Ulla, en el eje Orense-Santiago-La Coruña es el más alto de todas las líneas españolas de alta velocidad ferroviaria, tanto en altura de pilas como en la flecha del arco central.

ELEMENTOS SINGULARES

Tramo Santiago-La Coruña

Se ha llevado a cabo una mejora integral de la línea previamente existente, con duplicaciones de vía y variantes sobre el trazado anterior, incluyendo la electrificación de los 61,5 kilómetros de trayecto entre ambas ciudades. Tras la mejora, que ha supuesto una reducción de este tramo en casi 13 kilómetros, la línea cuenta con diecisiete túneles, que suman 20,2 kilómetros, y diez viaductos, que juntos acumulan una longitud total de 2,8 kilómetros. Los túneles, entre los que destacan por su longitud los de Nemenzo (3.177 metros) y Meirama (3.468 metros) y los viaductos –destaca el de Valiñas, con 744 metros– suponen el 37,4 por ciento del trazado.

- **Viaducto del Ulla.** Tiene una extensión de 630 metros y se apoya sobre nueve pilas directamente al terreno, con una altura máxima de 116,9 metros, y sobre otras cinco pilastras que descansan sobre un arco de 168 metros de luz, para salvar el río Ulla.

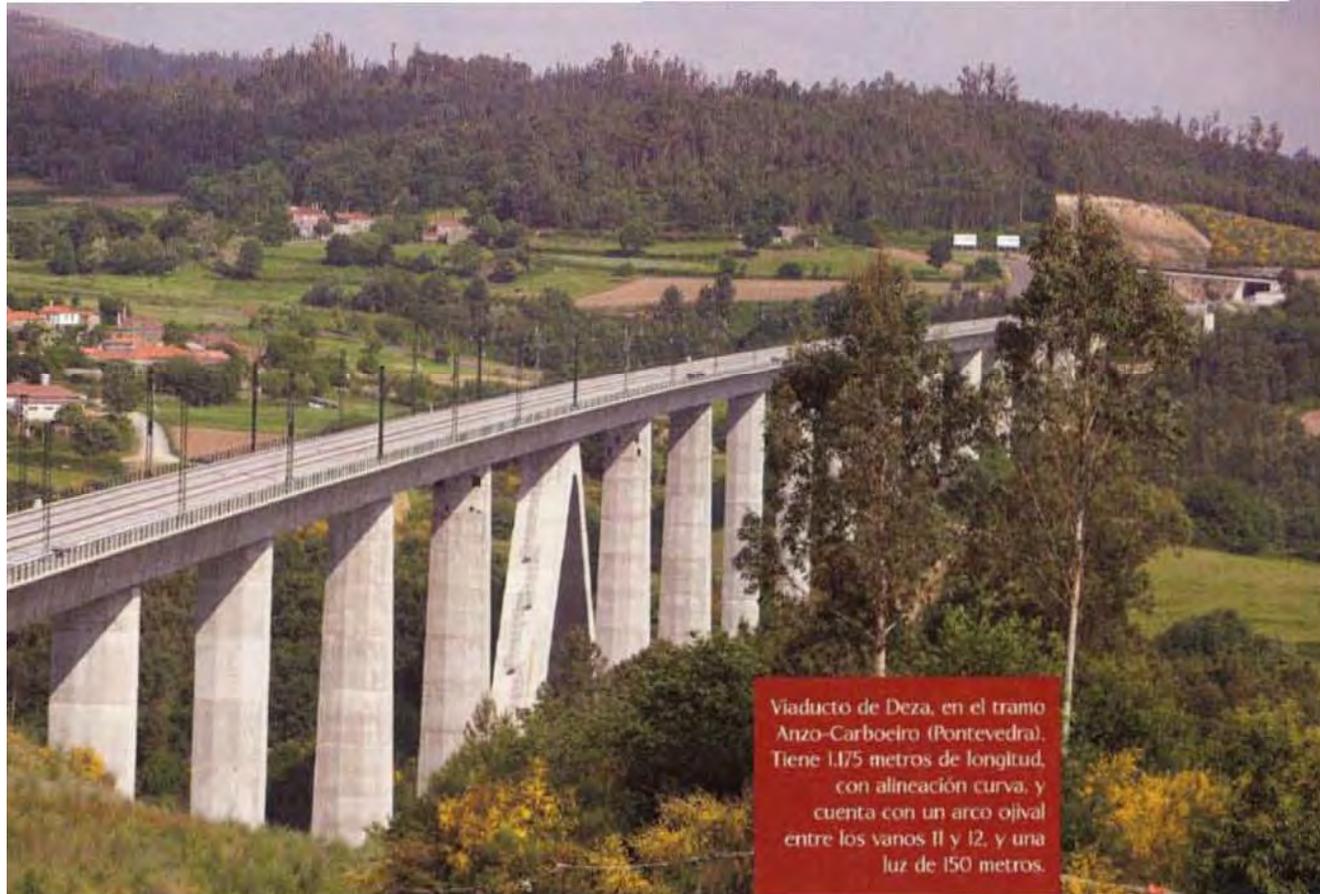
El arco central tiene una altura de 105,2 metros y entre clave y arranques, y se ha construido empleando dos carros de avance en voladizo, uno para cada semiar-

co, lo que marca la auténtica dificultad del proyecto constructivo de esta obra civil. Cada uno de ellos se compondrá de un tramo de arranque, con una longitud de 10,2 metros y de veintiséis dovelas de 5 metros. Ambos semiarcos se unirán mediante la dovela denominada clave.

Estas dimensiones otorgan al viaducto sobre el río Ulla la característica de ser el más alto de todas las líneas españolas de alta velocidad ferroviaria, tanto en altura de pilas como en la flecha del arco central.

Las pilas se ejecutaron por medio de encofrados autotrepantes, y para el tablero, de 14 metros de anchura y con un canto constante de 3,9 metros se empleó una cimbra autolanzable. Los semiarcos se han ido atirantando provisionalmente a la pila adyacente y al tablero a medida que se iban ejecutando, de tal modo que, una vez se iban levantando las pilastras sobre el semiarco, se precisaba la construcción del vano correspondiente del tablero.

La singularidad de esta infraestructura ha sido reconocida con el Premio Acueducto de Segovia, otorgado por el Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, y el Premio San Telmo 2011 a la mejor obra de ingeniería civil de Galicia, entre otros galardones.



Viaducto de Deza, en el tramo Anzo-Carboeiro (Pontevedra). Tiene 1.175 metros de longitud, con alineación curva, y cuenta con un arco ojival entre los vanos 11 y 12, y una luz de 150 metros.

• **Viaducto de O Eixo.** Tiene una longitud total de 1.224,4 metros, repartidos en veinticinco vanos con luces $42,50 + 23 \times 50 + 31,90$ metros. Cuenta con un arco ojival entre los vanos 12 y 13 que tiene una luz total de 88 metros y una flecha de 72,41 metros, que salva el valle de Rego de Aríns. La forma del valle hace que las pilas que soportan la estructura del viaducto oscilen entre los 8,5 metros de altura y las que, en el punto central, alcanzan los 82 metros

El arco se ha ejecutado en dos semiarcos, en posición distinta a la final, construyéndose cada uno de ellos en vertical junto a las pilas 11 y 13. Los semiarcos se encuentran articulados al encepado por medio de unas rótulas dispuestas sobre unos plintos, disponiéndose de unos perfiles metálicos que bloquean el giro de los semiarcos. Las pilas 11 y 13 actúan como puntales en el abatimiento de sus respectivos semiarcos.

La elección de este sistema constructivo, muy novedoso en nuestro país y similar al utilizado en la construcción del viaducto de Arroyo del Valle –en el municipio madrileño de Soto del Real– responde a la necesidad de minimizar el posible impacto que sobre el ecosistema tiene la construcción de una infraestructura de estas

características. De este modo, el descenso evita daños sobre la vegetación de la superficie inferior, ya que la estructura se construye casi verticalmente.

El tablero es una viga continua de canto variable, con un grosor de 4,5 metros en los puntos de apoyo y de tres metros en el centro del vano. Ha sido construido mediante un sistema de cimbra autolanzable, y se ha ido ejecutando vano a vano, de manera que se ha realizado en veinticinco fases.

• **Túnel de Burata.** Con 4.068 metros de longitud, de los que 3.998 son en mina, es el más largo de todos los túneles de la línea. El método constructivo empleado es el austríaco. Este túnel cuenta además con una galería paralela, de sección inferior y conectada al túnel principal cada 250 metros, por la que pueden acceder vehículos tanto para operaciones de mantenimiento como de emergencia. Paralelamente al túnel principal, y a lo largo de toda su longitud, discurre una galería de evacuación de $13,9\text{m}^2$ de sección. Esta galería está comunicada con el túnel principal a través de quince galerías transversales ejecutadas cada 250 metros con la misma sección que la galería de emergencia.
Belén Guerrero

VIADUCTOS EN LA VARIANTE DE PAJARES

	Longitud (metros)	Km.
Ollero	176	2,2
Alba	283	5,4
Huegas	406	8,2
Jomezana	71	38,3
San Blas	142	40,2
Sotillo	134	41,6
Teso	369	42,7
Paet de Campomanes	116	44,5
Foraca	70	47,5
Pola de Lena	128	48,3

con la línea convencional Medina del Campo-Salamanca.

Desde Medina continúa hasta la ciudad de Zamora por el sur de las provincias de Valladolid y Zamora. Se trata de un nuevo trazado que discurre en su mayor parte separado de la línea convencional, a través de un terreno llano que no exige grandes obras de ingeniería: en total, se han proyectado quince viaductos, de los que ocho están finalizados y se trabaja en los restantes. Además, se construirán dos pérgolas y cerca de setenta pasos superiores e inferiores. En el acceso a Zamora, una vez salvado el río Duero, la nueva línea discurre por el pasillo existente hasta la estación, que conservará su edificio de 1958, con algunas adaptaciones para la llegada de la alta velocidad.

Entre las estructuras singulares del tramo destacan los viaductos sobre el río Trabancos, de 913 metros de longitud, y sobre el arroyo Pitanza, de 840 metros, en el subtramo Villaverde de Medina-Villafranca del Duero, así como el viaducto sobre el río Duero, con una longitud de 620 metros, en el subtramo Villafranca del Duero-Coreses.

■ Valladolid - Venta de Baños - Palencia - León

La línea de alta velocidad Valladolid - Venta de Baños - Palencia - León, con una longitud de 162,7 kilómetros y diseñada para tráfico mixto, asegurará la continuidad de la línea de alta velocidad Madrid - Valladolid hacia el Norte y Noroeste, permitiendo las conexiones con León, Asturias, Cantabria (por Palencia) y País Vasco (por Venta de Baños). En su construcción se incluye la integración del ferrocarril en León y Palencia.

Salvo la integración ferroviaria en esta última ciudad - en fase de redacción de proyecto - el resto de las actuaciones se encuentran con las obras adju-

dicadas. Así la capa de subbalasto está prácticamente extendida entre la salida de Valladolid (Túnel Urbano-Nudo Norte) y la ciudad de León. Fomento podría iniciar en breve el montaje de vía desde un punto equidistante a los dos extremos de la traza, la localidad palentina de Villada. En el primer semestre de 2011 se adjudicaron cinco contratos por valor de 100 millones para la adquisición de los tres elementos fundamentales de esta segunda fase constructiva: el carril, las traviesas y el balasto.

El subtramo Palanquinos - Onzonilla reúne algunas de las estructuras singulares más significativas, como el viaducto de 660 metros sobre el río Esla y el de Torneros, de 581 metros. También destaca en el mismo subtramo la construcción de una pérgola sobre las vías de las futuras instalaciones de material motor y remolcado, y la doble vía de la línea actual Palencia-Coruña, de 606 metros de longitud.

Asimismo, destacan el viaducto sobre el río Pisuerga, de 1.366 metros, en el subtramo Nudo Norte de Valladolid - Cabezón de Pisuerga, y el túnel de Peña Rayada, 1.998 metros, en el tramo Cabezón de Pisuerga-San Martín de Valvení (Valladolid), además del triángulo de Venta de Baños, que permitirá todas las circulaciones directas posibles entre Valladolid, Palencia y Burgos.

■ La "Y" vasca

La nueva línea de alta velocidad Vitoria - Bilbao - San Sebastián - Frontera Francesa, comúnmente conocida como "Y Vasca", con una longitud total aproximada de casi 180 kilómetros, tiene casi todos los tramos adjudicados, de manera que el 80 por ciento de los mismos están en obras o finalizados.

El 70 por ciento del trazado de la línea Vitoria-Bilbao-San Sebastián-frontera francesa, de 180 kilómetros de longitud, discurre en viaducto y en túnel.

